



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

Opas kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen



Ympäristöministeriön julkaisuja 2020:12

Opas kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen

Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus: Joni Kivipelto (toim.),
Soile Nieminen, Tomi Jokiranta, Heli Nurmi ja Auri Koivuhuhta (toim.);
Geologian tutkimuskeskus: Päivi Kauppila, Teemu Karlsson, Anna Tornivaara
ja Tommi Kauppila

Ympäristöministeriö

ISBN PDF: 978-952-361-212-9

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2020

Kuvailulehti

Julkaisija	Ympäristöministeriö	2.6.2020	
Tekijät	Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus: Joni Kivipelto (toim.), Soile Nieminen, Tomi Jokiranta, Heli Nurmi ja Auri Koivuhuhta (toim.); Geologian tutkimuskeskus: Päivi Kauppila, Teemu Karlsson, Anna Tornivaara ja Tommi Kauppila		
Julkaisun nimi	Opas kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöministeriön julkaisu 2020:12		
Diaari/hankenumero	-	Teema	Ympäristönsuojelu
ISBN PDF	978-952-361-212-9	ISSN PDF	2490-1024
URN-osoite	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-212-9		
Sivumäärä	250	Kieli	suomi
Asiasanat	kaivannaisteollisuus, jätehuolto, ympäristönsuojelu, paras käytettävissä oleva tekniikka, ympäristöhyödyt, ympäristöhaitat		
Tiivistelmä	<p>Tässä oppaassa kuvataan kaivannaisjätteiden hallinnan sekä kaivannaisjätteistä aiheutuvien haitallisten vaikutusten ehkäisyn ja vähentämisen parhaat käyttökelpoiset tekniikat (BAT). Opas perustuu kaivannaisjätteiden hallinnan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevaan vertailuasiakirjaan "Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries" ja Suomen kansallisiin ohjeistuksiin, oppaisiin sekä lainsäädäntöön.</p> <p>Oppaassa käsitellään kaivannaisjätealueisiin liittyviä parhaita käyttökelpoisia tekniikoita läpi kaivannaisjätealueen elinkaaren. Oppaan yleiset BAT-päätelmät käsittelevät johtamista, tiedon keruuta ja hallintaa sekä kaivannaistoiminnan jätehierarkiaa. Riskiperusteiset BAT-päätelmät puolestaan kuvaavat tekniikoita, joilla ehkäistään ja vähennetään ympäristöön ja ihmisten terveyteen kohdistuvia vaikutuksia sekä tekniikoita, joilla varmistetaan kaivannaisjätteen sijoitusalueiden rakenteellinen vakavuus sekä kaivannaisjätteen fyysikaalinen ja kemiallinen pysyvyys.</p> <p>Opas tukee vertailuasiakirjassa esitettyjen BAT-päätelmien soveltamista kaivannaisjätteiden hallinnassa ja sitä voidaan hyödyntää kaivannaisteollisuuden toiminnan suunnittelussa, toteuttamisessa sekä kehittämisessä.</p>		
Kustantaja	Ympäristöministeriö		
Julkaisun jakaja/myynti	Sähköinen versio: julkaisut.valtioneuvosto.fi Julkaisumyynti: vnjulkaisumyynti.fi		

Presentationsblad

Utgivare	Miljöministeriet	2.6.2020	
Författare	Närings-, trafik- och miljöcentralen i Kajanaland: Joni Kivipelto (redaktör), Soile Nieminen, Tomi Jokiranta, Heli Nurmi och Auri Koivuhuhta (redaktör); Geologiska forskningscentralen: Päivi Kauppila, Teemu Karlsson, Anna Tornivaara och Tommi Kauppila		
Publikationens titel	Handledning för tillämpning av slutsatserna från referensdokumentet om bästa tillgängliga teknik vid hantering av utvinningsavfall (MWEI BREF)		
Publikationsseriens namn och nummer	Miljöministeriets publikationer 2020:12		
Diarie-/ projektnummer	-	Tema	Miljövård
ISBN PDF	978-952-361-212-9	ISSN PDF	2490-1024
URN-adress	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-212-9		
Sidantal	250	Språk	finska
Nyckelord	gruv- och utvinningsindustrin, avfallshantering, miljöskydd, bästa tillgängliga teknik, miljöfördelar, miljöskador		
Referat	<p>I denna handledning beskrivs bästa tillgängliga teknik (BAT) vid hantering av utvinningsavfall samt när det gäller att förebygga och minska de skadliga konsekvenserna av utvinningsavfall. Handledningen baserar sig på referensdokumentet om bästa tillgängliga teknik vid hantering av utvinningsavfall (Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries) och på nationella instruktioner, handledningar och lagstiftning.</p> <p>I handledningen behandlas bästa tillgängliga teknik för deponier för utvinningsavfall under deponins hela livscykel. De allmänna slutsatserna om bästa tillgängliga teknik gäller ledning, insamling och hantering av information samt avfallshierarkin inom gruvindustrin. De riskbaserade slutsatserna om bästa tillgängliga teknik beskriver i sin tur metoder som bidrar till att förebygga och minska konsekvenserna för miljön och människors hälsa samt metoder genom vilka man säkerställer dels att deponierna för utvinningsavfall är strukturellt stabila, dels den fysikaliska och kemiska stabiliteten hos utvinningsavfall.</p> <p>Handledningen stöder tillämpningen av slutsatserna om bästa tillgängliga teknik enligt referensdokumentet och kan tillämpas i samband med planering, genomförande och utveckling av verksamheten inom gruv- och utvinningsindustrin.</p>		
Förläggare	Miljöministeriet		
Distribution/ beställningar	Elektronisk version: julkaisut.valtioneuvosto.fi Beställningar: vnjulkaisumyynti.fi		

Description sheet

Published by	Ministry of the Environment	2 June 2020	
Authors	Centre for Economic Development, Transport and the Environment in Kainuu: Joni Kivipelto (Ed), Soile Nieminen, Tomi Jokiranta, Heli Nurmi and Auri Koivuhuhta (Ed); Geological Survey of Finland: Päivi Kauppila, Teemu Karlsson, Anna Tornivaara and Tommi Kauppila		
Title of publication	Guide to the application of Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries		
Series and publication number	Publications of the Ministry of Environment 2020:12		
Register number	-	Subject	Environmental protection
ISBN PDF	978-952-361-212-9	ISSN (PDF)	2490-1024
Website address (URN)	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-212-9		
Pages	250	Language	Finnish
Keywords	extractive industry, waste management, environmental protection, best available technology, environmental benefits, environmental nuisances		
<p>Abstract</p> <p>This guide describes best available techniques (BAT) for the management of extractive waste and for the prevention and reduction of negative impacts from management of extractive waste. The guide is based on European Commission Joint Research Centre's publication "Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries" and on Finnish national guidelines, guides and legislation.</p> <p>The guide discusses best available techniques for extractive waste management throughout the life cycle of the extractive waste sites. The generic BAT conclusions address corporate management, information and data management, and the waste hierarchy for extractive activities. The risk-specific BAT conclusions describe techniques for preventing and reducing adverse effects on the environment and human health, as well as techniques for ensuring the structural stability of extractive waste deposition sites, and ensuring physical and chemical stability of extractive waste.</p> <p>The guide supports the application of the best available techniques for extractive waste management described in the reference document and can be used in the planning and designing, operation and development of extractive industry activities.</p>			
Publisher	Ministry of the Environment		
Distributed by/ publication sales	Online version: julkaisut.valtioneuvosto.fi Publication sales: vnjulkaisumyynti.fi		

Sisältö

Lukijalle	9
1 Johdanto	11
1.1 Yleistä kaivostoiminnan sääntelystä Suomessa.....	11
1.2 Kaivannaisjätteiden hallinnan vertailuasiakirja.....	12
1.3 BAT-päätelmät.....	12
1.4 MWEI BREF -vertailuasiakirjan BAT-päätelmien hyödyntäminen kaivostoiminnan suunnittelussa ja kehittämisessä.....	14
1.5 Kaivoksia koskeva keskeinen ympäristölainsäädäntö ja MWEI BREF -vertailu- asiakirjan BAT-päätelmien hyödyntäminen niihin liittyvissä menettelyissä.....	15
1.6 BAT-päätelmiä koskevan oppaan soveltamisessa huomioitavia asioita.....	17
2 Lyhenteet ja määritelmät	18
2.1 Lyhenteet.....	18
2.2 Keskeisten käsitteiden määrittely.....	19
3 Yritysjohdaminen	21
3.1 BAT-päätelmä 1 – Yleisen ympäristönsuojelun tehokkuuden parantamiseen kaivannaisjätteiden jätehuollossa.....	21
4 Tiedon keruu ja hallinta	25
4.1 BAT-päätelmä 2 – Kaivannaisjätteiden karakterisointi.....	25
4.2 BAT-päätelmä 3 – Kaivannaisjätteiden karakterisointi.....	32
4.3 BAT-päätelmä 4 – Kaivannaisjätealueet ja niiden hallinnan vaihtoehdot.....	34
4.4 BAT-päätelmä 5 – Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi.....	38
5 Jätehierarkia	47
5.1 BAT-päätelmä 6 – Kiinteän kaivannaisjätteen muodostumisen ehkäiseminen.....	47
5.2 BAT-päätelmä 7 – Ei-pysyvän kaivannaisjätteen ja vaarallisen kaivannaisjätteen määrän muodostumisen vähentäminen.....	50
5.3 BAT-päätelmä 10 – Kaivannaisjätteen hyötykäyttö.....	54
6 Kaivannaisjätteen sijoitusalueen rakenteellinen vakavuus	55
6.1 BAT-päätelmä 11 – Toiminnan suunnittelu sulkeminen huomioiden -lähestymistapa suunnittelusta läpi kaivoksen elinkaaren.....	55
6.2 BAT-päätelmä 12 – Täydentäviä organisaation ja yrityksen johtamisen työkaluja.....	59

6.3	BAT-päätelmä 13 – Pohjatutkimukset	64
6.4	BAT-päätelmä 14 – Padon rakennusmateriaalien valinta	66
6.5	BAT-päätelmä 15 – Patojen rakennusmenetelmät.....	68
6.6	BAT-päätelmä 16 – Patojen rakennusmenetelmät.....	72
6.7	BAT-päätelmä 17 – Maan päälle rakennettavien kiinteän jätteen sijoitusalueiden rakennusmenetelmät.....	80
6.8	BAT-päätelmä 18 – Vesitaseen tarkastelu.....	85
6.9	BAT-päätelmä 19 – Mitoitustulva.....	88
6.10	BAT-päätelmä 20 – Vapaan veden hallinta	91
6.11	BAT-päätelmä 21 – Kuivatusjärjestelmät.....	103
6.12	BAT-päätelmä 22 – Kaivannaisjätteen sijoitusalueen geotekniset analyysit.....	108
6.13	BAT-päätelmä 23 – Kaivannaisjätteen sijoitusalueen fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu.....	117
6.14	BAT-päätelmä 24 – Kaivannaisjätteen sijoitusalueen fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu.....	122
7	Kaivannaisjätteiden fysikaalisen ja kemiallisen pysyvyyden hallinta.....	127
7.1	BAT-päätelmä 27 – Kaivannaisjätteen kiintoaine/neste -suhteen hallinta.....	127
7.2	BAT-päätelmä 28 – Kaivannaisjätteen stabilointi kaivostäyttöä varten.....	131
7.3	BAT-päätelmä 29 – Kaivannaisjätteen tiivistäminen, konsolidointi ja läjitys.....	135
7.4	BAT-päätelmä 30 – Haitta-aineiden liukenemisen estäminen tai vähentäminen	140
7.5	BAT-päätelmä 31 – Happaman kaivosvaluman muodostumisen estäminen tai vähentäminen.....	142
7.6	BAT 32 – Itsestään syttyvän kaivannaisjätteen synnyn ehkäiseminen ja määrän pienentäminen.....	148
7.7	BAT-päätelmä 33 – Kaivannaisjätteiden sisältämien vaarallisten yhdisteiden vähentäminen.....	149
8	Pohjaveden tilan huononemisen ja maaperän pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen	153
8.1	BAT-päätelmä 35 – Pohjarakenteet ja (fysikaaliset) esteet.....	153
8.2	BAT-päätelmä 37 – Vesijakeiden hallinta.....	161
8.3	BAT-päätelmä 38 – Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden peittäminen.....	163
8.4	BAT-päätelmä 39 – Pohjavesien ja pilaantuneen maaperän puhdistaminen.....	175
8.5	BAT-päätelmä 40 – Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu.....	179
8.6	BAT-päätelmä 41 – Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu.....	181

9	Pintavesien tilan huononemisen ehkäiseminen ja vähentäminen	185
9.1	BAT-päätelmä 42 – Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien muodostumisen ehkäiseminen tai vähentäminen.....	185
9.2	BAT-päätelmä 43 – kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien kerääminen ja käsittely	190
9.3	BAT-päätelmä 45 – Suspensiossa olevan kiintoaineksen tai (orgaanisten) nesteiden poistaminen	192
9.4	BAT-päätelmä 46 – Liuenneiden aineiden poistaminen.....	201
9.5	BAT-päätelmä 47 – Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien neutralointi ennen purkua	220
9.6	BAT-päätelmä 48 – Pintavesiin kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu	227
10	Ilmapäästöjen ehkäiseminen ja vähentäminen	229
10.1	BAT-päätelmä 49 – Kaivannaisjätteiden paljailta pinnoilta peräisin olevan pölyämisen ehkäiseminen tai vähentäminen	229
10.2	BAT-päätelmä 50 – Kaivannaisjätteen kuljetuksessa ja käsittelyssä aiheutuvan pölyämisen ehkäiseminen ja pienentäminen	234
10.3	BAT-päätelmä 52 – Ilmaan kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu.....	236
11	Muiden ihmisen terveyteen ja ympäristöön kohdistuvien vaikutusten ehkäiseminen ja vähentäminen	239
11.1	BAT-päätelmä 53 – Kaivannaisjätteen käsittelystä aiheutuvan melun ehkäiseminen ja pienentäminen	239
11.2	BAT-päätelmä 54 – Kaivannaisjätteen käsittelystä aiheutuvien hajupäästöjen ehkäiseminen ja pienentäminen.....	241
11.3	BAT-päätelmä 55 – Kaivannaisjätteiden hallinnan maisemavaikutusten ja maankäytön jalanjäljen ehkäiseminen tai minimoiminen	243
11.4	BAT-päätelmä 56 – Kaivannaisjätteiden hallinnan aiheuttaman energian ja aineiden kulutuksen minimointi	245
11.5	BAT-päätelmä 57 – Luonnon radioaktiivisia aineita (NORM) sisältävien kaivannaisjätteiden hallinnan vaikutusten ehkäiseminen tai minimoiminen....	247

LUKIJALLE

Kaivannaisjätteiden hallinnan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita (BAT) koskeva vertailuasiakirja "*Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries (MWEI BREF)*" julkaistiin joulukuussa 2018. Vertailuasiakirja on saatavilla verkkosivulta <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109657>. Yleisesti vertailuasiakirjojen tarkoituksena on edistää ympäristönsuojelua ja yhtenäistää ympäristölupakäytäntöjä EU:ssa.

MWEI BREF -vertailuasiakirjassa on koostettu tietoa kaivannaisteollisuudesta, kaivannaisjätteistä ja niiden ympäristövaikutuksista sekä kaivannaisjätteiden ja ympäristövaikutusten hallintamenetelmistä ja -tekniikoista. Vertailuasiakirjan 5. luvun BAT-päätelmissä on esitetty ne tekniikat, käytännöt ja toimenpiteet, jotka on todettu parhaiksi käytössä oleviksi kaivannaisjätteiden hallinnassa sekä kaivannaisjätteistä aiheutuvien haitallisten vaikutusten ehkäisyssä kaivos Hankkeen eri vaiheissa.

Tähän oppaaseen on kerätty keskeinen tieto MWEI BREF -vertailuasiakirjassa esitetyistä BAT-päätelmistä sekä niiden soveltamisesta Suomessa huomioiden kansalliset ohjeistukset, oppaat ja lainsäädännöt. Tämän oppaan tarkoituksena on tukea lupa- ja valvontaviranomaisia sekä toiminnanharjoittajia MWEI BREF -vertailuasiakirjassa esitettyjen BAT-päätelmien soveltamisessa kaivannaisjätteiden hallinnassa. Opas ei ole sitova.

Kainuun ELY-keskus on yhteistyössä Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) kanssa laatinut oppaan kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita (BAT) koskevien päätelmien soveltamiseen. Oppaan kirjoitustyöstä ovat vastanneet Kainuun ELY-keskuksesta johtava ympäristöasiantuntija Joni Kivipelto, johtava ympäristöasiantuntija Soile Nieminen ja vesitalousasiantuntija Tomi Jokiranta sekä johtava vesitalousasiantuntija Heli Nurmi. Geologian tutkimuskeskuksesta oppaan kirjoittamisesta ovat vastanneet erikoistutkija Päivi Kauppila, geologi Teemu Karlsson, tutkija Anna Tornivaara sekä tutkimusprofessori Tommi Kauppila.

Oppaan valmistelua on ohjannut ohjausryhmä, jonka puheenjohtajana toimi Timo Jouttijärvi Suomen ympäristökeskuksesta (SYKE). Ohjausryhmän jäseniä olivat SYKE:stä Kaj Forsius ja varajäsen Kimmo Silvo, ympäristöministeriöstä Nina Lehtosalo ja varajäseninä Ari Kangas sekä Auri Koivuhuhta, Kainuun ELY-keskuksesta Soile Nieminen, Joni Kivipelto, Heli Nurmi ja varajäseninä Sari Myllyoja, Tomi Jokiranta sekä Timo Regina, GTK:sta Tommi Kauppila ja varajäsen Päivi Kauppila, Lapin ELY-keskuksesta Tuija Hilli ja varajäseninä Anna-Leena Pitsinki sekä Eira Luokkanen, Pohjois-Suomen aluehallintovirastosta Sami Koivula ja varajäsen Juhani Itkonen sekä Kaivosteollisuus ry:n edustajat Juha Koskela (Boliden Kevitsa Mining Oy) ja varajäsen Anita Alajoutsijärvi (Agnico Eagle Finland Oy).

Oppaan laatimisen on rahoittanut ympäristöministeriö Kainuun ELY-keskukselle vuosille 2019–2020 myönnetyn OHKE-hankkeen ”*Kaivannaisjätteiden hallinnan parhaat käytännöt ja tekniikat*” kautta. Hankkeen keskeisiä tavoitteita ovat olleet MWEI BREF -vertailuasialkirjan soveltamisoppaan laatiminen sekä kaivannaisjätteiden hallinnan BAT-tekniikoihin ja BAT-päätelmien soveltamiseen liittyvien koulutusten järjestäminen kaivannaisjätteiden hallinnan BAT-tekniikoiden jalkauttamiseksi käytäntöön.

Huhtikuu 2020

Joni Kivipelto

1 Johdanto

1.1 Yleistä kaivostoiminnan sääntelystä Suomessa

Kaivostoiminta vaikuttaa aina ympäristöönsä. Suomessa keskeisimmät kaivostoimintaa koskevat säädökset ovat kaivoslaki, ympäristönsuojelulaki, vesilaki, jätelaki, patoturvallisuuslaki, pelastuslaki ja luonnonsuojelulaki. Kaivannaisjätteisiin, kaivannaisjätealueisiin ja niiden hallintaan sovellettava kaivannaisjätedirektiivi (2006/21/EY) on Suomessa saatettu osaksi kansallista lainsäädäntöä useilla säädöksillä. Keskeiset täytäntöönpanosäännökset sisältyvät ympäristönsuojelulakiin, jätelakiin, maa-aineslakiin, ympäristönsuojeluasetukseen, jätteistä annettuun valtioneuvoston asetukseen (jäteasetus), kaivannaisjätteistä annettuun valtioneuvoston asetukseen (kaivannaisjäteasetus) sekä vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettuun valtioneuvoston asetukseen.

Kaivostoiminta, kuten mineraalien louhinta ja rikastus kokonaisuudessaan, on luvanvaraista ja tarvitsee muun muassa kaivosluvan, ympäristöluvan ja vesilain mukaisen luvan. Lupapäätökset määrittelevät viitekehysten kaivostoiminnalle sekä lupaehdot malminetsinnän ja kaivostoiminnan toteuttamiseksi sosiaalisesti, ekologisesti ja taloudellisesti kestävällä tavalla. Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA) sekä ympäristö- ja vesitalouslupamenettelyt ovat keskeisessä roolissa kaivostoiminnan ympäristövaikutusten arvioimisessa, vähentämisessä ja lieventämisessä. Ne mahdollistavat kaivoshankkeen vaikutusalueen asukkaiden ja sidosryhmien osallistumisen hankkeeseen vaikuttamiseen sekä hankkeen ympäristövaikutusten arviointiin.

Kestävän kaivostoiminnan lähtökohtana on ympäristövaikutusten, sosiaalisten vaikutusten ja riskien arviointi sekä niiden huomioiminen että hallinta koko kaivoshankkeen elinkaaren ajan. Kaivostoiminnan elinkaari on ajallisesti pitkäkestoinen ulottuen suunnitteluvaiheesta, rakentamiseen ja toimintavaiheeseen sekä sulkemiseen ja sen jälkeiseen jälkihoitoon, joka voi kestää vuosikymmeniä tai kauemmin johtuen muun ohella kaivostoiminnan mittakaavasta, alueelle jääneestä jättemateriaalin laadusta ja toteutetuista sulkemistoimista.

Kestävässä kaivostoiminnassa keskeistä on parhaiden käytettävissä olevien ja käyttökel-poisten tekniikoiden (BAT) kehittymisen seuraaminen ja hyödyntäminen sekä kaivoksen varsinaisen toimintavaiheen lisäksi sulkemis- ja jälkihoitoratkaisujen suunnittelu kaivostoiminnan suunnitteluvaiheessa. BAT-tekniikoita ja ympäristön kannalta parhaita käytäntöjä (BEP) soveltamalla voidaan ehkäistä ja vähentää kaivostoiminnasta ja kaivannaisjätteistä aiheutuvia haitallisia ympäristövaikutuksia. Kaivostoiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa tulee hyödyntää kaivoskohteeseen soveltuvia BAT-tekniikoita tai niihin verrattavissa olevia tekniikoita, joilla saavutetaan sama ympäristönsuojelun taso.

1.2 Kaivannaisjätteiden hallinnan vertailuasiakirja

Ensimmäinen vertailuasiakirja parhaista käytössä olevista tekniikoista kaivannaisjätteiden hallintaan laadittiin vuosina 2001–2004, ennen kaivannaisjätedirektiivin (2006/21/EY) voimaantuloa vuonna 2006. Vertailuasiakirjan nimi oli Best Available Techniques (BAT) on the management of tailings and waste-rock in mining activities (nk. MTWR BREF) ja sen valmistelun lähtökohtana oli Euroopan komission tiedonanto Turvallisesta kaivostoiminnasta (KOM 2000). Euroopan komissio julkaisi ensimmäisen vertailuasiakirjan lopulta vuonna 2009 kaivannaisjätedirektiivin artiklan 21(3) mukaisesti.

Vuonna 2013 Euroopan komissio aloitti kaivannaisjätteiden hallinnan vertailuasiakirjan uudistamisprosessin. Tarkoituksena oli yhtenäistää MTWR BREF -vertailuasiakirjan sisältö vastaamaan paremmin kaivannaisjätedirektiiviä. Vertailuasiakirjan päivittämisessä keskiössä oli EU-jäsenvaltioiden asiantuntijoiden, teollisuuden, luonnonsuojelujärjestöjen ja Euroopan komission välinen tiedonvaihto. Tähän liittyen toteutettiin laaja tiedonkeruu vuonna 2015. Työn tuloksena valmistui nykyinen vertailuasiakirja kaivannaisjätteiden hallinnan BAT-tekniikoista, joka on nimeltään The Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries (nk. MWEI BREF). Vertailuasiakirja julkaistiin joulukuussa 2018.

1.3 BAT-päätelmät

MWEI BREF -vertailuasiakirjan luvussa 5 esitetyt BAT-päätelmät jakautuvat kahteen ryhmään:

- Yleiset BAT-päätelmät, jotka ovat yleisesti sovellettavissa kaikkiin kohteisiin, ellei muuta ole määritelty.
- Riskiperusteiset BAT-päätelmät, joita sovelletaan sellaisiin kohteisiin, joissa on tunnistettu ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta spesifisiä

tunnusomaisia ympäristöön tai ihmisten terveyteen kohdistuvia riskejä. Riskiperusteiset BAT-päätelmät koskevat BAT-tekniikoita, joiden on tunnistettu ehkäisevän tai vähentävän mahdollisimman paljon ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnissa todennettuja spesifisiä riskejä.

Yleiset BAT-päätelmät liittyvät:

- yleisen ympäristönsuojelun tehokkuuden parantamiseen kaivannaisjätteidensä jätehuollossa organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmä (O&CMS) sekä ympäristöasioiden hallintajärjestelmän (EMS) avulla (BAT 1)
- kaivannaisjätteidensä ominaisuuksiin liittyvien potentiaalisten ympäristöriskien ja -vaikutusten tunnistamiseen sekä kaivannaisjätteidensä ominaisuuksien seurantaan, tarkkailuun ja varmentamiseen (BAT 2 ja BAT 3)
- kaivannaisjätteen jätealueen sijoittamisvaihtoehtojen sekä kaivannaisjätteen kuljetus-, käsittely- ja läjittämismvaihtoehtojen tunnistamiseen (BAT 4)
- ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointiin (BAT 5)
- kiinteän kaivannaisjätteen muodostumisen ehkäisemiseen (BAT 6)
- ei-pysyvän kaivannaisjätteen ja vaarallisen kaivannaisjätteen määrän vähentämiseen (BAT 7)
- kiinteiden kaivannaisjätteidensä hyötykäytön ja kierrättämisen lisäämiseen (BAT 10).

Riskiperusteisissa BAT-päätelmissä keskeistä on niiden tunnistaminen ja soveltumisen määrittely kaivoskohteeseen ympäristövaikutusten ja riskien arvioinnin kautta, huomioiden kaivannaisjätteidensä ja niiden jätealueiden ominaisuudet, jätealueiden sijainti sekä paikalliset ympäristöolosuhteet. Riskiperusteiset BAT-päätelmät liittyvät:

- jätealueiden rakenteellisen vakavuuden varmistamiseen lyhyellä ja pitkällä aikavälillä (mm. BAT 11–BAT 22)
- jätealueiden fysikaalisen vakavuuden tarkkailuun ja seurantaan (BAT 23 ja BAT 24)
- kaivannaisjätteidensä fysikaalisen ja kemiallisen pysyvyyden hallintaan (BAT 27–BAT 33)
- pohjaveden laadun heikkenemisen ja maaperän pilaantumisen ehkäisemiseen ja vähentämiseen (BAT 35–BAT 39)
- maaperään ja pohjaveteen kohdistuvien päästöjen tarkkailuun ja seurantaan (BAT 40 ja BAT 41)
- pintavesien laadun heikkenemisen ehkäisemiseen ja vähentämiseen (BAT 42, BAT 43 ja BAT 45–BAT 47)
- pintavesiin kohdistuvien päästöjen tarkkailuun ja seurantaan (BAT 48)

- ilmaan kohdistuvien päästöjen ja pölyämisen ehkäisemiseen ja vähentämiseen (BAT 49 ja BAT 50)
- ilmaan kohdistuvien päästöjen tarkkailuun ja seurantaan (BAT 52)
- melupäästöjen ehkäisemiseen ja vähentämiseen (BAT 53)
- hajupäästöjen ehkäisemiseen ja vähentämiseen (BAT 54)
- kaivannaisjätteiden hallinnan maisema- ja jalanjälkivaikutusten ehkäisemiseen tai vähentämiseen (BAT 55)
- kaivannaisjätteiden hallinnan aiheuttaman energian ja aineiden kulutuksen vähentämiseen (BAT 56)
- luonnon radioaktiivisia aineita (NORM) sisältävien kaivannaisjätteiden hallinnan vaikutusten ehkäisemiseen tai vähentämiseen (BAT 57).

1.4 MWEI BREF -vertailuasiakirjan BAT-päätelmien hyödyntäminen kaivostoiminnan suunnittelussa ja kehittämisessä

MWEI BREF -vertailuasiakirjaa voidaan hyödyntää kaivannaisteollisuudessa toiminnan eri vaiheissa niin suunnittelussa, toteuttamisessa kuin kehittämisessäkin. Vertailuasiakirja tarjoaa toiminnan elinkaaren eri vaiheisiin työkaluja ja menetelmiä, joilla ensisijaisesti pyritään ehkäisemään ympäristö- ja terveysvaikutusten muodostumista ja toissijaisesti pyritään pienentämään aiheutuvien vaikutusten merkittävyyttä. Hyödyntämällä esitettyjä työkaluja ja menetelmiä varmistetaan kaivannaisjätteen sijoitusalueiden pitkä- ja lyhytaikainen kemiallinen, fysikaalinen ja mekaaninen pysyvyys. Tällä tavoin voidaan ehkäistä onnettomuuksia ja vähentää päästöjä, joista voi aiheutua ympäristö- ja/tai terveysvaikutuksia.

Tässä oppaassa käsitellään MWEI BREF -vertailuasiakirjassa esitettyjä BAT-tekniikoita. Oppaan tarkoitus on toimia tukena kaivannaisjätteiden jätehuoltoon liittyvissä kysymyksissä niin toiminnanharjoittajien tietotarpeissa kuin valvonta- ja lupaviranomaisten päätösten teossa. MWEI BREF -vertailuasiakirjan tavoin opas sisältää tunnistetut parhaat käyttökelpoiset tekniikat kaivannaisjätteiden jätehuollosta aiheutuvien vaikutusten ehkäisyyn ja vähentämiseen. Päätelmiä tarkasteltaessa on huomattava, että oppaassa esitetyt tekniikat eivät ole ainoita mahdollisia vaihtoehtoja. Täten voidaan hyödyntää myös vähintään saman ympäristönsuojellisuuden tason saavuttavaa muuta tekniikkaa. MWEI BREF -vertailuasiakirjasta poiketen tässä oppaassa ei ole käsitelty niitä BAT-päätelmiä, jotka koskevat öljyn tai kaasun etsintää ja tuotantoa.

Oppaassa on esitetty erilaisia menetelmiä, joita tulee hyödyntää hankkeen suunnitteluvaiheessa kaivannaisjätteiden ominaisuuksien selvittämiseen, kaivannaisjätealueen sijainnin

ja toimintaperiaatteiden selvittämiseen sekä ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointiin. Kaivannaisjätteen sijoitusalueita koskevien ympäristönsuojelurakenteiden osalta on kuvattu niiden rakenteellisen vakavuuden sekä kaivannaisjätteen fysikaalisen ja kemiallisen pysyvyyden varmistaminen. Ominaisuuksiltaan erilaisille kaivannaisjätteille on BAT-päätelmissä esitetty rakenteeltaan erilaisia ympäristönsuojelurakenteita, jotka turvaavat kaivannaisjätteen sijoitusalueen ympäristöturvallisuuden. Tähän liittyy keskeisesti rakenteen vakavuus sekä pohjaveden ja maaperän pilaantumisen estäminen. Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien käsittelyyn on esitetty useita menetelmiä, joilla estetään pintavesien pilaantuminen. Nämä menetelmät tulevat sovellettavaksi hankkeen toimintavaiheessa, sulkemisessa ja sulkemisen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa. Oppaassa on kuvattu myös menetelmiä ja niiden soveltuvuutta kaivannaisjätteen sijoitusalueiden sulkemiseen. Tarkkailun ja seurannan osalta on esitetty parhaat käyttökelpoiset tekniikat pohjavesiin, maaperään ja ilmaan kohdistuvien päästöjen sekä melu- ja hajupäästöjen ehkäisemiseen.

1.5 Kaivoksia koskeva keskeinen ympäristölainsäädäntö ja MWEI BREF -vertailuasiakirjan BAT-päätelmien hyödyntäminen niihin liittyvissä menettelyissä

Kaivostoimintaa sekä erityisesti kaivannaisjätteiden jätehuoltoa sääntelevät useat eri lait. Kaivosmineraalien etsintää ja hyödyntämistä sääntelee kaivoslaki sekä kaivosasetus. Ympäristönsuojelulaki ja ympäristönsuojeluasetus ovat säädetty pilaantumisen estämiseksi. Laki ja asetus ympäristövaikutusten arvioinnista määrittelee ympäristövaikutusten arvioinnin tarpeen sekä sisällön. Luonnonsuojelulaissa ja -asetuksessa on annettu suojelusäännökset, jotka vaikuttavat alueiden käyttöön. Vesilaki sääntelee muun muassa vesistöön rakentamista, veden ottamista ja rakentamisen vaikutuksia pohjavesiin ja vesistöihin. Patoturvallisuuslaki asettaa vesistö- ja jätepaduille vaatimukset. Jätelaki, jäteasetus sekä valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä koskevat mm. toiminnassa muodostuvia jätelajeita. Ilmaan kohdistuvista päästöistä on säädetty valtioneuvoston asetukset ilmanlaadusta sekä ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Näiden lisäksi kaivostoimintaa säätelevät päätökset sekä muutkin kuin edellä mainitut lait ja asetukset.

MWEI BREF -vertailuasiakirja sisältää tietoa kaivannaisjätteiden käsittelystä ja hallinnasta, kuten kaivannaisjätteiden hallinnan parhaista käyttökelpoisista tekniikoista, tarkkailu- ja seurantamenetelmistä sekä uusista ja kehitteillä olevista BAT-tekniikoissa. Vertailuasiakirjan tarkoituksena on toimia EU-jäsenvaltioiden toiminnanharjoittajille, viranomaisille ja muille tahoille ohjaavana asiakirjana BAT-tekniikoiden soveltamisessa kaivannaisjätteiden hallinnassa huomioiden hankkeen, kaivannaisjätteiden ja kaivannaisjätteen jätealueiden tekniset ominaisuudet sekä maantieteellinen sijainti ja paikalliset ympäristöolosuhteet.

Kaivannaisjätteet, kaivannaisjätteiden jätealueet sekä niiden hallinta ovat osa kaivostoinnin kokonaisuutta. Edellä mainittuja, parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT) ja ympäristön kannalta parhaita käytäntöjä (BEP) koskien keskeisintä ympäristölainsäädäntöä Suomessa ovat ympäristönsuojelulain (527/2014) periaatteet, kiellot ja velvoitteet.

Ympäristönsuojelulaissa (527/2014) parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla tarkoitetaan mm. mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotanto- ja puhdistusmenetelmiä ja toiminnan suunnittelu-, rakentamis-, ylläpito-, käyttö- sekä lopettamistapoja, joilla voidaan ehkäistä toiminnan aiheuttamaa ympäristön pilaantumista tai vähentää sitä. Lisäksi tekniikoiden tulee soveltua ympäristölupamääräysten perustaksi. Ympäristölupaharkinnassa huomioidaankin parasta käyttökelpoista tekniikkaa arvioitaessa mm. miten tekniikoilla voidaan vähentää jätteiden määrää ja haitallisuutta tai miten tekniikat mahdollistavat käytettävien aineiden ja siinä syntyvien jätteiden uudelleen käyttöä ja hyödyntämistä. Parhaan käyttökelpoisen tekniikan arvioinnissa huomioitavista asioista on säännelty tarkemmin ympäristönsuojelulain 53 §:ssä.

MWEI BREF -vertailuasiakirja ja siinä julkaistut BAT-päätelmät ja tämä opas niiden käännoksineen ovat ympäristönsuojelulain 53 §:n mukaisesti keskeisiä asiakirjoja, jotka on otettava huomioon parhaan käyttökelpoisen tekniikan arvioinnissa kaivannaisjätteiden hallinnan ja jätealueiden suunnittelussa, toteutuksessa sekä muun muassa näihin liittyvissä ympäristölupaprosessissa.

Koska kyseessä ei ole teollisuuspäästödirektiivin (IED) mukainen BAT-vertailuasiakirja, MWEI BREF -vertailuasiakirjan julkaisu ei automaattisesti käynnistä BAT-päätelmien johdosta tehtävää ympäristölupien tarkistamismenettelyä (vrt. YSL 527/2014 80 §) kuten IE-direktiivin BAT-vertailuasiakirjojen julkaisu. IE-direktiivin soveltamisalaan kuuluvien laitosten eli nk. direktiivilaitosten päästöraja-arvojen, tarkkailun ja muiden lupamääräysten on perustuttava BAT-päätelmiin parhaan käyttökelpoisen tekniikan vaatimuksen toteuttamiseksi. MWEI BREF -vertailuasiakirjassa ei myöskään määritellä päästöraja-arvoja, jotka tulisi ottaa huomioon ympäristölupaharkinnassa. **BAT-päätelmät eivät siten sido toiminnanharjoittajia tai lupaviranomaisia.** MWEI BREF -vertailuasiakirjan BAT-päätelmissä on kuitenkin määriteltä BAT-tekniikoihin ja niiden soveltamiseen liittyen teknisiä vaatimuksia ja suosituksia rakenteille, kuten kaivannaisjätteen jätealueiden pohja- ja pintarakenteiden ominaisuuksille, kerrospaksuuksille ja rakenteiden tai rakennekerrosten vedenläpäisevyyksille.

MWEI BREF -vertailuasiakirjan BAT-päätelmät toimivat ennen kaikkea parhaita käyttökelpoisia tekniikoita ja niiden soveltamista koskevana ohjaavana tietona lupaviranomaisille ympäristölupaharkinnassa ja lupamääräysten määrittelyssä. Ympäristölupien muuttaminen MWEI BREF -vertailuasiakirjan johdosta voi tulla kuitenkin ajankohtaiseksi esimerkiksi silloin, jos ympäristönsuojelulain 89 § momentin 3 mukaisesti "*parhaan käyttökelpoisen tekniikan kehittymisen vuoksi päästöjä voidaan olennaisesti vähentää ilman kohtuuttomia kustannuksia*".

MWEI BREF -vertailuasiakirjan BAT-päätelmät tulee nähdä referensseinä, joiden tavoitteena on tarjota kaivannaisteollisuudelle, viranomaisille sekä muille sidosryhmille ajantasaista tietoa kaivannaisjätteiden hallinnasta. Lisäksi BAT-päätelmät tarjoavat koosteen EU:n jäsenvaltioiden yhdessä tunnistamista BAT-tekniikoista, joiden avulla voidaan ehkäistä ja vähentää kaivannaisjätteistä ympäristöön ja ihmisiin kohdistuvia haitallisia vaikutuksia. MWEI BREF -vertailuasiakirjan luvussa 5 kuvattuja BAT-tekniikoista ei tule kuitenkaan pitää täydellisenä ja perusteellisenä listana soveltuvista BAT-tekniikoista vaan kaivannaisjätteiden hallinnassa voidaan käyttää myös muita tekniikoita, joilla saavutetaan vähintään samaa luokkaa oleva ympäristönsuojelullinen taso.

1.6 BAT-päätelmiä koskevan oppaan soveltamisessa huomioitavia asioita

MWEI BREF -vertailuasiakirjan luvussa 5 kuvatut BAT-päätelmät sisältävät keskeisimmän tiedon ja aineistot koskien BAT-tekniikoita. Kyseisiä päätelmiä koskevien tekniikoiden yleiskuvaukset ovat puolestaan kuvattu MWEI BREF -vertailuasiakirjan luvussa 4, jossa on laajemmin esitetty mahdollisia BAT-tekniikoita.

Tässä oppaassa eri BAT-päätelmiä koskeva kirjoitusasu on jäsennelty otsikoittain BAT-päätelmien yleiskuvaukseen, niiden soveltamiseen toiminnan elinkaaren eri vaiheisiin, sovellettavuuteen ja soveltamisessa huomioitaviin asioihin, Suomen esimerkkikohteisiin sekä käytettyihin lähteisiin ja lisätietoihin. Päätelmien yleiskuvaus on laadittu MWEI BREF -vertailuasiakirjan luvussa 4 käsitellyn BAT-tekniikan kuvauksen sekä tekniikan tavoitteiden ja saavutettavien hyötyjen pohjalta. Lisäksi yleiskuvaukseen on tarvittaessa tuotu tietoa myös kansallisista ohjeista, oppaista, muista julkaisuista ja lainsäädännöstä. BAT-päätelmän soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa -kappaleen teksti on kirjoitettu MWEI BREF -vertailuasiakirjan luvun 5 BAT-päätelmän kuvauksen mukaisesti ja se on jaettu suunnitteluvaiheeseen, toimintavaiheeseen sekä sulkemisen ja jälkihoitovaiheeseen. Päätelmän sovellettavuudessa ja soveltamisessa huomioitavia asioita -kappaleen kuvaus puolestaan perustuu MWEI BREF -vertailuasiakirjan luvun 5 BAT-päätelmään sekä luvusta 4 saataviin lisätietoihin päätelmän soveltamista. Lisäksi on tuotu esille kansallisesti keskeisiä seikkoja sekä tarvittaessa viitattu BAT-päätelmään liittyviin kansallisiin oppaisiin ja ohjeistuksiin sekä kansalliseen lainsäädäntöön. Suomessa käytössä olevia BAT-tekniikoita on kuvattu joidenkin päätelmien yhteydessä esimerkkeinä kaivoskohteista, joissa kyseisiä tekniikkoja on käytössä. Nämä esimerkit sisältävät MWEI BREF -tiedonkeruuprosessissa tunnistettuja kaivoskohteita sekä kaivoksia, joissa kyseisiä BAT-tekniikoita on otettu käyttöön tiedonkeruuprosessin jälkeen. Esimerkkikohteiden listaus on rajallinen, eikä siinä ole mainittu välttämättä kaikkia kaivoksia, joilla BAT-tekniikka on käytössä. Jokaisen BAT-päätelmän osalta on esitetty omana kappaleenaan käytetyt lähteet sekä keskeisin saatavilla oleva lisätieto BAT-tekniikkaan ja sen soveltamiseen liittyen.

2 Lyhenteet ja määritelmät

2.1 Lyhenteet

AMD	hapan kiviaineksen valumavesi
AP	haponmuodostuspotentiaali
ARD	hapan kaivoksen valumavesi
BAT	Best Available Techniques (parhaat käytettävissä olevat tekniikat)
BEP	Best Environmental Practises (parhaat ympäristökäytännöt)
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
HDPE	korkeatiheksinen polyeteeni
ICOLD	kansainvälinen suurten patojen patotoimikunta
LLDPE	lineaarinen matalatiheksinen polyeteeni
MWEI BREF	vertailuasiakirja kaivannaisjätteiden hallinnan BAT-tekniikoista (The Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries)
NAG	happoa tuottamaton
NORM	luonnon radioaktiiviset aineet
NP	neutralointipotentiaali
OSM	toiminta, tarkkailu, ylläpito (operation, supervision, maintenance)
PAG	potentiaalisesti happoa tuottava
PP	polypropyleeni
PVC	polyvinyylikloridi
STUK	Säteilyturvakeskus
Vna	valtionevoston asetus
YSL	ympäristönsuojelulaki
YVA	ympäristövaikutusten arviointimenettely

2.2 Keskeisten käsitteiden määrittely

- Allas** luonnollinen tai rakennettu alue, jonne sijoitetaan rikastusjätettä ja/tai prosessivettä tai vedenpuhdistuksesta tai kierrätyksestä peräisin olevia vesiä.
- Heikosti vettä läpäisevä**
vedenjohtavuus $>10^{-9}$ – $<10^{-7}$ m/s.
- Kaivannaisjäte** jäte, jota muodostuu kallio- tai maaperässä luonnollisesti esiintyvän orgaanisen tai epäorgaanisen aineen irrotuksessa rikastamisessa, muussa jalostamisessa ja varastoinnissa. Kaivannaisjäte luokitellaan pysyväksi, tavanomaiseksi tai vaaralliseksi jätteeksi. Luokitteluperusteet ovat jätelaissa ja -asetuksessa sekä valtioneuvostonasetuksessa kaivannaisjätteistä.
- Kaivannaisjätealue**
sellaiset alueet, joilla kaivannaisjätteitä käsitellään, valmistellaan sijoitukseen tai joille kaivannaisjätteitä sijoitetaan.
- Kaivannaisjätteen jätealue**
tuotantopaikan yhteydessä oleva alue, johon sijoitetaan siinä syntyvää kiinteää, liemäistä tai nestemäistä kaivannaisjätettä. Kaivannaisjätteen jätealueena ei pidetä maa- ja vesirakentamistoiminnan yhteydessä olevaa aluetta, johon sijoitetaan toimintaan liittyvässä kivenlouhinnassa ja -murskauksessa syntyvää kaivannaisjätettä. Kaivannaisjätteen jätealueena ei pidetä myöskään tyhjää louhosta, johon palautetaan toiminnassa syntynyttä kaivannaisjätettä kunnostamis- tai rakentamistarkoituksessa. Jollei kysymys ole suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavasta alueesta, kaivannaisjätteen jätealueena ei pidetä aluetta, johon sijoitetaan:
- sellaista pilaantumaton maa-ainesta, pysyvää jätettä taikka etsinnässä tai turvetuotannon yhteydessä syntyvää kaivannaisjätettä, joka ei ole vaarallista jätettä, alle kolmeksi vuodeksi;
 - muuta kuin a) alakohdassa tarkoitettua kaivannaisjätettä, joka ei ole vaarallista jätettä, alle vuodeksi.
- Kaivannaisjätteen sijoitusalue (sisältäen myös kaivannaisjätteen jätealueet)**
kaikki alueet, joilla kaivannaisjätettä käsitellään tai joille kaivannaisjätettä sijoitetaan pysyvästi tai tilapäisesti. Määritelmä kattaa myös sellaiset kaivannaisjätteen sijoitusalueet, jotka eivät ole valtioneuvoston kaivannaisjätteistä antaman asetuksen (190/201) mukaisesti kaivannaisjätteen jätealueita.
- Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alainen vesi**
vesi, jonka kemiallinen tai biologinen koostumus on muuttunut veden jouduttua kosketuksiin kaivannaisjätteiden kanssa.
- Kasa** maan päälle rakennettu kiinteän jätteen läjitysalue (esimerkiksi sivukivikasat).
- Pato** seinämäinen tai vallimainen rakenne, jonka tarkoituksena on pysyvästi tai tilapäisesti estää rakenteen takana olevan nesteen tai nestemäisesti käyttäytyvän aineen leviäminen.

Pysyvä kaivannaisjäte

- pysyvänä kaivannaisjätteenä voidaan pitää Vna 190/2013 liitteen 1 mukaista jätettä, joka
- ei hajoa tai liukene tai muuten muutu merkittävästi siten, että siitä voi aiheutua vaaraa tai haittaa ympäristölle tai ihmisen terveydelle;
 - jätteen sulfidirikkipitoisuus
 - on enintään 0,1 prosenttia tai
 - se on enintään 1 prosentti ja neutralointipotentiaalisuhde, määriteltynä neutralointipotentiaalin ja hapontuottopotentialin välisenä suhteena testimenetelmän EN 15875 staattisen testin perusteella, on suurempi kuin 3;
 - jätteestä ei aiheudu itsesyttymisen vaaraa eikä se pala;
 - jätteen ja siitä erottuvan hienoaineksen sisältämien ympäristölle tai ihmisen terveydelle mahdollisesti haitallisten aineiden (erityisesti arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, elohopea, molybdeeni, nikkeli, lyijy, vanadiini ja sinkki) pitoisuudet jätteessä ovat riittävän alhaiset siten, että niistä aiheutuva vaara ympäristölle ja terveydelle on merkityksetön sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä;
 - mainittujen aineiden pitoisuuksia pidetään riittävän alhaisina ja niistä ympäristölle tai terveydelle aiheutuvaa vaaraa merkityksettömänä, jos ne eivät ylitä maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetussa valtioneuvoston asetuksessa (214/2007) tarkoitettuja arviointia edellyttäviä kynnysarvoja tai alueen ympäristön maaperän taustapitoisuuksia;
 - jäte ei käytännössä sisällä louhinnassa tai rikastuksessa käytettyjä aineita, jotka voivat aiheuttaa vaaraa tai haittaa ympäristölle tai ihmisen terveydelle.
 - ja sitä voidaan pitää pysyvänä jätteenä ilman erityistä testausta, jos toimivaltaiselle viranomaiselle saatavilla olevien tietojen tai käytössä olevien menettelyjen tai järjestelmien perusteella luotettavasti osoitetaan, että 2 kohdassa tarkoitettujen perusteiden on otettu riittävästi huomioon ja että perusteet täyttyvät."

Rikastusjäte

kiinteä tai lietemäinen jäte, joka jää jäljelle mineraalien rikastuksessa, jossa arvomineraalit erotetaan vähemmän arvokkaasta kiviaineksesta murskauksessa, jauhatuksessa, kokoerotelussa, vaahdotuksessa, muussa fysikaalis-kemiallisessa käsittelyssä tai muussa erotusprosessissa.

Suuronnettomuuden vaaraa aiheuttava jätealue

kaivannaisjätteen jätealue, josta voi virheellisen toiminnan tai sen rakenteellisen vakauden tai siihen sijoitetun vaarallisen jätteen tai ympäristölle tai terveydelle vaarallisen kemikaalin vuoksi aiheutua merkittävää vaaraa terveydelle, omaisuudelle tai ympäristölle. Kaivannaisjätteen jätealue luokitellaan suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi Vna 190/2013 liitteen 2 perusteella:

Vettä läpäisemätön

vedenjohtavuus $<10^{-9}$ m/s.

Vettä läpäisevä

vedenjohtavuus $\geq 10^{-7}$ m/s.

3 Yritysjohtaminen

3.1 BAT-päätelmä 1 – Yleisen ympäristönsuojelun tehokkuuden parantamiseen kaivannaisjätteiden jätehuollossa

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT) yleisen ympäristönsuojelun tehokkuuden parantamiseksi kaivannaisjätteiden jätehuollossa on käyttää seuraavia tekniikoita:

- BAT 1a. Organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmä (O&CMS)
- BAT 1b. Ympäristöasioiden hallintajärjestelmä (EMS).

BAT 1 – yleiskuvaus

Kaivannaisjätteiden jätehuollon tehokkuutta voidaan parantaa ottamalla käyttöön suunnitelmallisia toimintatapoja yritysjohdon tasolla. Standardoitujen ja kolmannen osapuolen sertifioidien johtamisjärjestelmien käyttöönotto parantaa toiminnan uskottavuutta. Eri johtamisjärjestelmien osalta on huomattava, että myös ei-standardoidut johtamisjärjestelmät voivat olla yhtä tehokkaita kuin standardoidut johtamisjärjestelmät silloin, kun ne ovat huolella suunniteltu ja käyttöön otettu.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 1a Organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmä (O&CMS)

Suunnitteluvaihe

Noudatetaan organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää sekä käytetään kaivannaisjätteen jätehuollon suunnittelussa tarvittavia työkaluja, jotka sisältävät:

- riskien hallinnan
- kaivannaisjätteiden määrän hallinnan, kuten ainetaseet ja jätevirtojen inventointi
- toiminnan ohjausjärjestelmät, kuten laadunvarmistus ja laaduntarkkailu (BAT 12a) tai muutosten hallinta (BAT 12b)

- strategisen johtamisen työkalut, kuten vertailuanalyysi.

Toimintavaihe

Organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää arvioidaan ja mukautetaan toimintavaiheessa havaitun ympäristönsuojellisen suoriutumisen perusteella.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka sopeutettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan tuotantovaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, sopeutettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 1b Ympäristöasioiden hallintajärjestelmä (EMS)

Suunnitteluvaihe

Sitoudutaan noudattamaan ympäristöasioiden hallintajärjestelmää kaivannaisjätteiden jätehuollossa, esimerkiksi EMAS-, ISO 14001- tai vastaavaa järjestelmää, joka yhdistää kokonaisuudeksi kaikki seuraavat ominaisuudet:

- Johdon ja ylemmän johdon sitoutuminen.
- Ympäristön kannalta vastuullisten toimintatapojen kehittäminen sisältäen toiminnanharjoittajan toimesta kaivannaisjätehuollon jatkuvan parantamisen.
- Tarvittavien menetelmien, kohteiden sekä tavoitteiden suunnittelu ja asettaminen yhdistettynä taloudelliseen suunnitteluun ja investointiin.
- Menettelytapojen toimeenpaneminen kiinnittäen erityistä huomioita seuraaviin asioihin:
 - rakenne ja vastuu
 - koulutus, tietoisuus ja pätevyys
 - viestintä
 - henkilöstön osallistuminen
 - tietojen hallinta
 - tehokas prosessinhallinta
 - huolto- ja ylläpito-ohjelmat
 - valmistautuminen ja valmius hätätilanteisiin
 - ympäristölainsäädännön noudattamisen turvaaminen.
- Ympäristöasioiden hallintajärjestelmän toimivuuden tarkkailu ja korjaavien toimenpiteiden tekeminen kiinnittäen erityistä huomiota seuraaviin asioihin:
 - seuranta, tarkkailu ja mittaukset
 - korjaavat ja ehkäisevät toimenpiteet

- tietojen ylläpito
- ympäristöasioiden hallintajärjestelmien sisäiset ja ulkoiset auditoinnit, joilla varmistetaan, että hallintajärjestelmä on asianmukaisesti toteutettu ja ylläpidetty.
- Ympäristöasioiden hallintajärjestelmän ja sen jatkuva soveltuvuuden, riittävyuden ja tehokkuuden arviointi ylemmän johdon suorittamana.
- Selkeän menettelytavan kehittäminen parhaat käyttökelpoiset tekniikat ja käytännöt huomioiville keskeisille hallintatoimenpiteille. Toiminnanharjoittaja voivat saada tietoa uusista parhaista käyttökelpoisista tekniikoista toisilta toiminnanharjoittajilta, konsulteilta, alan yhdistyksiltä sekä vertailuasiakirjoista, kuten BREF-asiakirjoista.
- Huomioidaan uuden kaivannaisjätteen sijoitusalueen tai uudelle maialalle levittyvän olemassa olevan sijoitusalueen laajennuksen suunnittelussa sekä koko jätealueen elinkaaren ajan ympäristövaikutukset, joita voi mahdollisesti aiheutua jätealueen sulkemisvaiheen tai sen jälkihoidon yhteydessä.
- Ympäristönsuojelutoimenpiteiden tehokkuutta verrataan säännöllisesti kaivannaisjätteen jätehuollon parhaimpiin ympäristönsuojelutoimenpiteisiin vertailuanalyysillä, jotta voidaan tunnistaa ne osa-alueet, joilla suoriututaan hyvin ja ne osa-alueet, jotka kaipaavat kehittämistä. Kokonaisvaltaisen ympäristönsuojelun toimivuuden järjestelmällinen seuranta, tarkkailu ja raportointi mahdollistavat keskittymisen niihin heikkoihin osa-alueisiin tai alueisiin, joissa on parhaimmat mahdollisuudet kehittyä.
- Riskienhallintajärjestelmän ja ympäristöasioiden hallintajärjestelmien yhdistäminen. Turvataan jatkuva tiedonvaihto ympäristöasioiden hallintajärjestelmän, ympäristöriskin ja -vaikutusten arvioinnin (BAT 5) sekä johtamisjärjestelmän työkalujen kesken (BAT 1a ja BAT 12).

Toimintavaihe

Ympäristöasioiden hallintajärjestelmää arvioidaan ja mukautetaan toimintavaiheessa havaitun ympäristönsuojelullisen suoriutumisen perusteella.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT-päätelmän tekniikat ovat sovellettavissa kaikissa organisaatioissa. Organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmän sekä ympäristöasioiden hallintajärjestelmän taso ja luonne tulee suunnitella vastaamaan kunkin kohteen erityispiirteitä huomioiden kaivannaisjätteen sijoitusalueen ominaisuudet, sen sijainti, alueelliset ympäristöolosuhteet, toiminnan laatu sekä organisaation koko.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.1.1.1, 4.1.1.2 ja 5.2.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

4 Tiedon keruu ja hallinta

4.1 BAT-päätelmä 2 – Kaivannaisjätteiden karakterisointi

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteiden ominaisuuksiin liittyvien potentiaalisten ympäristöriskien ja -vaikutusten tunnistamiseksi on käyttää seuraavaa tekniikkaa:

- BAT 2. Alustava kaivannaisjätteiden karakterisointi.

BAT 2 – yleiskuvaus

BAT 2 -päätelmässä on kuvattu kaivannaisjätteiden alustava, toiminnan suunnitteluvaiheessa tapahtuva karakterisointi. Kaivannaisjätteen karakterisointi on oleellista erityisesti toiminnan suunnitteluvaiheessa ja se tulee suorittaa edustavia näytteitä tutkimalla komission päätösten 2009/359/EY ja 2009/360/EY mukaisesti, sekä käyttäen CEN/TC 292 -komitean ohjeistuksessa määriteltyjä karakterisointimenetelmiä ja soveltuvia kansallisia ja kansainvälisiä standardeja (ks. taulukko 1). Tällöin kerätään tarvittavia alustavia tietoja lupaprosessia, sekä kaivannaisjätealueiden ympäristönsuojelurakenteiden ja vesienkäsittelyn suunnittelua varten. Perusteellisen karakterisoinnin avulla kaivannaisjätteiden aiheuttamat ympäristöriskit ja -vaikutukset voidaan tunnistaa, ja niihin voidaan varautua. Edustavan karakterisoinnin avulla voidaan myös välttää yllättäviä ylimääräisiä kunnostus- ja jälkihoitotoimenpiteitä ja niistä muodostuvia kustannuksia.

Valtioneuvoston asetuksen kaivannaisjätteistä (190/2013) liitteessä 1 on säädetty pysyvän kaivannaisjätteen määritelmät komission päätöksen (2009/359/EY) mukaisesti. Päätöksessä mainitaan, ettei pysyvä kaivannaisjäte saa hajota, liueta tai muuten muuttua ihmisille tai ympäristölle haitalliseen muotoon, sekä annetaan raja-arvoja sulfidiselle rikille. Jos kaivannaisjäte ei ole pysyvää, se voi olla vaarallista jätettä tai ei-pysyvää ja vaaratonta jätettä. Komission päätöksen 2009/360/EY mukaan:

”Jätteen määrittelyn tarkoituksena on saada jätealueelle sijoitettavasta jätteestä asiaankuuluvia tietoja, jotta voidaan arvioida jätteen ominaisuudet, käyttäytyminen

ja ominaispiirteet ja seurata niitä, ja varmistaa näin, että jätehuolto tapahtuu pitkällä aikavälillä ympäristön kannalta turvallisissa olosuhteissa. Kaivannaisjätteen määrittelyn pitäisi myös helpottaa tällaisen jätteen käsittelyvaihtoehtojen sekä jätteen aiheuttamien vaikutusten lieventämistä koskevien toimenpiteiden määrittämistä, jotta voitaisiin suojella ihmisten terveyttä ja ympäristöä.”

Kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) liitteen 3 mukaan jätteen määrittelyyn on sisällytettävä taustatiedot, hyödynnettävän esiintymän geologiset taustatiedot, jätteen laatu ja suunniteltu käsittelytapa, jätteen geotekninen käyttäytyminen, jätteen geokemialliset ominaisuudet ja käyttäytyminen. Päätöksen (2009/360/EY) mukaan tarvittavat tiedot tulee kerätä teknisten vaatimusten mukaisista olemassa olevista tutkimuksista, tai tarvittaessa lisänäytteenoton ja -testauksen avulla.

CEN/TC 292 -komitean ohjeistuksien tavoite on standardisoida menettelyjä, joilla määritetään jätteiden ominaisuuksia ja käyttäytymistä, erityisesti liukoisuusominaisuuksia. Parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa on hyödyntää näitä menetelmiä kaivannaisjätteiden karakterisoinnissa. Ohjeistuksissa esitettyjä, erityisesti kaivannaisjätteiden karakterisointiin liittyviä standardeja ovat:

CEN/TR 16376:2012: Jätteen karakterisointi. Kokonaisvaltainen ohjeistus kaivannaisjätteiden karakterisointiin.

- Standardi sisältää yleisiä ohjeita kaivannaisjätteiden karakterisointiin liittyen, kuten kuvauksen karakterisointiprosessista ja testimenetelmien valinnasta. Testimenetelmät jaetaan neljään ryhmään: mineralogiset analyysit, geotekniset analyysit, geokemialliset analyysit, sekä liukoisuustestit. Standardissa kuvataan eri analyysimenetelmät sekä niiden soveltuvuus kaivannaisjätteiden karakterisointiin. Lisäksi esitellään erilaisia mallinnustyökaluja. Esimerkkejä suositelluista geokemiallisista ja geoteknisistä menetelmistä on esitetty taulukossa 1. Suositeltuihin mineralogisiin menetelmiin kuuluvat esimerkiksi optinen mikroskopiointi, sekä erilaiset XRD- ja SEM -menetelmät.

Taulukko 1. Esimerkkejä CEN/TR 16376:2012-ohjeistuksessa kuvatuista suosituista geokemiallisista ja geofysikaalisista karakterisointimenetelmistä. Standardeista voi esiintyä myös käytettäväksi kelpaavia kansallisia versioita, esimerkiksi kuningasvesiuutto SFS-ISO 11466.

Standardi	Kuvaus
Geokemiallisia menetelmiä	
EN 15002	Laboratorionäytteiden jakaminen analyysinäytteiksi
prEN 15933	pH:n määrittäminen lietteestä, käsitellystä biojätteestä ja maannoksesta
prEN 15937	Sähkönjohtavuuden määrittäminen lietteestä, käsitellystä biojätteestä ja maannoksesta
EN 15169	Hehkutushäviön määrittäminen jätteestä, lietteestä ja sedimenteistä (T = 550 °C)
EN 13656	Kokonaisuutto HF-HNO ₃ -HCl -happoseoksella
EN 13657	Kuningasvesiuutto
prEN16170	Alkuaineiden määrittäminen ICP-OES -menetelmällä
prEN16171	Alkuaineiden määrittäminen ICP-MS -menetelmällä
EN 13137	Orgaanisen hiilen ja epäorgaanisen hiilen kokonaismäärien (TOC ja TIC) määrittäminen polttamalla
EN 14582	Rikin kokonaispitoisuuden määrittäminen
EN 13370	Sisältää menetelmiä, jotka soveltuvat kaivannaisjätteistä peräisin olevien nesteiden määrittämiseen
EN 12506	Sisältää menetelmiä, jotka soveltuvat kaivannaisjätteistä peräisin olevien nesteiden määrittämiseen
EN 15875	ABA-testi hapontuottopotentialin määrittämiseen
CEN/TS 14405	Läpivirtaus-/kolonnitesti haitta-aineiden liukoisuuden määrittämiseksi.
Geoteknisiä menetelmiä	
EN ISO 14688-1:2002	Maannoksen tunnistaminen ja kuvaus
EN ISO 14688-2:2002	Maannosten luokittelun perusteet
CEN-ISO/TS 17892-4:2004	Raekokojakauma
EN 14346	Vesipitoisuuden määrittäminen
CEN-ISO/TS 17892-12:2004	Plastisuuden määrittäminen; Attenbergin rajat
CEN-ISO/TS 17892-6:2004	Plastisuuden määrittäminen; pudostuskartiotesti
CEN-ISO/TS 17892-2:2004	Hienokokoisen maannoksen tiheyden määrittäminen
CEN-ISO/TS 17892-3:2004	Tiheyden määrittäminen pyknometrin avulla
EN 1097-3	Irtoaineksen tiheyden ja huokostilan määrittäminen
ASTM D1556	Maksimitiheyden määrittäminen
CEN-ISO/TS 17892-10	Leikkauslujuuskoe

CEN/TR 16365:2012: Jätteen karakterisointi. Kaivannaisjätteiden näytteenotto.

- Standardissa kuvataan keskeiset seikat, jotka tulisi huomioida kaivannaisjätteiden näytteenottosuunnitelmaa laadittaessa. Standardia tulisi käyttää yhdessä standardin EN 14899 ”*Jätteiden karakterisointi. Jättemateriaalien näytteiden ottaminen. Näytteenottosuunnitelman laatiminen ja soveltaminen*” kanssa.

CEN/TR 16363:2012: Jätteen karakterisointi. Kineettinen testaus sulfidisten kaivannaisjätteiden hapontuottopotentialin arviointiin.

- Standardissa kuvataan kineettiset menetelmät kaivannaisjätteiden hapontuoton arviointiin. Kineettisiin menetelmiin, jotka kestävät tyypillisesti useita viikkoja, kuukausia tai jopa vuosia, kuuluvat esimerkiksi

kosteuskammio- ja lysimetritestit sekä erilaiset suurimittakaavaiset kenttätestit. Menetelmiä käytetään, jos staattisten hapontuottotestien tulos on epävarmuusalueella tai niiden perusteella kiviaines on potentiaalisesti happoa tuottavaa. Pelkän kyllä/ei -tuloksen lisäksi kineettisen testin avulla voidaan arvioida happaman valuman muodostumisen ajankohtaa. Ohjeessa käsitellään myös neutraalia kaivosvalumaa eli sulfidijätteistä peräisin olevia suotovesiä, jotka eivät ole neutralointiprosessien vuoksi happamia, mutta sisältävät runsaasti haitta-aineita.

CEN/TS 16229:2011: Jätteen karakterisointi. Rikastushiekka-alueille päätyvän heikkohappouudessa erottuvan syanidin näytteenotto ja analysointi.

EN 15875:2011: Jätteen karakterisointi. Staattinen testi sulfidisen kaivannaisjätteen hapontuottopotentiaalin ja neutralointipotentialin arviointiin.

- Standardissa kuvataan menetelmät happamien suotovesien muodostumisen arvioimiseksi sulfidisista kaivannaisjätteistä. Menetelmiin kuuluu testi haponmuodostuspotentialille (AP) ja neutralointipotentialille (NP). AP- ja NP-tulosten perusteella voidaan laskea nettoneutralisointipotentiali (NNP) ja neutralisointipotentialin suhde (NPR tai NP/AP).

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Suunnitteluvaihe

Kaivannaisjätteiden käyttäytymistä ja ominaisuuksia tulee arvioida tutkimalla edustavia näytteitä komission päätösten 2009/359/EY ja 2009/360/EY mukaisesti (kaivannaisjäteasetuksen liitteet 1 ja 3), sekä käyttäen CEN/TC 292 -komitean ohjeistuksessa määriteltyjä karakterisointimenetelmiä ja EN-standardeja. Mikäli tarvittavia EN-standardeja ei ole käytettävissä joidenkin parametrien tai menetelmien osalta, voidaan käyttää ISO-standardeja, kansallisia standardeja tai muita kansainvälisiä standardeja. Muiden standardien tulisi kuitenkin olla kehitetty EN-standardien mukaisesti eli niiden tulisi olla laadittu noudattaen yhteisymmärrystä, avoimuutta, läpinäkyvyyttä, kansallista sitoutuneisuutta ja teknistä yhdenmukaisuutta. Karakterisointia voidaan täydentää kaivannaisjätteiden ominaisuuksien muuttumista ja käyttäytymistä ennustavien mallinnustyökalujen avulla.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 2 -päätelmä on yleisesti sovellettavissa kaivannaisjätteiden karakterisoinnissa. Suunnitteluvaiheessa toteutettu kaivannaisjätteiden edustava ja kattava karakterisointi on edellytys, jotta kaivannaisjätteiden hallinnan suunnittelussa voidaan varmistaa kaivannaisjätteiden ympäristöturvallinen hallinta lyhyellä ja pitkällä aikavälillä.

Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien määrittely ja niitä koskevien tietojen kokoaminen on tehtävä valtioneuvoston asetuksen kaivannaisjätteistä (190/2013) liitteen 3 mukaisesti. Karakterisointiin liittyvät erityisesti em. liitteen A-osan 1.d- ja 1.e-kohta. Mainitun 1.d-kohdan mukaan jätteen geoteknisen käyttäytymisen karakterisoinnissa on oleellista:

- Soveltuvien muuttujien tunnistaminen jätteen olennaisten fysikaalisten ominaisuuksien arvioimiseksi ottaen huomioon jätealueen tyyppi.
- Soveltuvia muuttujia voivat olla: raekokojakauma, plastisuus, tiheys ja vesipitoisuus, tiivistymisaste, leikkauslujuus ja kitkakulma, läpäisevyys-huokoisuussuhde, kokoonpuristuvuus ja konsolidaatio.

Kaivannaisjäteasetuksen liitteen 3 A-osan 1.e-kohdan mukaan jätteen geokemiallisten ominaisuuksien karakterisoinnissa on oleellista:

- Jätteen ja siinä mahdollisesti olevien kemikaalien ja kemikaalijäännösten kemiallisten ja mineralogisten ominaisuuksien erittely.
- Arvio ajan mittaan muuttuvista suotoveden kemiallisista ominaisuuksista jätelajeittain ottaen huomioon jätteen suunnitellut käsittelytavat, erityisesti:
 - metallien, oksianionien ja suolojen ajan myötä tapahtuvan huuhtoutumisen selvittäminen liukoisuuden pH-vaikutustestillä, läpivirtaustestillä, aika-riippuvaista liukoisuutta arvioivalla testillä ja/tai muulla soveltuvalla testillä;
 - sulfidia sisältäville jätteille, staattiset ja kineettiset testit ajan myötä tapahtuvan happaman suotoveden muodostumisen ja metallien huuhtoutumisen määrittelemiseksi.

Kaivannaisjäteasetuksen liitteen 1 mukaisesti pysyväksi jätteeksi luokiteltuun jätteeseen sovelletaan vain asiaankuuluvaa osaa liitteen 3 A-osan 1.e-kohdassa tarkoitetuista geokemiallisista testeistä. Liitteen 1 mukaan jätettä voidaan pitää pysyvänä jätteenä, jos seuraavat ehdot täyttyvät sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä:

- a. jäte ei hajoa tai liukene tai muuten muutu merkittävästi siten, että siitä voi aiheutua vaaraa tai haittaa ympäristölle tai ihmisen terveydelle;
- b. jätteen sulfidirikkipitoisuus
 - on enintään 0,1 prosenttia tai
 - se on enintään 1 prosentti ja neutralointipotentiaalisuhde, määriteltynä neutralointipotentiaalin ja hapontuottopotentialin välisenä suhteena testimenetelmän EN 15875 staattisen testin perusteella, on suurempi kuin 3;
- c. jätteestä ei aiheudu itsesyttymisen vaaraa eikä se pala;
- d. jätteen ja siitä erottuvan hienoaineksen sisältämien ympäristölle tai ihmisen terveydelle mahdollisesti haitallisten aineiden (erityisesti arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, elohopea, molybdeeni, nikkeli, lyijy,

vanadiini ja sinkki) pitoisuudet jätteessä ovat riittävän alhaiset siten, että niistä aiheutuva vaara ympäristölle ja terveydelle on merkityksetön sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä;

- mainittujen aineiden pitoisuuksia pidetään riittävän alhaisina ja niistä ympäristölle tai terveydelle aiheutuvaa vaaraa merkityksettömänä, jos ne eivät ylitä maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetussa valtioneuvoston asetuksessa (214/2007) tarkoitettuja arviointia edellyttäviä kynnyksarvoja tai alueen ympäristön maaperän taustapitoisuuksia;
- e. jäte ei käytännössä sisällä louhinnassa tai rikastuksessa käytettyjä aineita, jotka voivat aiheuttaa vaaraa tai haittaa ympäristölle tai ihmisen terveydelle.

Lisäksi em. liitteen 1 mukaan jätettä voidaan pitää pysyvänä jätteenä myös ilman erityistä testausta, jos toimivaltaiselle viranomaiselle saatavilla olevien tietojen tai käytössä olevien menettelyjen tai järjestelmien perusteella luotettavasti osoitetaan, että yllä tarkoitettujen perusteiden on otettu riittävästi huomioon, ja että perusteet täyttyvät.

Komission päätöksen 2009/359/EY mukaan jäsenvaltiot voivat myös laatia luetteloja kiviaineksista, joita voidaan pitää pysyvänä jätteenä ilman erityistä testausta. Suomen kansallinen luettelo pysyvän kaivannaisjätteen kriteerien täyttävistä kivilajeista ja tutkimusmenetelmät pysyvyyden tapauskohtaiseen määrittämiseen on esitetty oppaassa *”Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi – Louhinnassa muodostuvat sivukivet”* (Luodes et al. 2011). Taulukossa 2 on esitetty kivilajit, jotka täyttävät pysyvän kaivannaisjätteen kriteerit. Kivilajin määrittelyn tulee noudattaa standardia SFS-EN 12407 *”Luonnonkiven testausmenetelmiä. Petrografinen tarkastelu”*. Pysyvät kivilajit on vapautettu tarkemmista laboratorio-ominaisuuksista, mikäli tietyt ehdot täyttyvät. Esimerkiksi pysyviksi määritellyissä kivilajeissakin voi esiintyä silmin nähtävästi sulfidimineraaleja, jolloin sulfidisen rikin määrä tulee selvittää ja verrata määrää kaivannaisjäteasetuksen liitteessä 1 esitettyihin raja-arvoihin.

Taulukko 2. Suomen kansallinen lista kivilajeista, jotka täyttävät pysyvän kaivannaisjätteen kriteerit.

Kivilaji	Sisältää kivilajit
Kvartsiitti	
Arkoosi	
Graniitti	graniitti, gneissigraniitti, graniittinen pegmatiitti
Syenitoidi	syeniitti, (kvartsi)montsoniitti
Granodioriitti	granodioriitti, gneissigranodioriitti, granodioriittineosomi
Tonaliitti	tonaliitti, gneissitonaliitti, tonaliittineosomi, trondhemiitti
Hapan/vaalea gneissi	hapan/vaalea gneissi, granodioriittigneissi, granaattigneissi, kvartsimaaasälpagneissi
Hapan/vaalea migmatiitti	
Anortosiitti	anortosiitti, gabroanortosiitti
Kalkkikivi	

Ravistelutesti EN 12457-1-4 on yleisesti Suomessa käytetty kaivannaisjätteiden karakterisointimenetelmä, mutta CEN/TC 292 -ohjeistuksessa sitä suositellaan varauksin. Testi soveltuu huonosti etenkin tuoreen kaivannaisjäteaineksen pitkäaikaiskäyttötymisen arviointiin, sillä suhteellisen lyhytkestoisessa testissä näkyvät ainoastaan vesiliukoiset haitta-aineet (Karlsson & Kauppila 2016).

Toinen yleisesti käytetty karakterisointimenetelmä on NAG-testi (Net Acid Generation). NAG-testi ei ole standardoitu menetelmä, vaan se tehdään usein AMIRA:n (2002) ohjeen mukaisesti. Ohje ei kuitenkaan ole yksityiskohtainen esimerkiksi käytettävien lämpötilojen tai jäähdytysaikojen suhteen, jonka vuoksi samasta näyteaineksesta saatetaan saada eri tuloksia eri laboratorioissa (Parbhakar-Fox et al. 2018).

Esimerkkikohteita Suomessa

Kaivannaisjätteiden karakterisointi on laajalti käytössä suomalaisilla kaivoksilla. Kaivannaisjätteiden karakterisoinnissa eri kaivoksilla käytettävät tekniikat toiminnan suunnittelu- vaiheessa vaihtelevat mm. malmi- ja kaivannaisjätetyypeistä riippuen.

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.1.2.1.1 ja 5.2.2.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- AMIRA 2002. ARD Test Handbook. Project P387A, Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage. AMIRA international May 2002, 42 s.
- CEN 2012. CEN/TR 16376:en. Characterization of waste. Overall guidance document for characterization of waste from the extractive industries. CEN/TC 292-committee Characterization of waste. European committee for standardization.
- Karlsson, T. & Kauppila, P. M. 2016. Waste Rock Characterization versus the Actual Seepage Water Quality. Teoksessa: Drebenstedt, C. & Paul, M. (Toim.) IMWA 2016 – Mining Meets Water – Conflicts and Solutions. Freiberg: TU Bergakademie, 402–406.
- Komission päätös 2009/359/EY pysyvän jätteen määritelmän täydentämisestä kaivannaisjätteiden jätehuollosta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2006/21/EY 22 artiklan 1 kohdan f alakohdan täytäntöön panemiseksi. <https://eur-lex.europa.eu/>
- Komission päätös 2009/360/EY kaivannaisteollisuuden jätehuollosta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2006/21/EY vahvistettua jätteen määrittelyä koskevien teknisten vaatimusten täydentämisestä. <https://eur-lex.europa.eu/>
- Luodes, H., Kauppila, P. M., Karlsson, T., Nikkarinen, M., Aatos, S., Tornivaara, A., Wahlström, M. & Kaartinen, T. 2011. Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi – Louhinnassa muodostuvat sivukivet, ympäristöministeriö, Helsinki, Suomen ympäristö 21. 35 s.
- Parbhakar-Fox, A., Fox, N., Ferguseon, T., Hill, R. & Maynard, B. 2018. Dissection of the NAG pH Test: Tracking Efficacy Through Examining Reaction Products. In: Wolkersdorfer, C., Sartz, L., Weber, A., Burgess, J. & Tremblay, G. (Eds.) 2018. Proceedings of the 11th ICARD – IMWA – MWD Conference – “Risk to Opportunity”, 10–14 September 2018, Pretoria, South Africa, 949–955.
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013), www.finlex.fi/

4.2 BAT-päätelmä 3 – Kaivannaisjätteiden karakterisointi

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteiden karakterisointiin on käyttää seuraavaa tekniikkaa:

- BAT 3. Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien seuraaminen ja varmentaminen.

BAT 3 – yleiskuvaus

BAT 3 -tekniikka kaivannaisjätteiden ominaisuuksien seuraamiseksi ja varmentamiseksi koostuu tarkkailusuunnitelman laatimisesta, sen toteuttamisesta ja soveltamisesta eri vaiheissa kaivannaistoiminnan elinkaarta (suunnittelu, toiminta, sulkeminen ja jälkihoito). Lähtökohdiana tarkkailusuunnitelman laadinnassa, käytössä ja soveltamisessa on kaivannaisjätteiden alustava karakterisointi (BAT 2) sekä ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi (BAT 5).

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Suunnitteluvaihe

Laaditaan tarkkailusuunnitelma kaivannaisjätteiden ominaisuuksien seuraamiseksi ja varmentamiseksi edustavista näytteistä. Suunnitelman sisällön tulee perustua kaivannaisjätteiden alustavaan karakterisointiin (BAT 2) sekä kaivannaisjätteiden ominaisuuksista johtuvien ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointiin (BAT 5).

Seurannassa ja tarkkailussa käytettävät karakterisointimenetelmät, muuttujat (kuten analysoitavat alkuaineet) ja näytteenoton tiheys valitaan ottaen huomioon paikalliset olosuhteet ja erityisominaisuudet. Paikallisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi kaivannaisjätteen jätealueen tekniset ominaisuudet, maantieteellinen sijainti ja ympäristöolosuhteet, jotka on määritelty perustilaselvityksessä ja ympäristövaikutusten arvioinnissa. Näytteenoton tiheys riippuu kaivannaisjätteen määrästä ja laadusta sekä laadun vaihtelevuudesta. Jos esimerkiksi jäteainetta on homogeenista, voi näytteitä ottaa säännöllisin väliajoin. Jos jäteainetta on heterogeenista, jolloin esimerkiksi kivilaji, metamorfoosiaste tai mineralisaatio vaihtelevat suuresti, on suositeltavaa ottaa näytteitä tuotantosuunnitelman perusteella (tonnimäärä/aika). Tarpeellinen näytteenottotiheys edustavaan näytteenottoon arvioidaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnissa (BAT 5).

Selvitys tarkkailusta kaivannaisjätteiden ominaisuuksien seuraamiseksi ja varmentamiseksi on osa kaivannaisjätteiden jätehuoltosuunnitelmaa. Tarkkailussa käytettävät karakterisointimenetelmät tulee valita viitaten CEN/TR 16376 -standardin liitteisiin, joissa on kuvattu esimerkiksi kaivannaisjätteen karakterisointiin sopivia testimenetelmiä (CEN 2012).

Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien seuraaminen ja varmentaminen tulee suunnitella CEN/TC 292 -komitean ohjausdokumentissa esitettyjen EN-standardien mukaisesti (BAT 2). Mikäli tarvittavia EN-standardeja ei ole, voidaan käyttää ISO-standardeja, kansallisia standardeja, tai muita kansainvälisiä standardeja. Muiden standardien tulisi kuitenkin olla kehitetty EN-standardien mukaisesti, eli niiden pitäisi olla laadittu noudattaen yhteisymmärrystä, avoimuutta, läpinäkyvyyttä, kansallista sitoutuneisuutta ja teknistä yhdenmukaisuutta. Karakterisointia voidaan täydentää kaivannaisjätteiden ominaisuuksien muuttamista ja käyttäytymistä ennustavien mallinnustyökalujen avulla.

Pysyvän kaivannaisjätteen osalta sovelletaan komission päätöksen 2009/359/EY säännöksiä, jotka on tuotu kansalliseen lainsäädäntöön kaivannaisjäteasetuksen liitteessä 1.

Toimintavaihe

Toteutetaan tarkkailusuunnitelmaa kaivannaisjätteiden ominaisuuksien seuraamiseksi ja varmentamiseksi samalla soveltaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää (BAT 1). Suunnitelmaa, mukaan lukien valittuja parametreja ja seurannan tiheyttä, tulee mukauttaa toimintavaiheessa tarvittavien geoteknisten suunnittelutavoitteiden (BAT 22) sekä ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin perusteella (BAT 5). Tämä voi tarkoittaa seurattavien parametrien lisäämistä tai poistamista ja/tai seurannan tiheyden lisäämistä tai vähentämistä.

Sulkemisvaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka sopeutettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Selvitys seurannasta ja tarkkailusta toiminnan aikana ja sen päätyttyä sisältyvät kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmaan. Kuten myös tiedot toiminnan lopettamisesta, kaivannaisjätteen jätealueen käytöstä poistamisesta ja jälkihoidosta sekä niihin liittyvästä seurannasta ja tarkkailusta.

Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien määrittely ja niitä koskevien tietojen kokoaminen on tehtävä valtioneuvoston asetuksen kaivannaisjätteistä (190/2013) liitteen 3 mukaisesti (BAT 2; Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat). Pysyvän kaivannaisjätteen määrittämisprosessi ja Suomen kansallinen luettelo pysyvistä kivilajeista on esitetty oppaassa *"Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi – Louhinnassa muodostuvat sivukivet"* (Luodes et al. 2011) (BAT 2; Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat). Kaivannaisjätealueiden seurannassa ja tarkkailussa on otettava huomioon myös komission täytäntöönpanopäätös (EU) 2020/248.

Esimerkkikohteita Suomessa

Kaivannaisjätteiden karakterisointi on laajalti käytössä suomalaisilla kaivoksilla. Kaivannaisjätteiden karakterisoinnissa eri kaivoksilla käytettävät tekniikat toiminta- sekä sulke- mis- ja jälkihoitovaiheissa vaihtelevat kohdekohtaisesti.

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.1.2.1.2 ja 5.2.2.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- CEN 2012. CEN/TR 16376:en. Characterization of waste. Overall guidance document for characterization of waste from the extractive industries. CEN/TC 292-committee Characterization of waste. European committee for standardization.
- Komission päätös 2009/359/EY pysyvän jätteen määritelmän täydentämisestä kaivannaisjätteiden jätehuollosta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2006/21/EY 22 artiklan 1 kohdan f alakohdan täytäntöönpanemiseksi. <https://eur-lex.europa.eu/>
- Komission täytäntöönpanopäätös (EU) 2020/248, annettu 21 päivänä helmikuuta 2020, teknisistä suunta- viivoista Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2006/21/EY 17 artiklassa tarkoitettuja tarkastuksia varten. <https://eur-lex.europa.eu/>
- Luodes, H., Kauppila, P. M., Karlsson, T., Nikkarinen, M., Aatos, S., Tornivaara, A., Wahlström, M. & Kaartinen, T. 2011. Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi – Louhinnassa muodostuvat sivukivet, ympäristöministeriö, Helsinki, Suomen ympäristö 21. 35 s.
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013). www.finlex.fi/

4.3 BAT-päätelmä 4 – Kaivannaisjätealueet ja niiden hallinnan vaihtoehdot

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätealueiden sijaintiin ja kaivannaisjätteiden hallintaan liittyvien mahdollisten ympäristöriskien ja -vaikutusten tunnistamiseksi on käyttää seuraavia tekniikoita:

- BAT 4a. Kaivannaisjätealueiden sijaintivaihtoehtojen tunnistaminen
- BAT 4b. Kaivannaisjätteen kuljetus-, käsittely- ja sijoituspaikkavaihtoehtojen tunnistaminen.

BAT 4 – yleiskuvaus

BAT 4 -päätelmässä on kuvattu kaivannaisjätealueiden sijaintivaihtoehtojen valintaan sekä kaivannaisjätteiden kuljetus-, käsittely- ja sijoituspaikkavaihtoehtojen tunnistamiseen soveltuvia tekniikoita.

BAT 4a Kaivannaisjätealueiden sijaintivaihtoehtojen tunnistaminen

Jätealueen sijoittumista suunniteltaessa on oleellista tunnistaa soveltuvimmat aluevaihtoehdot. Valintaa ohjaavat alueen alustavat tutkimukset sekä kaivannaisjätteen karakterisointi (BAT 2) sekä jätteen määrä toiminnan elinkaaren aikana. Mahdollisten ympäristöriskien ja -vaikutusten tunnistamisella sekä kaivannaisjätteen jätehuollon hallinnan vaihtoehtojen ja toimintahäiriöiden huomioimisella jo suunnitteluvaiheessa voidaan vähentää jätealueen toiminnan aikaisia ympäristövaikutuksia sekä minimoida ympäristöriskien mahdollisuutta.

Soveltuvimpien alueiden tunnistamisessa sekä valintaprosessia valmisteltavissa alustavissa perusteluasiakirjoissa tulee huomioida toimintavaiheen lisäksi sulkemis- ja jälkihoitovaihtoehtojen tarpeet. Vertailuasiakirjan mukaan kaivannaisjätealueiden vaihtoehtojen valintamenetelmä edellyttää huomioimaan valittavan menettelytavan soveltuvuuden koko elinkaaren aikaiseen hallintaan (MWEI BREF 2018, s. 178). Vaihtoehtoiset alueet arvioidaan yleisen turvallisuuden turvaamiseksi ja ympäristövaikutusten minimoimiseksi. Pääasiallisten rikastusjätteiden sijoituspaikkavaihtoehtojen osalta arvioidaan esimerkiksi läjitysvaihtoehdot, joita ovat mm. laskeutusaltaat, kuivaläjitykset ja sijoittaminen vapaan veden pinnan alapuolelle.

Alustavan sijoituspaikan arvioinnin jälkeen suoritetaan tarkemmat tutkimukset eri vaihtoehtoalueilla, joissa pyritään tunnistamaan alueen ympäristöolosuhteet ja ympäröivän luonnon tila. Tarkastelussa voidaan hyödyntää lähtötilanteen selvityksiä huomioiden ne tarkasteltaessa yleisiä muuttujia ja kriteerejä, esimerkiksi mahdollisia vaikutuksia ihmisiin tai sosiaaliseen ympäristöön, ekosysteemeihin sekä muihin ympäristötilan muutoksiin kuten topografiaan, valuma-alueisiin, kallioperän rakoiluvyöhykkeisiin, siirroksiin, hydrauliseen johtavuuteen, pohjaveden tilaan, tulvimiseen, tuuli- ja vesieroosioon jne.

Asiantuntevia perustilatutkimuksia on kehitetty useita, sovellettavuuden riippuessa kohteesta ja sen ympäristöolosuhteista sekä siitä suunnitellaanko ja luvitetaanko uutta vai olemassa olevaa kaivosaluetta. Sijoituspaikan valinnassa on oleellista, että perustilaselvityksessä huomioidaan mm. pinnanmuodot, geologia ja hydrogeologia, ilmasto-olosuhteet, alustavat rakenteelliset tiedot suunnitelluista menetelmistä (altaiden, patojen ja kasojen pohjaratkaisut ja jätteen läjitystekniikat), alustavat geotekniset analyysit, vesiensuojelu (pohja- ja pintavedet, vesien laatu ja käyttö), maaperän pilaantumisen estäminen sekä kasvisto ja eläimistö.

BAT 4b Kaivannaisjätteen kuljetus-, käsittely- ja sijoituspaikkavaihtoehtojen tunnistaminen

Kaivannaisjätteen kuljetus-, käsittely- ja sijoituspaikkavaihtoehtojen vertailu yhdessä kaivannaisjätealueen sijainti- ja hallintavaihtoehtojen sekä toimintahäiriöriskien tunnistamisen kanssa, edesauttaa mahdollisten ympäristöriskien ja -vaikutusten tunnistamista.

Kaivannaisjätteiden hallinnan avulla voidaan ehkäistä ja minimoida luonnonvarojen kulu-
tusta optimoimalla ja suunnittelemalla resurssien ja tilan käyttöä. Patojen suunnittelussa
sopivimman läjitystekniikan valinta on yksi kriittisimmistä tekijöistä, jolla vaikutetaan esi-
merkiksi kaivannaisjätteen sijoitusalueen patoturvallisuuden paranemiseen koko elinkaar-
ren ajaksi. Läjitystekniikka vaikuttaa myös läjitystä edeltäviin maansiirtotöihin, kuivatusjär-
jestelmiin, jätealueen ulkorinteiden pintoihin, vakavuustutkimuksiin, dekantointimenetel-
män valintaan ja sijaintiin sekä sijoitettavan kaivannaisjätteen fysikaalisiin ominaisuuksiin,
kuten kosteuteen.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 4a Kaivannaisjätealueiden sijaintivaihtoehtojen tunnistaminen

Suunnitteluvaihe

Alueen alustaviin tutkimuksiin ja kaivannaisjätteen karakterisointiin (BAT 2) pohjautuen
tunnistetaan selkeimmin soveltuvat vaihtoehdot. Eri vaihtoehtojen kartoituksessa on syytä
huomioida kaivannaisjätteiden hallinnan koko elinkaari sekä hyödyntää saatavilla oleva
tieto kaikista merkityksellisistä asiantuntijatutkimuksista pitäen sisällään turvallisuus-, ym-
päristö- ja geotekniset näkökohdat, paikalliset olosuhteet ja jo alkuvaiheessa tunnistetut
mahdolliset vaikutukset.

BAT 4b Kaivannaisjätteen kuljetus-, käsittely- ja sijoituspaikkavaihtoehtojen tunnistaminen

Suunnitteluvaihe

Yleissuunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa tunnistetaan erilaiset kaivannaisjätteen kuljetus-, käsittely- ja si-
joituspaikkavaihtoehdot pohjautuen alustaviin kaivannaisjätealueiden käsittelyalueiden
vaihtoehtoihin liittyviin tutkimuksiin (BAT 4a) sekä kaivannaisjätteiden karakterisointiin
(BAT 2). Yleissuunnitteluvaiheessa on tärkeää ottaa huomioon kaivannaisjätteiden hallin-
nan koko elinkaari sekä hyödyntää tiedot kaikista merkityksellisistä tutkimuksista käsit-
täen turvallisuus-, ympäristö- ja geotekniset näkökohdat, paikalliset olosuhteet ja alusta-
vasti tunnistetut mahdolliset vaikutukset. Tämä sisältää seuraavien asioiden tunnistamisen
ja huomioimisen:

Käsittelyyn, kuljetukseen ja sijoitukseen liittyvät tekniikat

- Kaivannaisjätteen käsittely/kuljetus
 - Tapahtuuko louhinnassa muodostuvan kaivannaisjätteen käsittely
kuljetushihnoilla ja/tai kuorma-autoilla ja dumppereilla.
 - Tapahtuuko rikastusjätteen käsittely/kuljetus kuljetushihnoilla,
putkistoilla ja/tai kuorma-autoilla ja dumppereilla.

- Kaivannaisjätteen väliaikainen varastointi
 - Onko tarvetta louhinnassa muodostuvan kaivannaisjätteen väliaikaiselle varastoinnille kasaläjityksessä.
 - Onko tarvetta rikastusjätteen väliaikaiselle varastoinnille altaissa tai kasoissa.

- Kaivannaisjätteen pysyvä sijoittaminen
 - Tapahtuuko louhinnassa muodostuvan kaivannaisjätteen pysyvä sijoittaminen kasoihin, sekaläjityksenä altaisiin vai louhostiloihin.
 - Tapahtuuko rikastusjätteen läjitys kasoissa (suodatettu rikastushiekka/kui-valäjitys), rajatuissa altaissa (mineraaliprosessista muodostuvat pastat ja sa-keutetut kaivannaisjätteet), padoilla rajatuissa altaissa (mineraaliprosessissa muodostuvien kaivannaisjätteiden lietteet) vai louhostiloissa.

Suunnitteilla olevien altaiden, patojen ja kasojen rakentamiseen liittyvät menetelmät, pitäen sisällään pohjarakennekonseptin suunnittelun ja mahdolliset peittoratkaisut tulevaisuudessa.

Tekninen suunnitteluvaihe

Massatasearviointi merkityksellisille kaivannaisjätetyypeille, kuten louhinnassa ja rikastuksesta muodostuville kaivannaisjätteille. Jokaisen kaivannaisjätetyypin massataseen pitäisi sisältää seuraavat tiedot:

- suunnitellut vuosittaiset kaivannaisjättemäärät, jotka varastoidaan väliaikaisesti kaivannaisjätteen sijoitusalueille tai säiliöihin/tankkeihin
- suunnitellut vuosittaiset kaivannaisjättemäärät, joka sijoitetaan pysyvästi kaivannaisjätteen sijoitusalueille
- suunnitellut vuosittaiset kaivannaisjättemäärät, jotka lähetetään pysyvästi pois alueelta käsittelyyn ja sijoitukseen.

Toimintavaihe (rakentaminen, hallinta ja ylläpito)

Arvioidaan ja seurataan laadittua kaivannaisjätteiden massatasetta perustuen kerättyyn ja tallennettuun toteumatietoon (BAT 12a).

Sulkemisvaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka sopeutettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin.

Soveltuvuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 4 -päätelmä on yleisesti sovellettavissa. Yksityiskohtien määrä ja vaihtoehtojen ominaisuuksien tunnistamisen on mukautettava kohdekohtaisiin olosuhteisiin, kuten

kaivannaisjätealueen teknisiin ominaisuuksiin, maantieteelliseen sijaintiin sekä paikallisiin ympäristöolosuhteisiin.

BAT 4a -päätelmässä on huomioitava, että Suomessa kaivoshankkeita koskeva YVA-menettely perustuu YVA-lakiin (252/2017) ja -asetukseen (277/2017). Kaivoshankkeiden osalta keskeisiä YVA-prosessin osatehtäviä on esitelty ja jäsenneily julkaistussa oppaassa (Jantunen & Kauppila (toim.) 2015) sekä tutkimusraportissa (Kauppila (toim.) 2015), jotka on laadittu kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnin tueksi. Kaivostoiminta ja kaivannaisjätteen jätealueet ovat toimintoja, joilla tulee olla ympäristönsuojelulain mukainen lupa. Ympäristöluvassa voidaan antaa yksityiskohtaisia määräyksiä toimintaa ja sen päästöjä koskien.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.1.2.2.1, 4.1.2.2.2 ja 5.2.2.3. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

Jantunen, J. & Kauppila, T. (toim.) 2015. Ympäristövaikutusten arviointimenettely kaivoshankkeissa. Työ- ja elinkeinoministeriö, TEM oppaat ja muut julkaisut 3/2015, 96 s.

Kauppila, T. (toim.) 2015. Hyviä käytäntöjä kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 222, 141 s.

4.4 BAT-päätelmä 5 – Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen jätehuollon mahdollisten ympäristöriskien ja -vaikutusten määrittämiseksi on käyttää seuraavia tekniikoita:

- BAT 5a. Vaarojen ja riskitekijöiden tunnistaminen
- BAT 5b. Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi.

BAT 5 – yleiskuvaus

BAT 5 -päätelmä käsittelee ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointia ja sisältää myös fyysikaalisten vikaantumisten ja häiriötilanteiden tarkastelun. Päätelmässä tulee erityisesti ottaa huomioon kaivannaisjätteiden laatu (BAT 2 ja BAT 3) ja jätealueiden ominaisuudet (BAT 4). BAT 5-päätelmä on jaettu kahteen osaan: a) vaarojen ja riskitekijöiden tunnistaminen ja b) ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi.

Ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin tavoitteena on tunnistaa kaivannaisjätteiden hallinnasta ja kaivannaisjätealueista syntyvät riskit ja vaikutukset koko elinkaaren ajalta ottaen huomioon kaikki haitalliset vaikutukset ympäristöön, erityisesti veteen, ilmaan, maaperään, luonnon monimuotoisuuteen ja maisemaan tai erityiskohteisiin, sekä näistä

vaikutuksista seuraavat riskit terveydelle (ks. kaivannaisjätedirektiivin artikla 1). Seuraava vaihe on määrittää soveliaat keinot (BAT tai muu soveltuva menetelmä) riskien ja vaikutusten hallitsemiseksi.

BAT 5 -päätelmä yhdistää kolme keskenään hieman erilaista arviointiprosessia yhteen arviointiin: ympäristöriskinarviointi, ympäristövaikutusten arvioiminen ja vikaantumiskien arviointi (vikaantumisanalyysi). Arvioinnin viitekehystenä on kaivannaisjätteiden käsittelystä ja jätealueista johtuvien riskien hallinta. Pääpaino on vikaantumisista tai sopimattomista hallintatoimista johtuvista vaikutuksista (MWEI BREF 2018, taulukko 4.5, s.188–189). Arvioinnin avulla voidaan määrittää kaivannaisjätteiden hallinnasta aiheutuvat vaarat ja riskitekijät sekä estää vikaantumiskiejiä ja vähentää mahdollisten haitallisten tapahtumien vaikutuksia.

Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointiprosessissa yhdistetään tietoja projektin suunnittelusta, kohteen luonnon- ja sosiaalisesta ympäristöstä sekä paikallisyhteisön ja sidosryhmien huolenaiheista. Arvioinnissa käsitellään tyypillisesti:

- ympäristön lähtötilanne (MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappale 2.1.1.1)
- prosessi: esiintymän louhinta ja mineraalivarojen käsittely
- kaivannaisjätteen käsittelyn (ml. kaivannaisjätteen jätealue) sijoittumisvaihtoehdot ja paikan valinta selkeästi dokumentoituine perusteluineen (BAT 4 ja MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappale 2.1.1.3)
- kaivannaisjätteen sijoitusalueen yleissuunnitelma.

Lisäksi arvioinnissa tarkastellaan prosesseja, päästöjä, altistusreittejä (sekä ihmisten että eliöiden) ja vaikutuksia. Sitä käytetään eri vaihtoehtojen ympäristövaikutusten selvittämiseen ja vertailuun.

Yleisesti ottaen ympäristöriskien ja -vaarojen arviointi sisältää seuraavat osat:

- arvioinnin rajaukset ja tarkoitus
- riskinarvioinnin laatijat
- arviointikriteerit
- menetelmät
- potentiaaliset riskien laukaisijat ja vikaantumistavat
- vikaantumisen todennäköisyys
- vikaantumisen seuraukset
- raportointi.

Arviointi tuottaa listan tunnistetuista ja arvioiduista riskeistä, jonka jälkeen tehdään riskien vähentämistoimien suunnittelu, joko vikaantumisen todennäköisyyttä pienentämällä tai

vaikutuksia vähentämällä. Riskien vähentämissuunnitelma sisältää toimenpiteiden aika-
taulut ja vastuut sekä hätätilannesuunnitelman, joka on olennainen osa vikaantumisten
vaikutusten vähentämistä. Koska arviointi sisältää riskien lähteiden tunnistamisen lisäksi
sekä vikaantumisten todennäköisyyden että seurausten arvioinnin, se muodostaa perus-
tan riskienhallintastrategioille ja niihin liittyville toimintasuunnitelmille ja menettelyta-
voille (ml. viestintä, varautuminen, haittojen vähentäminen ja pelastus).

BAT 5a Vaarojen ja riskitekijöiden tunnistaminen

Vaarojen ja riskitekijöiden tunnistamisessa toimijan tulee tunnistaa ja listata kohdekohtaiset vaarat ja riskitekijät ottaen huomioon mm. jätteiden käsittelyprosessit kohteessa, prosessikemikaalit ja muut jätteisiin liittyvät materiaalit ja jätteiden käsittely- ja varastointialueet, myös tilapäiset.

Vaarojen ja riskitekijöiden tunnistamiseksi on käytettävissä useita menetelmiä, joita on listattu mm. ISO 31010:2009 -standardissa (Risk management – Risk Assessment Techniques). Käytetyimpiä näistä ovat tarkistuslistat, vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA), poikkeamatarkastelu (HAZOP) tai vikapuuanalyysi (FTA) Menetelmiksi voidaan valita sellaiset, jotka ovat kohteessa muutoinkin käytössä ja joista tekijöillä on kokemusta. ISO 31010:2009 listaa esimerkkejä työkaluista, jotka soveltuvat erityisen hyvin vaarojen ja riskitekijöiden tunnistamiseen:

- aivoriihi
- syy- ja seurausanalyysi
- tarkistuslistat
- seuraus/todennäköisyystaulukointi
- Delphi-menetelmä
- ympäristöriskinarviointi
- vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA)
- vaara-analyysi ja kriittiset hallintakohdat (HACCP)
- poikkeamatarkastelu (HAZOP)
- Inhimillisten tekijöiden analyysi (human reliability analysis; HRA)
- tärkeimpien vaarojen analyysi
- luotettavuuskeskeinen kunnossapito
- skenaarioanalyysi
- ohjattu ”entä jos” -riskianalyysi (SWIFT)
- strukturoidut tai puolistrukturoidut haastattelut.

Tunnistamisessa ja raportoinnissa sovelletaan päästölähde–kulkeutumisreitti–kohde -tarkastelua jokaiselle mahdolliselle vaaralle ja riskitekijälle, ottaen huomioon kaivannaisjätteen sijoitusalueen ominaisuudet ja sijainnin sekä ympäristön ominaisuudet. Tarkastelun tulokset voidaan esittää taulukoituna, kuten taulukossa 3 (MWEI BREF, taulukko 4.4).

Taulukko 3. Esimerkkejä mahdollisista vaara- ja riskitekijöistä kaivannaisjätteen jätehuollossa sekä niiden mahdolliset päästölähde–kulkeutumisreitti–kohde -yhteydet.

Vaara/riskitekijä	Potentiaalinen lähde	Potentiaalinen reitti	Potentiaalinen kohde
Rakenteellinen vikaantuminen	Kaivannaisjätteen, veden ja patojen liike. Pohjarakenteiden pettäminen	Liikkuminen maan pintaa pitkin tai kulkeutuminen pintavedessä, pohjavedessä tai ilmassa (pöly).	Ihmiset ja luonnon ympäristö (maaympäristö, pohjavesi, pintavesi)
Virheellinen käyttö	Virheellinen suunnittelu, rakennesuunnittelu, rakentaminen, huolto, sulkeminen ja sulkemisen jälkeinen toiminta, joka voi johtaa jätealueen tai jätteen fyysikaaliseen tai kemialliseen epävakauteen.	Ilma, maaperä, pintavesi, pohjavesi.	Ihmiset, luonnon ympäristö, jätealueen rakenteet.
Vaarallinen kaivannaisjäte	Kaivannaisjäte itsessään (suora altistuminen, pöly), suotovesi.	Ilma, maaperä, pintavesi, pohjavesi.	Ihmiset ja luonnonympäristö, erityisesti pohja- ja pintavesi
Vaaralliset aineet kaivannaisjätteessä	Kaivannaisjätteen vesifaasi.	Maaperä, pintavesi, pohjavesi.	Ihmiset ja luonnon ympäristö, erityisesti pohja- ja pintavesi

BAT 5b Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi

Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi tehdään osana riskienhallintaprosessia. Tarkoituksena on varmistaa, että haitalliset vaikutukset ympäristöön ja ihmisten terveyteen estetään tai niitä pienennetään riittäväillä riskien tai vaikutusten vähentämistoimilla. Riskien arviointi kuuluu osana määrämuotoiseen, läpinäkyvään, päivittyvään ja iteratiiviseen riskienhallintaprosessiin, jossa tunnistetaan tavoitteita uhkaavat tekijät ja analysoidaan riskit ja niiden todennäköisyys ennen kuin päätetään tarvittavista hallintatoimista. Riskien hallinnalle ei ole omaa BAT-päätelmää, mutta se koostuu suurelta osin muiden BAT-päätelmien muodostamasta kokonaisuudesta.

Riskinarviointi pyrkii vastaamaan seuraaviin peruskysymyksiin:

- Mitä saattaa tapahtua ja miksi?
- Millaisia ovat seuraukset?
- Millä todennäköisyydellä näin tapahtuu tulevaisuudessa?
- Onko olemassa tekijöitä, jotka lieventävät seurauksia tai vähentävät tapahtuman todennäköisyyttä?
- Onko riskitaso siedettävä tai hyväksyttävä ja vaatiiko se lisätoimenpiteitä?

Riskien arviointi parantaa ymmärrystä riskeistä, jotka voivat estää tavoitteiden toteutumisen sekä olemassa olevien seuranta- ja hallintatoimien riittävydestä ja tehokkuudesta. Tähän tietoon voidaan perustaa päätökset parhaista keinoista riskien hallitsemiseksi.

Riskien ja vaikutusten arviointiprosessi koostuu kolmesta päävaiheesta: riskien tunnistaminen (BAT 5a), riskien analysointi ja riskien arviointi. Arvioinnissa priorisoidaan ympäristö, ihmisten terveys ja turvallisuus. Analysointivaiheessa riskien suuruus määritellään niiden seurauksien ja todennäköisyyden yhdistelmänä. Riskien arvioinnissa näin saatujen riskien suuruutta puolestaan verrataan riskikriteereihin, jotta voidaan arvioida onko riskin suuruus hyväksyttävissä. On huomioitava, että joissakin tapauksissa hyväksyttävän riskin taso voi olla määritelty yhteisön tai jäsenmaiden lainsäädännössä. Arvioinnin tuloksesta riippuen sovelletaan yhtä tai useampaa yleistä tai riskiperusteista BAT-tekniikkaa minimoimaan tunnistettuja riskejä, mikäli se havaitaan tarpeelliseksi.

Lopuksi arviointiprosessista koostetaan yhteenveto. Siitä tulee käydä ilmi, mitä menettelyjä tulisi sisällyttää projektin suunnitteluun, jotta kaivannaisjätteiden käsittelystä johtuvat haitat ympäristölle, ihmisten terveydelle ja turvallisuudelle voidaan ehkäistä tai minimoida. Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi on tärkeä osa kaivannaisjätteiden hallintaa kaikissa toiminnan elinkaaren vaiheissa ja siinä otetaan huomioon kaikki vaarat ja riskitekijät kulloisellakin kaivannaisjätealueella.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 5a Vaarojen ja riskitekijöiden tunnistaminen

Suunnitteluvaihe

Tunnistetaan vaarat ja riskitekijät mukaan lukien päästölähde-kulkeutumisreitti-kohde-yhteydet sekä fysikaaliset vikamuodot ja -mekanismit ja niiden vaikutukset liittyen eri kaivannaisjätteiden ominaisuuksiin (BAT 2) sekä kaivannaisjätealueisiin ja jätteiden hallintamenetelmiin (BAT 4).

Toimintavaihe

Päivitetään vaarojen ja riskitekijöiden tunnistaminen (BAT 5a), jos kaivannaisjätteiden hallintaan on tehty muutoksia (BAT 1). Työssä hyödynnetään tarkkailu- ja seurantatietoja kaivannaisjätteen laadusta (BAT 3), sijoitusalueen ja sen ympäristön fysikaalisesta vakavuudesta (BAT 23), sekä päästöistä maaperään ja pohjaveteen (BAT 40), pintavesiin (BAT 48) ja ilmaan (BAT 52) sekä muita soveltuvia seurantatietoja.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka sopeutettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan tuotantovaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, sopeutettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 5b Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi

Suunnitteluvaihe

Laaditaan alustava ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi perustuen muun muassa kaivannaisjätteiden ominaisuuksiin (BAT 2) ja jätealueiden ominaisuuksiin ja jätteiden hallintamenetelmiin (BAT 4). Arvioinnissa otetaan huomioon standardit ISO 31000:2009, ISO GUIDE 73:2009 ja IEC/ISO 31010:2009 ja priorisoidaan ympäristöön, ihmisten terveyteen sekä turvallisuuteen liittyvät riskit ja vaikutukset. Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi on jäsenelty, jatkuvasti kehittyvä ja päivitettävä sekä usein iteratiivinen prosessi, joka toimii osana riskien hallintaa. Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointiprosessissa kaikki kaivannaisjätteiden hallintaan ja jätealueisiin liittyvät ympäristöriskit ja -vaikutukset tunnustetaan, analysoidaan ja arvioidaan niiden koko elinkaaren ajalta.

Ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnissa huomioidaan muun muassa kaikki yleiset ja riskiperusteiset BAT-päätelmät, jotta tunnustetaan soveltuvat menetelmät ja tekniikat, joilla voidaan ehkäistä tai vähentää kaivannaisjätteistä ja niiden sijoitusalueista ympäristöön ja ihmisten terveyteen kohdistuvia haitallisia vaikutuksia niin paljon kuin mahdollista.

Toimintavaihe

Tarkastellaan ja päivitetään ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi muuttuneessa tilanteessa, jossa muutos vaikuttaa kaivannaisjätteiden hallintaan (BAT 1) perustuen tarkkailussa saatuihin havaintoihin: kaivannaisjätteen laadusta (BAT 3), sijoitusalueen ja sen ympäristön fysikaalisesta vakavuudesta (BAT 23), päästöistä maaperään ja pohjaveteen (BAT 40), pintavesiin (BAT 48) ja ilmaan (BAT 52) ja/tai muista merkityksellisistä muuttujista.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka sopeutettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan tuotantovaiheessa kuvattua tekniikan toteuttamista, sopeutettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Sekä vaarojen ja riskitekijöiden tunnistaminen (BAT 5a) että ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi (BAT 5b) ovat yleisesti sovellettavissa. Tarkastelun laajuus ja yksityiskohdeittaisuus sovitetaan kohdekohtaisten olosuhteiden perusteella, huomioiden kaivannaisjätteen jätealueiden tekniset ominaisuudet, sijainti ja paikalliset ympäristöolosuhteet. BAT 5 -päätelmää sovelletaan kaikessa toiminnassa ja kaikkien riskiperusteisten BAT-päätelmien soveltuminen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta. BAT 5 -päätelmä tulee huomioida osana toiminnan suunnittelua, toimintavaihetta sekä sulkemista ja jälkihoitoa, koska riskinhallintaketjuun sisältyvät myös toimenpiteet riskien ja haittojen vähentämiseksi.

Vaarojen ja riskitekijöiden tunnistamisen tulokset esitetään yleensä päästölähde–kulkeutumisreitti–kohde -ketjun mukaisena taulukkona. Samoin riskienhallinnan tavoitteet ja niihin liittyvät riskit voidaan esittää taulukoituina. Tästä on esimerkkinä Taulukko 4, joka on esitetty MWEI BREF -vertailuasiakirjan taulukossa 4.5.

Taulukko 4. Esimerkkejä riskikohtaisista tavoitteista ja mahdollisista vaaroista ja riskitekijöistä.

Riskikohtainen tavoite		Mahdollinen vaara- ja riskitekijä	
Yleinen luokka	Tarkennettu luokka	Yleinen luokka	Mahdollisia vaaroja ja riskitekijöitä johtuen epäsovivasta...
Turvallisuus	Kaivannaisjätteen sijoitusalueen rakenteellinen vakavuus	Lyhyen aikavälin ja pitkän aikavälin fysikaalinen epävakaus	... sulkemisen huomioimisesta suunnittelussa
			... johtamisjärjestelmien käytöstä
			... pohjatutkimuksista
			... patomateriaalien valinnasta
			... padon/vallin rakennusmenetelmistä
			... kasan rakennusmenetelmistä
			... vesitasetarkastelusta
			... mitoitustulvasta
			... vapaan veden hallinnasta
			... kuivatusjärjestelmistä
			... jätealueen geoteknisistä analyysistä
			... jätealueen fysikaalisen vakavuuden monitoroinnista
			... jätteen sijoittamisesta louhostiloihin
... rakoilun ja seismiikan monitoroinnista maanalaisissa jätealueissa			
Kaivannaisjätteiden fysikaalinen ja kemiallinen vakaus	Kaivannaisjätteen fysikaalinen epävakaus	... kiintoaines/neste suhteen hallinnasta	
		... jätteen stabiloinnista kaivostäyttöä varten	
		... kaivannaisjätteen kokoonpuristumisesta, konsolidoitumisesta ja laskeutumisesta	
		... haitta-aineiden liukenemisen	
Kaivannaisjätteen kemiallinen epävakaus	Kaivannaisjätteen kemiallinen epävakaus	... happaman valuman (ARD) estämisestä tai minimoimisesta	
		... itsesyttymisen estämisestä tai minimoimisesta	
		... syanidipitoisuuden vähentämisestä altaissa	
Vaarallisia aineita sisältävä kaivannaisjäte	Vaarallisia aineita sisältävä kaivannaisjäte	... hiilivetyypitoisuuksien vähentämisestä porasoijassa ja muissa jätteissä	

Vesien tilan huononemisen sekä ilman pilaantumisen estäminen tai minimointi	Pohjavesien tilan huononemisen sekä maaperän pilaantumisen estäminen tai minimointi	Päästöt maaperään ja pohjaveteen	...pohjarakenteesta
			...vesivirtojen hallinnasta
			...peittämisestä
			...pohjaveden ja pilaantuneen maan kunnostamisesta
	Pintavesien tilan huononemisen estäminen tai minimointi	Kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien muodostuminen	...kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien synnyn estämisestä tai minimoinnista
			Päästöt pintavedeen
Ilman pilaantumisen estäminen tai minimointi	Päästöt ilmaan	...kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien kuivutuksesta	
		...kiintoaineksen tai suspendoituneiden nestehiukkasten poistosta	
		...liuennneiden aineiden poistosta	
		...neutralisoinnista ennen johtamista vesistöön	
Muut	Muiden terveydelle, kasvillisuudelle ja eläimille haitallisten vaikutusten estäminen tai minimointi	...pintavesipäästöjen monitoroinnista	
		...pölyämisen estämisestä tai minimoinnista kaivannaisjätteiden pinnoilta	
		...pölyämisen estämisestä tai minimoinnista kaivannaisjätteiden käsittelyssä ja kuljetuksessa	
		...VOC ja muiden ilmapäästöjen estämisestä tai minimoinnista porasoijasta ja muista jätteistä öljyn ja kaasun etsinnän ja tuotannon yhteydessä	
		...ilmapäästöjen monitoroinnista	
Melupäästöt	...kaivannaisjätteiden hallinnasta johtuvien melupäästöjen estämisestä tai minimoinnista		
	Hajupäästöt		
	...kaivannaisjätteiden hallinnasta johtuvien hajupäästöjen estämisestä tai minimoinnista		
	Visuaaliset/aluejälänjälkivaikutukset		
	...kaivannaisjätteiden hallinnasta johtuvien visuaalisten ja aluejälänjälkivaikutusten estämisestä tai minimoinnista		
Tehoton raaka-aineiden hyödyntäminen			
...raaka-aineiden kulutuksen minimointi kaivannaisjätteiden hallinnassa			
Luonnon radioaktiiviset aineet (NORM = Naturally occurring radioactive material)			
...NORM sisältävien kaivannaisjätteiden hallinnan aiheuttamien vaikutusten estämisestä tai minimoimisesta			

Mikäli kohde YVA-lain ja direktiivien 2011/92/EU ja 2014/52/EU, tiettyjen julkisten ja yksityisten hankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnista, mukaisesti edellyttää ympäristövaikutusten arvioinnin laatimista, niin ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi voidaan tehdä YVA-prosessin yhteydessä. Myös kaivannaisjätteen jätealueen luokittelu A-luokan jätealueeksi eli suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi perustuu riskinarviointiin (ks. kaivannaisjätedirektiivin liite III, komission päätös 2009/337/EC ja valtioneuvoston asetuksen kaivannaisjätteistä liite 2). Riskien arviointi on myös tarkoituksenmukaista yhdistää kohteessa muutoinkin sovellettavaan riskinhallintaprosessiin.

Kaivannaisjätedirektiivin artikla 20 edellyttää suljettujen kaivannaisjätteen jätealueiden riskiperusteista valintamenettelyä, jollaista ovat esittäneet Stanley ja muut (2011). Sitä voidaan käyttää vertailukohtana toiminnassa olevien kaivannaisjätteiden jätealueiden riskitarkastelulle, vaikka se onkin tarkoitettu suljetuille tai hylätyille alueille. Myös kansallisia suljettujen kaivannaisjätealueiden riskikartoituksia voi hyödyntää (Räisänen et al. 2013). Kaivosten ympäristöriskinarviointia yleensä on kehitetty MINERA-hankkeessa (Kauppila et al. 2013).

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.1.2.3 ja 5.2.2.3. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- Kaivannaisjätedirektiivi (2006). Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/21/EY, annettu 15 päivänä maaliskuuta 2006, kaivannaisteollisuuden jätehuollosta ja direktiivin 2004/35/EY muuttamisesta. <https://eur-lex.europa.eu/>
- Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.) 2013. Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 199, 223 s.
- Komission päätös 2009/337/EC, tehty 20 päivänä huhtikuuta 2009, jätealueiden luokitteluperusteiden määrittämisestä kaivannaisteollisuuden jätehuollosta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2006/21/EY liitteen III mukaisesti. <https://eur-lex.europa.eu/>
- Räisänen, M.L., Tornivaara, A., Haavisto, T., Niskala, K. & Silvola, M. 2013. Suljettujen ja hylättyjen kaivosten kaivannaisjätealueiden kartoitus. Ympäristöministeriön raportteja 24/2013, 45 s.
- Stanley, G., Gyozo, J. & Hamor, T. with support of Sponar, M. 2011. Guidance document for a risk-based pre-selection protocol for the inventory of closed waste facilities as required by article 20 of directive 2006/21/EC. Final. February 2011. Inventory of closed waste facilities ad-hoc group a sub-committee of the technical adaptation committee for directive 2006/21/EC.
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013). www.finlex.fi/

5 Jätehierarkia

5.1 BAT-päätelmä 6 – Kiinteän kaivannaisjätteen muodostumisen ehkäiseminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kiinteiden kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäisemiseksi on käyttää seuraavia tekniikoita:

- BAT 6a. Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien esilajittelu ja valikoiva käsittely
- BAT 6b. Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien sijoittaminen kaivostäyttöön
- BAT 6c. Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien käyttö joko kaivosalueella tai sen ulkopuolella.

BAT 6 – yleiskuvaus

BAT 6 -päätelmässä on kuvattu kiinteiden kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäisemiseksi käytettäviä tekniikoita. Parasta ympäristökelpoista tekniikkaa on käyttää näitä menetelmiä tai niiden yhdistelmiä vähentämään jätteiden muodostumista niin paljon kuin mahdollista. Läjitetävän jätteen määrän vähentäminen vähentää myös kaivannaisjätteiden maisema- ja jalanjälkivaikutusta. Samalla voidaan lisätä louhittavien materiaalien tehokasta käyttöä, säästää neitseellisiä luonnonvaroja ja alentaa kaivannaisjätteiden hallinnan kustannuksia toiminnan elinkaaren eri vaiheissa. BAT-päätelmässä kuvatut tekniikat toteuttavat jätehierarkian sekä ympäristölainsäädännön perusperiaatteita jätteiden synnyn ehkäisemisestä, uudelleenkäytöstä, kierrätyksestä sekä jätteiden synnyn vähentämisestä.

BAT-päätelmässä kuvatut tekniikat soveltuvat erityisesti heterogeenisille kaivannaismateriaaleille. Tekniikoiden soveltuvuus kohteeseen kiinteän kaivannaisjätteen muodostumisen ehkäisemiseksi tulee ottaa huomioon toiminnan suunnitteluvaiheessa ja hyödyntää soveltuvia menetelmiä toimintavaiheessa.

BAT 6a Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien esilajittelu ja valikoiva käsittely

Tekniikassa erotetaan kaivannaismateriaalista erilleen ne jakeet, jotka täyttävät sivutuotteiden tai tuotteiden laatuvaatimukset. Jakeita voidaan erottaa toisistaan esimerkiksi optisesti tai erilaisilla fysikaalisilla tai mekaanisilla tekniikoilla (esim. hydrosyklonit, seulat). Lajittelun pohjalta sivutuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien hyötykäyttöä voidaan lisätä rakennusmateriaaleina joko kaivosalueella tai sen ulkopuolella, kaivoksen jälkihoitossa tai kaivostäyttönä.

BAT 6b Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien sijoittaminen kaivostäyttöön

Tekniikassa sijoitetaan sivutuotteiden tai tuotteiden laatukriteerit täyttäviä kaivannaismateriaaleja louhostiloihin joko sellaisenaan tai yhdistettynä veteen tai sementtipohjaisiin sidosaineisiin louhosten rakenteellisen vakavuuden lisäämiseksi tai palvelemaan kaivosalueen jälkihoitoa. Menetelmän etuina ovat esimerkiksi materiaalien liikuttelun ja muualta tuotavien raaka-aineiden tarpeen vähentäminen, louhostilojen tukeminen, väliaikaisen varastoinnin vähentäminen sekä kaivannaisjätteiden maisemavaikutusten ja jalanjäljen pienentäminen.

BAT 6c Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien käyttö joko kaivosalueella tai sen ulkopuolella

Kaivosalueella mahdollisia kaivannaismateriaalien käyttökohteita ovat esim. maarakentaminen (mm. padot, kulkuväylät, rampit, tuvallisuusesteet), kaivosalueen jälkihoito (mm. kaivannaisjätteen jätealueiden peittorakenteet), kaivostäyttö, happamien valumavesien muodostumisen hallinta (emäksiset materiaalit) sekä mineraaliprosessointi. Kaivosalueen ulkopuolelle hyötykäyttökriteerit täyttäviä kaivannaismateriaaleja voidaan myydä joko rakentamiseen, raaka-aineeksi erilaisiin sovelluksiin tai maatalouden tarpeisiin. Rakentamisessa mahdollisia kohteita ovat maa-, infra- ja vesirakentaminen (mm. padot, meluvallit, maanparannus, maisemointi). Raaka-aineena kaivannaismateriaalit voivat soveltua esim. sementin tai tiilien valmistukseen, keraamiteollisuuteen, väriaineeksi tai rautaoksidin tai arvometallien lähteeksi. Maataloudessa voidaan hyödyntää mm. kalsiittia tai silttiä maanparannusaineena.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Kaikki kolme tekniikkaa huomioidaan kohteessa jo sen suunnitteluvaiheessa ja toteutetaan toiminnan aikana.

BAT 6a Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien esilajittelu ja valikoiva käsittely

Tekniikka soveltuu erityisesti heterogeenisille kaivannaismateriaaleille.

Suunnitteluvaihe

Toimintasuunnitelmaan sisällytetään sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien esilajittelu ja valikoiva käsittely. Ne voivat sisältää kiinteiden kaivannaismateriaalien erottamisen selektiivisesti joko esimerkiksi visuaalistaen, fysikaalisten tai kemiallisten ominaisuuksien pohjalta.

Toimintavaihe

Kaivannaismateriaalit esilajitellaan ja käsitellään valikoivasti suunnitelman mukaisesti.

BAT 6b Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien sijoittaminen kaivostäyttöön

Suunnitteluvaihe

Toimintasuunnitelmaan sisällytetään sivutuotteiden tai tuotteiden laatuksittavat täyttävien kaivannaismateriaalien sijoittaminen tyhjiin louhostiloihin joko sellaisenaan tai yhdistettynä veteen tai sementtipohjaisiin sidosaineisiin louhosten rakenteellisen vakavuuden lisäämiseksi tai osana kaivosalueen jälkihoitoa. Toiminta on yhtenäinen osa louhintaa. Täytettävät louhostilat käsittävät sekä avolouhoksen että maanalaisen louhoksen.

Toimintavaihe

Kaivannaismateriaaleja sijoitetaan avolouhoksiin tai maanalaisiin louhostiloihin suunnitellusti.

Sulkemisvaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka sopeutettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin.

BAT 6c Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien käyttö joko kaivosalueella tai sen ulkopuolella

Suunnitteluvaihe

Toimintasuunnitelmaan sisällytetään sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien käyttäminen joko kaivosalueella tai sen ulkopuolella.

Toimintavaihe

Hyötykäyttökriteerit täyttäviä kaivannaismateriaaleja käytetään sivutuotteina tai tuotteina joko kaivosalueella tai sen ulkopuolella suunnitelman mukaisesti.

Sulkemisvaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka sopeutettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Kaikki BAT 6 -päätelmässä kuvatut tekniikat ovat yleisesti hyödynnettävissä eri kaivannaismateriaaleille edellyttäen, että ne ovat teknisesti toteuttamiskelpoisia, taloudellisesti kannattavia ja ympäristön kannalta turvallisia.

Esimerkkikohteita Suomessa

Esimerkiksi Agnico Eagle Finland Oy:n Kittilän kaivoksessa sekä Pyhäsalmi Mine Oy:n Pyhäsalmen kaivoksessa sivukiviä sekä vaahdotuksen rikastushiekkaa käytetään maanalaisen kaivoksen kaivostäytössä, jotta voidaan toisaalta vähentää maan päälle läjitettävien kaivannaisjätteiden määriä ja toisaalta lujittaa maanalaisen kaivoksen rakennetta. Pyhäsalmissa rikastushiekka sekoitetaan masuunikuonaan ja kalkkiin, jotta saadaan tehtyä kiinteä kaivostäyttömateriaali.

Outokumpu Chrome Oy:n Kemin kaivoksella käytetään maanalaisen kaivoksen sivukiviä suoraan kaivostäytössä. Sivukivet varastoidaan tarvittaessa maanlaisessa kaivoksessa, jos niitä ei voida sijoittaa suoraan kaivostäyttöön.

Lähteet ja lisätieto

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.1.3.1 ja 5.2.3.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

5.2 BAT-päätelmä 7 – Ei-pysyvän kaivannaisjätteen ja vaarallisen kaivannaisjätteen määrän muodostumisen vähentäminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa ei-pysyvän ja vaarallisten kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäisemiseksi on käyttää seuraavia tekniikoita:

- BAT 7a. Malminetsinnässä muodostuvien kaivannaisjätteiden hallinta
- BAT 7b. Kaivannaisjätteiden lajittelu ja valikoiva käsittely.

BAT 7 – yleiskuvaus

BAT 7 -päätelmässä on kuvattu tekniikoita ei-pysyvän kaivannaisjätteen ja vaarallisen kaivannaisjätteen määrän muodostumisen vähentämiseksi malminetsintävaiheessa ja varsinaisen toiminnan aikana. BAT-tekniikkaa on käyttää näitä menetelmiä vähentämään ei-pysyvän kaivannaisjätteen ja vaarallisen kaivannaisjätteen muodostumista. BAT 7 -päätelmä tukee jätteiden hallinnan yleisiä tavoitteita jätteiden muodostumisen ehkäisemiseksi, hyötykäytön ja kierrätyksen lisäämiseksi sekä jätemäärien vähentämiseksi. Se pohjautuu kaivannaisjättedirektiivin (2006/21/EY) tavoitteeseen ehkäistä jätteen muodostumista sekä kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) liitteen 1 määritelmään pysyvän jätteen luokittelusta (ks. myös Komission päätös 2009/359/EY). Päätelmässä kuvattu tekniikka lisää materiaalien ekotehokasta käyttöä ja vähentää jätteiden hallinnan kokonaiskustannuksia. Vastaavasti se voi vähentää myös malmin prosessoinnin kustannuksia, kun prosessoinnin tehokkuutta voidaan lisätä keskittämällä prosessointi vain oleellisiin materiaaleihin ja vähentää siten myös rikastuskemikaalien ja energian käyttöä rikastusprosessissa. Kaivannaisjätteiden määrää vähentämällä voidaan myös lisätä kaivannaisjätteen jätealueiden käyttöikä.

BAT 7b Kaivannaisjätteiden lajittelu ja valikoiva käsittely

Lajittelun ja valikoivan käsittelyn tavoitteena on vähentää ei-pysyvän kaivannaisjätteen ja vaarallisen kaivannaisjätteen muodostumista erottamalla toisistaan vaarallinen kaivannaisjäte, ei-pysyvä ja ei-vaarallinen (nk. tavanomainen) kaivannaisjäte sekä pysyvä kaivannaisjäte joko visuaalisesti, fysikaalisesti tai kemiallisesti (vrt. BAT 6).

Lajittelulla ja valikoivalla käsittelyllä voidaan vähentää kaivannaisjätteiden muodostumisen ohella niiden haitallisuutta ja edistää siten kaivannaisjätteiden hyödyntämistä joko kaivosalueen sisällä tai sen ulkopuolella. Lisäksi tekniikalla on mahdollista lisätä kaivannaisjätteiden kemiallista stabiilisuutta ja pienentää niiden ympäristövaikutuksia vähentämällä happamien valumavesien muodostumista. Jätteiden muodostumista vähentämällä voidaan myös pienentää kaivannaisjätteiden läjityksen maisemallisia ja jalanjälkivaikutuksia. Lajittelu ja valikoiva käsittely lisäävät jätteiden hallinnan kustannuksia toiminnan aikana esim. lisääntyneen energian ja veden kulutuksen myötä, mutta ne voivat myös vähentää alueen kunnostamisen kustannuksia toiminnan päättymisvaiheessa.

Tyypillinen esimerkki erityyppisten kaivannaisjätteiden erottamisesta toisistaan on metallimalmituotannossa muodostuvien potentiaalisesti happoa tuottavien (PAG) ja happoa tuottamattomien (NAG) kaivannaisjätteiden erottelu. Lajittelua varten esimerkiksi sivukivet luokitellaan alustavasti jo kairanäytteiden perusteella, jonka jälkeen luokittelua tarkennetaan kairaus- tai muiden geologisten näytteiden sekä geologisen datan ja mallien pohjalta. Luokittelu käsittää jätemateriaalien neutralointipotentiaalin (NP) ja hapontuottopotentiaalin (AP) sekä niistä laskettavan neutralointipotentiaalisuhteen (NP/AP). Luokittelun perusteella geologinen malli päivitetään ja sivukivet jaotellaan kahteen luokkaan: potentiaalisesti

happoa tuottavat ja happoa tuottamattomat kaivannaisjätteet. Luokittelussa tulee huomioida, että jos jättemateriaalilla on rajallinen neutralointikapasiteetti, niin hyvin pienikin määrä sulfidirikkiä voi aiheuttaa happamien valumavesien muodostumista (Price 2009). Menettely edellyttää systemaattista kaivannaisjätteiden hallintaprosessia, jotta kivien alku-perä voidaan jäljittää. Luokittelun pohjalta NAG-jäte voidaan sijoittaa esimerkiksi sivukivikasan pintakerrokseen, jotta voidaan vähentää happamuuden muodostumista kasasta.

NAG- ja PAG -jätteen luokittelussa käytetään raja-arvona komission päätöksessä 2009/359/EY pysyvälle kaivannaisjätteelle määriteltyä raja-arvoa, joka on 0,1 % sulfidiselle rikille tai maksimissaan 1 % sulfidiselle rikille, kun NP/A -suhde on suurempi kuin 3. Kaivannaisjätteiden karakterisointia käsittelevän standardin CEN/TR 16376 mukaan kaivannaisjäte luokiteltaisiin PAG-jätteeksi, kun NP/AP > 3 (CEN 2012).

NAG- ja PAG -jätteen erottamiseksi toisistaan voidaan raja-arvona käyttää myös nettoneutralisointipotentialia (NNP = NP-AP). Tämän pohjalta kaivannaisjäte luokitellaan NAG-jätteeksi, jos NNP > 20 kg CaCO₃ eq/t jätettä ja PAG-jätteeksi, jos NNP < 20 kg CaCO₃ eq/t jätettä. Näiden luokkien väliin jäävä jättemateriaali edellyttää lisätutkimuksia happamien valumavesien muodostumisriskin arvioimiseksi ja jättemateriaalin luokittelemiseksi.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Molemmat tekniikat huomioidaan jo toiminnan suunnitteluvaiheessa. Lajittelua ja valikoivaa käsittelyä toteutetaan toiminnan aikana ei-pysyvän kaivannaisjätteen ja vaarallisen kaivannaisjätteen vähentämiseksi.

BAT 7a Malminetsinnässä muodostuvien kaivannaisjätteiden hallinta

Tekniikka soveltuu malminetsinnässä muodostuville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Malminetsinnässä muodostuville kaivannaisjätteille suunnitellaan riittävät hallinta- ja varastointitoimenpiteet malminetsintäalueelle tai jätteet toimitetaan alueelta pois sopivalla tavalla käsiteltäväksi tai läjitettäväksi.

BAT 7b Kaivannaisjätteiden lajittelu ja valikoiva käsittely

Tekniikka soveltuu erityisesti heterogeenisille kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Kaivannaisjätteiden lajittelemiseksi kaivannaisjätteiden hallintasuunnitelmaan sisällytetään soveltuva erottelumenetelmä, jolla voidaan erottaa toisistaan vaarallinen kaivannaisjäte, ei-pysyvä ja ei-vaarallinen (nk. tavanomainen) kaivannaisjäte sekä pysyvä kaivannaisjäte.

Toimintavaihe

Toiminnan aikana kaivannaisjätteiden lajittelu ja valikoiva käsittely toteutetaan valitulla tekniikalla.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 7a -päätelmää sovelletaan malminetsinnässä muodostuville kaivannaisjätteille riippuen jätteen laadusta ja määrästä (vrt. BAT 2) sekä kohdekohtaisista ominaisuuksista. Päätelmä on sovellettavissa malminetsinnässä muodostuville kaivannaisjätteille suunnitteluvaiheen lisäksi myös toiminnan elinkaaren muissa vaiheissa.

Kaivannaisjätteiden lajittelua ja valikoivaa käsittelyä (BAT 7b) sovelletaan heterogeenisille kaivannaisjätteille. Tekniikan soveltuvuus riippuu kaivannaisjätteiden ominaisuuksista (BAT 2).

Esimerkkikohteita Suomessa

Suomessa esimerkiksi Agnico Eagle Finland Oy:n Kittilän kaivoksessa sivukivet lajitellaan niiden rikkipitoisuuden perusteella ei-happoa tuottaviin (NAG) ja potentiaalisesti happoa tuottaviin (PAG). Lajittelussa käytetään kriteerinä rikkipitoisuutta ja neutralointipotentiaalisuhdetta (AP/NP). Kaivoksella sivukivet luokitellaan alustavasti jo kairasydännäytteistä malminetsinnässä. Louhintavaiheessa luokittelua tarkennetaan ja päivitetään kairasydännäytteiden ja muiden geologisten näytteiden analyysitulosten (ml. NP/AP-suhde) sekä kairastuloksista tehdyn mallinnuksen perusteella.

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.1.3.2 ja 5.2.3.2. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- CEN 2012. CEN/TR 16376:en. Characterization of waste. Overall guidance document for characterization of waste from the extractive industries. CEN/TC 292-committee Characterization of waste. European committee for standardization.
- Komission päätös 2009/359/EY, tehty 30 päivänä huhtikuuta 2009, pysyvän jätteen määritelmän täydentämisestä kaivannaisjätteiden jätehuollosta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2006/21/EY 22 artiklan 1 kohdan f alakohdan täytäntöönpanemiseksi. <https://eur-lex.europa.eu/>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/21/EY, annettu 15 päivänä maaliskuuta 2006, kaivannais-teollisuuden jätehuollosta ja direktiivin 2004/35/EY muuttamisesta. <https://eur-lex.europa.eu/>
- Price, W.A. 2009. Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials. MEND Report 1.20.1.
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013) www.finlex.fi/

5.3 BAT-päätelmä 10 – Kaivannaisjätteen hyötykäyttö

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kiinteän kaivannaisjätteen uudelleen käyttämiseksi tai kierrättämiseksi on käyttää seuraavaa tekniikkaa:

- BAT 10. Kaivannaisjätteen uudelleen käsittely.

BAT 10 – yleiskuvaus

BAT 10 -päätelmässä kuvattu tekniikka ”jätteen uudelleen käsittely” koskee kaivannaisjätteistä hyödyntämiskelpoisten aineiden talteenottamista jätettä uudelleen käsittelemällä. Keskeisenä kriteerinä uudelleen käsittelylle on sen taloudellinen kannattavuus. Jäte voi olla raaka-ainetta, jos käytettävissä on jätteessä olevien hyödyntämiskelpoisten aineiden talteenottamiseen soveltuva käsittelytekniikka ja uudelleen käsittely on taloudellisesti kannattavaa. Tällöin voidaan edetä jätteen uudelleen käsittelyn suunnitteluun ja toteuttamiseen.

Kaivannaisjätteen uudelleen käsittelyä voidaan joissain tapauksissa pitää mahdollisuutena kunnostaa ja jälkihoitaa vanha kaivannaisjätteiden jätealue.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Tekniikka on merkityksellinen kiinteille kaivannaisjätteille, jotka sisältävät arvoaineita, jotka voidaan uudelleen käyttää tai kierrättää.

Kaivannaisjätettä uudelleen käsitellään hyödyntämiskelpoisten aineiden talteenottamiseksi.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 10 -päätelmässä kuvattu tekniikka soveltuu kiinteille kaivannaisjätteille, jotka sisältävät hyödynnettävissä ja kierrätettävissä olevia aineksia. Tekniikan käytettävyyden edellytyksenä on, että hyödynnettävissä olevien aineiden talteenottaminen on teknisesti toteuttamiskelpoista, taloudellisesti kannattavaa ja ympäristön kannalta turvallista. Sovellettavuus riippuu kaivannaisjätteiden määrästä ja laadusta (BAT 2).

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.1.3.3.3 ja 5.2.3.4. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

6 Kaivannaisjätteen sijoitusalueen rakenteellinen vakavuus

6.1 BAT-päätelmä 11 – Toiminnan suunnittelu sulkemisen huomioiden -lähestymistapa suunnittelusta läpi kaivoksen elinkaaren

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen rakenteellisen vakavuuden varmistamiseksi on käyttää seuraavaa tekniikkaa:

- BAT 11. Toiminnan suunnittelu sulkemisen huomioiden.

BAT 11 – yleiskuvaus

BAT 11 -päätelmä koskee sulkemis- ja jälkihoitoratkaisujen huomioimista kaivannaisjätteen sijoitusalueiden hallinnassa niiden suunnittelusta ja kaivostoiminnan kannattavuuslaskentavaiheesta alkaen läpi koko toiminnan elinkaaren (design for closure). Parasta ympäristökelpoista tekniikkaa on, että kaivannaisjätteen sijoitusalueiden rakenteen suunnittelussa tähdätään sulkemisen haasteiden ennakointiin siten, että ympäristönsuojelurakenne toimii myös jälkihoitovaiheessa. Tällöin voidaan minimoida kaivannaisjätteen sijoitusalueen sulkemis- ja jälkihoitokustannukset sekä ympäristövaikutukset. Tekniikassa keskeisenä tavoitteena on, että läjitysalueen sulkemiseen liittyviä suunnitelmia päivitetään jatkuvasti kaivoksen elinkaaren aikana sitä mukaa kuin uutta tietoa on saatavilla. BAT-tekniikalla voidaan varmistaa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden pitkäaikainen rakenteellinen vakavuus ja ympäristöturvallisuus sekä parantaa kokonaisuudessaan sijoitusalueiden ympäristövaikutusten hallintaa. Tekniikka huomioi sekä lyhyt- ja pitkäaikaiset että kumulatiiviset vaikutukset ja vähentää resurssien käyttöä.

BAT 11-päätelmässä kuvatulla tekniikalla kaivannaisjätteen sijoitusalueiden sulkemista on tavoitteena toteuttaa vaiheittain kaivostoiminnan aikana pohjautuen rakenteen

toimivuutta kuvaaviin tarkkailutuloksiin. Päätelmässä kuvattu tekniikka on osa riskien hallintaa ja huomioi patojen rakenteisiin liittyvät pitkäaikaiset sortumariskit ja kumulatiiviset vaikutukset, jotka johtuvat toistuvista ääri-ilmiöistä tai vaiheittain etenevistä prosesseista, kuten sisäisestä eroosiosta. Tekniikalla voidaan vähentää kaivannaisjätteen sijoitusalueiden rakenteiden sortumiseen liittyviä kunnostuskustannuksia, jotka voivat olla huomattavia. Tekniikka toteuttaa mm. kaivannaisjätedirektiivin artiklojen 12 ja 14 ja kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) pykälien 3, 4, 7 ja 14 lainsäädännöllisiä ja ympäristöllisiä tavoitteita sekä vähentää jätteiden hallinnan kustannuksia koko toiminnan elinkaaren aikana.

BAT-päätelmän tekniikassa lähtökohtana on, että toiminnan alussa laaditaan alustavat kaivannaisjätteen sijoitusalueen sulkemis- ja jälkihoitosuunnitelmat, joita tarkastetaan ja päivitetään elinkaaren aikana säännöllisesti. Lähestymistavan käyttö osoittaa, että toiminnanharjoittaja on sitoutunut ottamaan tarkoituksenmukaisesti käyttöön käytettävissä olevat BAT- ja seurantatekniikat toiminnan elinkaaren eri vaiheissa. Lähestymistavasta käytetään myös nimitystä elinkaarihallinta (*life cycle management*).

BAT-päätelmän tavoitteena on mukauttaa ja parantaa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden hallintaa koko elinkaaren ajan mm. ympäristö- ja teknisten seurantatulosten pohjalta siten, että kaivannaisjätteen sijoitusalue voidaan sulkea hallitusti. Hallittu sulkeminen tarkoittaa, että kaivannaisjätteen sijoitusalue on toiminnan päätyttyä sekä teknisesti että ympäristölle turvallinen. Siinä huomioidaan esim. seuraavat asiat:

- Kaivannaisjätteiden hallintaa muokataan jatkuvasti mm. seuraavien muuttujien pohjalta:
 - kaivannaisjätteen sijoitusalueilta suotautuvien tai ulosjohdettavien vesien laatu ja virtaamat
 - havaitut vaikutukset ympäröivien pinta- ja pohjavesien laatuun sekä ilman laatuun ja luonnon monimuotoisuuteen
 - kaivannaisjätteen sijoitusalueen turvallisuutta mittaavat tekijät.
- Suurien altaiden rakentaminen ja toiminta voi olla yhtäaikaista; patoja voidaan rakentaa monissa eri toiminnan vaiheissa.
- Osalla kaivannaisjätteen jätealueesta voidaan sulkeminen tehdä vaiheittain niin, että sulkemistoimenpiteitä käynnistetään ja toteutetaan jo toiminnan aikana, vaikka kaivannaisjätteiden läjittäminen olisikin samanaikaisesti käynnissä toisessa osassa (esim. lohossa) jätealuetta.
- Vesienhallinta on kiinteä osa koko kaivostoiminnan elinkaaren aikaista mineraalivarantojen hyödyntämistä sekä kaivannaisjätteiden hallintaa.

BAT-päätelmän tekniikka edesauttaa varmistamaan, että kaivannaisjätteiden sijoittaminen on turvallista sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä huomioimalla jo suunnitteluvaiheessa

kaivannaisjätteen sijoitusalueiden toiminnan aikaisen ja sulkemisen jälkeisen hallinnan. Tämän lisäksi tulee myös valita rakenne, joka

- edellyttää mahdollisimman vähän suljetun kaivannaisjätteen sijoitusalueen seuranta tai hallintaa
- estää tai minimoi negatiiviset pitkäaikaisvaikutukset, esim. haitta-aineiden kulkeutumisen kaivannaisjätteen sijoitusalueelta suotoveden tai tuulen mukana
- varmistaa maapinnan yläpuolelle kohoavien patojen tai kiinteän jätteen sijoitusalueiden geoteknisen vakavuuden pitkällä aikavälillä.

Pitkä aikaväli voi tarkoittaa suurilla kaivannaisjätteen sijoitusalueilla jopa 1 000 vuotta tai pidempää ajanjaksoa (esim. UNECE 2014). Lisäksi tulee huomioida myös sulkemiskokoon elinkaari, joka määrittää äärimmäisen tulvan tai maanjäristyksen todennäköisyyden ylittymisenä.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 11 -tekniikassa on keskeistä, että kaivannaisjätteiden sijoittamisen suunnittelussa tähdätään kaivannaisjätteen sijoitusalueiden sulkemiseen heti alusta asti, ja että hallinnassa huomioidaan erityisesti kaivannaisjätteiden pitkäaikaiskäyttäytyminen ja vakaus pitkällä aikavälillä. Tekniikkaa sovelletaan kaikissa toiminnan elinkaaren vaiheissa heti suunnittelu- vaiheesta alkaen.

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealueille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen sijoitusalueille (pysyvät ja väliaikaiset).

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa laaditaan kaivannaisjätteen sijoitusalueille alustavat sulkemis- ja jälkihoitosuunnitelmat, jotka sisältävät esim. seuraavia asioita:

- alustavat suunnitelmat jätealueiden peittorakenteista (BAT 38)
- alustavat suunnitelmat veden ja tuulen aiheuttaman eroosion estämiseksi (BAT 21 ja BAT 49)
- ehdotettujen ja vaihtoehtoisten sulkemistoimenpiteiden kustannusarvio sisältäen kustannus-hyötyanalyysin
- ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnit (BAT 5),
- erityinen maininta siitä, tehdäänkö sulkeminen vaiheittain toiminnan aikana, tai jos vaiheittainen sulkeminen ei ole mahdollista ja se toteutetaan kokonaan sulkemisvaiheessa; jälkimmäisessä tapauksessa alkuperäisessä sulkemis- tai jälkihoitosuunnitelmassa määritellään, tullaanko käyttämään

- kuiva- vai märkäpeittoa, ja kuvataan myös suunnitellut sulkemisen jälkeiset maastonmuodot ja jätealueen pinnan kunnostus
- kaivannaisjätteen jätealueen rakennesuunnitelman, joka huomioi myös ennenaikaisen sulkemisen
 - pitkäaikaisvakavuuden analyysin (BAT 22)
 - ehdotuksen hallinta- ja seurantatoimista, jotka tullaan toteuttamaan jälkihoitovaiheessa (BAT 3, BAT 23, BAT 40, BAT 48 ja BAT 52).

Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden sulkemis- ja jälkihoitosuunnittelu sisällytetään mahdollisuuksien mukaan osaksi jaksoittain toteutettavaa malmin louhintasuunnitelmaa.

Toimintavaihe

Sulkemis- ja jälkihoitosuunnitelmat tarkastetaan ja päivitetään vastaamaan toteutettuja rakenteita, erityisesti sitä mukaa kuin toteutetaan vaiheittaista sulkemista (vrt. BAT 38a). Päivityksissä huomioidaan mahdolliset muutokset rakenteen toimivuudessa, seuranta-aineiston havainnot sekä käytettävissä olevat uudet tiedot esim. kaivannaisjätealueiden sulkemisesta.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Sulkemis- ja jälkihoitosuunnitelmat päivitetään vastaamaan jo toteutettuja rakenteita sekä suunnitellaan lopulliset sulkemis- ja jälkihoitotoimenpiteet ja laaditaan lopullinen sulke-missuunnitelma.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 11 -päätelmän soveltuminen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5).

Kaivannaisjätedirektiivin ja kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) mukaisesti kaivannaisjät-teiden jätehuoltosuunnitelman tulee sisältää tiedot kaivannaisjätteen jätealueen käytöstä poistamisesta ja jälkihoidosta sekä niihin liittyvästä seurannasta ja tarkkailusta.

Esimerkkikohteita Suomessa

Tarvittavia sulkemistoimenpiteitä, kuten kaivannaisjätealueiden peittorakenteita, on yleisesti huomioitu Suomen kaivoksilla jo toiminnan suunnitteluvaiheessa.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.2, 4.2.1.1.1 ja 5.3.1.1.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

Kaivannaisjätedirektiivi (2006). Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/21/EY, annettu 15 päivänä maaliskuuta 2006, kaivannaisteollisuuden jätehuollosta ja direktiivin 2004/35/EY muuttamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti L 102/5. <https://eur-lex.europa.eu/>
UNECE 2014. Safety guidelines and good practices for tailings management facilities. United Nations Economic Commission for Europe. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2014/TEIA/Publications/1326665_ECE_TMF_Publication.pdf
Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013), www.finlex.fi/

6.2 BAT-päätelmä 12 – Täydentäviä organisaation ja yrityksen johtamisen työkaluja

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen rakenteellisen vakavuuden varmistamiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuva tekniikkaa seuraavista:

- BAT 12a. Laadunvarmistus ja laadunvalvontajärjestelmät
- BAT 12b. Muutosten hallinta
- BAT 12c. OSM-käsikirja
- BAT 12d. Toimenpiteet onnettomuuksien lieventämiseksi sisältäen pelastussuunnitelman.

BAT 12 – yleiskuvaus

BAT 12 -päätelmässä on kuvattu erilaisia täydentäviä organisaation ja yrityksen johtamisen työkaluja.

Laadunvarmistus- ja laadunvalvontajärjestelmät koostuvat tarkasta kirjanpidosta, johon sisältyy kaivannaisjätteen jätehuollon suunnittelua, rakentamista, käyttöä, ylläpitoa ja jätealueen ennallistamista koskevat asiakirjat koko jätehuollon elinkaaren ajalta. Laadunvarmistus ja -valvonta tulee tehdä kaivannaisjätteen jätehuollon yhteydessä, jotta voidaan varmistua siitä, että jätehuollon laatuvaatimukset täyttyvät. Kaivannaisjätteen hallinnan laadunvarmistus ja -valvonta voidaan toteuttaa osana koko toiminnan laadunhallintaa. Johtamisjärjestelmien tapaan laadunvarmistus ja -valvontajärjestelmää tulee sitoutua noudattamaan jo ennen jätehuollon suunnittelua.

Kaikilla kaivannaisjätteen sijoitusalueilla ei voida erottaa rakennus- ja toimintavaihetta toisistaan, koska rakentaminen usein jatkuu tai alkaa uudelleen jätealueen käytön aikana. Esimerkkinä tästä on patojen korottaminen. Jätealueen rakentamisen tulee olla hyvin dokumentoitu ja rakentamisessa tulee noudattaa rakennussuunnitelmia. Jätealueesta tulee laatia rakentamisen toteumakuvat (tarkekuvat), joissa korostetaan tehtyjä muutoksia alkuperäisiin suunnitelmiin nähden.

Muutosten hallinta määrittää ne toimenpiteet, joita tulee noudattaa, kun alkuperäisestä suunnitelmasta poiketaan rakennussuunnitelmien, rakentamisen tai henkilöstön osalta sekä sisältää näiden muutosten järjestelmällisen kirjaamisen. Muutosten hallinta voi olla osa johtamisjärjestelmää ja se voidaan toimeenpanna jo ennen kaivannaisjätteen jätehuollon suunnittelua. Hallintamenetelmiä tulee arvioida ja päivittää kaikissa jätehuollon elinkaaren toimintavaiheissa.

Toiminnan, tarkkailun ja ylläpidon OSM-käsikirja on jatkuvasti päivitettävä asiakirja, joka kokoaa kaiken oleellisen tiedon patoon liittyen. Käsikirja on laajempi kuin patoturvallisuuslain (494/2009) mukainen patoturvallisuuskansio ja se voi sisältää seuraavia aihepiirejä:

- Padon turvallisuudesta vastaavat henkilöt: padolla tulee olla patoturvallisuusvastaava sekä ainakin yksi patoturvallisuusvastaavan sijainen. Toimintaa, valvontaa ja ylläpitoa varten patoturvallisuudesta vastaava käyttää myös muuta organisaation henkilökuntaa, jotka usein ovat samaa henkilökuntaa, jotka vastaavat ympäristönäytteenotosta ja kaivannaisjätteen sijoitusalueen valvonnasta.
- Pelastussuunnitelmat, mukaan lukien suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavan kaivannaisjätteen jätealueelta vaadittu sisäinen pelastussuunnitelma sekä tiedot ulkoisesta pelastussuunnitelmasta siinä määrin kuin se on toiminnanharjoittajan tiedossa. Patoturvallisuuslain ja -oppaan mukaan 1-luokan padoille on laadittava turvallisuussuunnitelma sekä vahingonvaaraselvitys. Patoturvallisuusviranomaisen voi päättää, että vahingonvaaraselvitys on tehtävä myös muusta kuin 1-luokan padosta, jos tämä on tarpeen padon luokittelua tai luokan muuttamistarpeen arviointia varten. Muille padoille on kuvattava turvajärjestelyt.
- Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi: padon luokittelu vahingonvaaraselvityksen mukaisesti.
- Padon suunnittelu ja rakentaminen: pitää sisällään täydellisen kuvauksen ja kaikki asiakirjat padon rakentamisesta, rakennusmateriaaleista, urakoitsijoista, kaikki poikkeamat ja ongelmat rakentamisessa, patoaukosta, läjitetyn jätteen ja varastoidun veden määrästä ja niin edelleen. Asiakirjoista tulee löytyä kaikki tarvittava ajantasainen tieto, jotka liittyvät padon turvallisuuteen.
- Vesienhallintaan liittyvät rakenteet ja vapaan veden hallinta: hydrologia ja dekantointi (BAT 18–BAT 20).
- Padon käyttö: yksityiskohtainen ja ajantasainen ohjeistus, kuinka jätealuetta käytetään niin, että se vastaa suunnitteluarvoja, kaivannaisjätteen ominaisuuksia ja ilmasto-olosuhteita sekä täyttää vaatimukset processivesille. Kaikki työntekijät koulutetaan noudattamaan ohjeistusta.

- Kaivannaisjätteen ominaisuuksien sekä jätealueen fysikaalisen vakavuuden suunnitelmallinen tarkastelu ja varmistaminen (BAT 3 ja BAT 23). Kaivannaisjätteen sijoitusalueen oikeanlainen käyttäminen ja valvonta ovat todennäköisesti tärkeimmät vaatimukset korkean tason patoturvallisuudelle. Padon valvonta tarvitsee oikeanlaisen mittauslaitteiston sekä osaavan henkilökunnan arvioimaan ja tulkitsemaan saatuja tuloksia. Padon säännölliseen seurantaan ja tarkkailuun kuuluvat toiminnanharjoittajan tekemät tarkastuskierrokset, padon valvonta ja määräaikaistarkastukset sekä ulkopuoliset auditoinnit.
- Ympäristön tarkkailusuunnitelma (BAT 40 ja BAT 41).
- Sulkemisen ja jälkihoidon suunnittelu.
- Kaikki kaivannaisjätteen jätealuetta koskevat lupapäätökset.
- Muu turvallisuuteen liittyvä tieto: turvallisuusoppaiden laatimisen jälkeen OSM-käsikirja tulee ottaa käyttöön ja henkilöstöä tulee kouluttaa. Käsikirjan käyttöön ottaminen ja henkilöstön koulutus ovat jatkuvaa ja se yhdistyy vuositarkastukseen, jonka tulokset esitetään henkilökunnalle ja tarvittaessa järjestetään lisää koulutusta.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 12a Laadunvarmistus ja -valvontajärjestelmä

Suunnitteluvaihe

Toteutetaan laadunvarmistus ja -valvontajärjestelmä, jossa kerätään, huomioidaan ja arkistoidaan tiedot, joihin kuuluu kaivannaisjätteiden karakterisointi (BAT 2), kaivannaisjätteen jätealueen sijainnin ja hallinnan vaihtoehdot (BAT 4), ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi (BAT 5) ja kaivannaisjätteen sijoitusalueen suunnittelu (BAT 13–BAT 24).

Toimintavaihe

Otetaan käyttöön laadunvarmistus ja -valvontajärjestelmä, jossa kerätään, huomioidaan ja arkistoidaan tiedot sijoitusalueen rakentamisesta sekä toiminnasta. Rakennusvaiheessa tulee kerätä tiedot kaikista poikkeamista alkuperäisiin suunnitelmiin nähden, kaikki rakennusaikana ja sen jälkeen tehdyt rakenteiden laadunvalvontakokeet sekä rakenteiden toteumakuvat.

Käyttöönoton jälkeen hyödynnetään ja päivitetään OSM-käsikirjaa padoille (BAT 12c), tehdään sisäisiä ja/tai ulkoisia auditointisuunnitelmia ja -raportteja ja/tai tarkastusraportteja sekä yhdenmukaisuus/yhteensopimattomuus raportointeja. Lisäksi kirjataan ylös korjauvat toimenpiteet ja niiden tulokset sekä seurannan ja tarkkailun tulokset.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Otetaan käyttöön laadunvarmistus ja -valvontajärjestelmä, jossa kerätään, huomioidaan ja arkistoidaan tiedot jo toteutuneesta sulkemisesta sekä sulkemissuunnitelman muutoksista korostaen pitkäaikaisia sulkemistavoitteita sisältäen fysikaalisen, kemiallisen ja biologisen vakauden sekä alueen toiminnan jälkeisen maankäyttösuunnitelman. Kirjataan ylös erityiset sulkemisen kysymykset liittyen maan päälle rakennettuihin jätealueisiin ja -altaisiin, joissa on kuiva- tai märkäpeitto sekä vesienkäsittelyaltaisiin.

BAT 12b Muutosten hallinta**Toimintavaihe**

Sitoudutaan noudattamaan muutostenhallintajärjestelmää, joka määrittää toimenpiteet, joita noudatetaan kaikissa muutostilanteissa, jotka koskevat suunnittelua, rakentamista tai henkilöstöä, ja sisältää muutosten järjestelmällisen kirjaamisen. (BAT 1 ja BAT 12a).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 12c OSM-Käsikirja

Tekniikka soveltuu kaikille padotuille jätealaille, joissa vapaata vettä joudutaan hallitsemaan.

Toimintavaihe

Laaditaan jatkuvasti päivitettävä aineisto padon turvallisuudesta, joka kerää yhteen kaiken oleellisen patoihin liittyvän tiedon, ja siihen voi sisältyä:

- padon turvallisuusorganisaatio
- pelastussuunnitelmat, mukaan lukien suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavan kaivannaisjätteen jätealueelta vaadittu sisäinen pelastussuunnitelma sekä tiedot ulkoisesta pelastussuunnitelmasta siinä määrin kuin se on toiminnanharjoittajan tiedossa.
 - ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi
 - padon suunnittelu ja rakentaminen
 - hydrologia ja dekantointijärjestelmät
 - padon käyttö
 - tarkkailusuunnitelma
 - sulkemisen ja jälkihoidon suunnittelu
 - kaikki lupapäätökset.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

OSM-käsikirjaa arvioidaan ja ylläpidetään.

BAT 12d Toimenpiteet onnettomuuksien vähentämiseksi sisältäen pelastussuunnitelman

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen sijoitusalueille (pysyville ja väliaikaisille) sekä louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä.

Toimintavaihe

Toteutetaan suunnitelmallinen menetelmä, johon kootaan kaikki tiedot onnettomuuksista, vahingoista ja niistä aiheutuneista jatkotoimenpiteistä. Se voi sisältää pelastussuunnitelman, kuten sisäisen pelastussuunnitelman, joka vaaditaan erityisesti suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavalle kaivannaisjätteen jätealueelle sekä saatavilla olevat tiedot ulkoisesta pelastussuunnitelmasta, onnettomuuksien ja vahinkojen tutkintaraportit sekä ehdotukset vastaavien onnettomuuksien ja vahinkojen estämiseksi jatkossa. Se voi myös sisältää varoitusjärjestelmiä sekä suunnitelman hallitsemattomien päästöjen varalta, jotka voivat johtua esimerkiksi pato- tai pohjarakenteen pettämisestä. Samalla huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 11).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toimintavaiheessa laadittua dokumentaatiota ylläpidetään ja uudelleen tarkastellaan.

Sovellattavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 12 -päätelmän soveltuminen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5).

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.2.1, 4.2.1.2.2, 4.2.1.2.3 ja 4.2.1.2.4. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

Isomäki, E., Maijala, T., Sulkakoski, M., Regina, T. & Torkkel, M. (toim.) 2012. Patoturvallisuusopas 2012. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 89/2012. Päivitetty 12/2018.

https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Padot_ja_patoturvallisuus/Opas/

6.3 BAT-päätelmä 13 – Pohjatutkimukset

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen rakenteellisen vakavuuden varmistamiseksi on käyttää seuraavaa tekniikkaa:

- BAT 13. Kaivannaisjätteen sijoitusalueen tukevan maapohjan geoteknisten ominaisuuksien selvittäminen.

BAT 13 – yleiskuvaus

BAT 13 -päätelmässä kaivannaisjätteen sijoitusalueen kattavilla pohjatutkimuksilla pyritään ehkäisemään toiminnasta syntyviä riskejä, havainnoimaan vaadittavia turvallisuustoimenpiteitä, ottamaan huomioon lainsäädännölliset ja ympäristölliset vaatimukset sekä tuotteen laatu (standardien käyttö). Tavoitteena on edistää jätepolitiikan periaatteita eli jätteen muodostumisen ehkäisyä, uudelleenhyödyntämisen ja kierrätyksen edistämistä sekä lopulta vähentää muodostuneen kaivannaisjätteen määrää.

Jätealueen maapohjan geoteknisten ja hydrogeologisten ominaisuuksien selvittäminen vähentää riskiä jätealueen toiminnallisesta häiriöstä kuten vuodoista tai sortumista, jotka voisivat aiheuttaa puhdistus- ja kunnostuskustannusten lisäksi haitallisia terveys- tai ympäristövaikutuksia. Kattavan pohjatutkimuksen avulla varmistetaan kaivannaisjätteen sijoitusalueen lyhyt- ja pitkäaikainen rakenteellinen vakavuus. Näin ollen taataan riittävä tieto jätealueen pohjan tukikerroksen geoteknisistä ominaisuuksista, estetään altaalle ja kasoille soveltumattoman perustan valinta sekä ehkäistään ja vähennetään ympäristövaikutuksia.

Suunnitteluvaiheessa tehdään kaivannaisjätteen sijoitusalueen rakentamista edeltävät geotekniset ja hydrogeologiset kohdetutkimukset, joita täydennetään tarkemmilla tutkimuksilla kohdevalinnan jälkeen. Kohdetutkimusten ja laboratoriotestien päätavoitteina on (Kerr & Ulrich 2011):

- huomioida mahdolliset ympäristöuhat, jotka on tunnistettu määrittämissä vaiheissa tai pidemmälle edistyneessä malminetsintävaiheissa
- karakterisoida pohjamateriaali näytteenotoin ja analyysin
- tutkia pohjaveden tila (pohjavesiputkien asennus, kairareiät)
- määrittää kallio- ja maaperän geotekniset ja hydrogeologiset ominaisuudet sekä karakterisoida kvartaarikauden sedimenttikerrokset ja kallioperän topografia
- varmistaa jätealueen rakentamiseen soveltuvan materiaalin saatavuus (padot, penkereet, pohjakerros, ojitus).

Vastaavasti kohdetutkimukseen soveltuvia menetelmiä ovat mm.:

- koekaivannot ja -kuopat sekä tutkimusojat
- kairanreiät, joilla selvitetään mm. maalajit ja niiden paksuudet sekä kallioperän topografia ja rikkonaisuus
- geofysikaaliset tutkimusmenetelmät, kuten seisminen heijastus ja sähköjohtavuus
- pumppauskokeet, joiden avulla määritetään hydrogeologisia olosuhteita.

Maapohjan tutkimuksissa voidaan hyödyntää EU:n standardia (EN 1997-2, 2007), johon on koottu maaperän tutkimiseen ja testaukseen soveltuvia menetelmiä. Eurokoodi 7-2 -standardi tarjoaa ohjeet mm. pohjatutkimusten suunnittelulle ja raportoinnille (erityinen painopiste on tutkimuspisteiden sijainnilla ja syvyydellä), yleisesti käytettyjen laboratorio- ja kenttäkokeiden yleisille vaatimuksille sekä geoteknisistä parametreista ja kertoimista johdetuille vakioille/vakiintuneille arvoille.

Pätevä valvoja seuraa kohdetutkimuksia ja kairauksia varmistaakseen, että näytteet otetaan edustavista kohteista ja käytetään soveltuvimpia testimenetelmiä.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Tekniikka soveltuu padotuille jätealtille ja maan päälle rakennetuille kiinteän jätteen sijoitusalueille.

Suunnitteluvaihe

Ennen kaivannaisjätteen sijoitusalueen rakentamista tutkitaan maapohjan geotekniset ja hydrogeologiset ominaisuudet. Tutkimuksissa voidaan hyödyntää soveltuvin osin Eurokoodi 7-2 -standardia tai muita vastaavia EN-standardien mukaisesti kehitettyjä kansallisia, kansainvälisiä tai ISO-standardeja, jotka on laadittu noudattaen yhteisymmärryksen, avoimuuden, läpinäkyvyyden, kansallisen sitoutuneisuuden ja teknisen yhdenmukaisuuden periaatetta.

Toimintavaihe

Varmistetaan kantavan maakerroksen geotekniset ja hydrogeologiset ominaisuudet.

Sovellattavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Maaperän geoteknistien ominaisuuksien selvittäminen perustuu asianmukaisen ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin tuloksiin (BAT 5).

Ennen padon ja altaan rakentamista poistetaan painuvat ja pehmeät maakerrokset, jotta rakenteille saadaan kunnollinen kantava perustus. Pohjamaa tulee tutkia hyvin vettä

johtavien kerrosten ja lähteiden varalta. Tarvittaessa käytetään kuivatusjärjestelmiä kantavan perustan varmistamiseksi. Kuivatusrakenteet tulee rakentaa mukaisesti esimerkiksi salaojarakenteilla, joissa salaojaputken ympärillä on sepeliä ja suodatinkangas.

Valtioneuvoston asetuksessa kaivannaisjätteistä (190/2013) veloitetaan perustamaan ja hoitamaan kaivannaisjätteen jätealue mm. siten, että seuraavat kriteerit täyttyvät:

- jätealueesta ei aiheudu maaperän, vesistön, pohjaveden tai ilman pilaantumista eikä muuta ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa ottaen huomioon alueen sijainti sekä alueen geologiset, hydrologiset, hydrogeologiset ja geotekniset ominaisuudet
- jätealueesta ei aiheudu pitkänkään ajan kuluessa ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa ottaen huomioon muodostuva suotovesi ja muu jätevesi sekä eroosio
- jätealueen fyysinen vakavuus varmistetaan sekä ympäristön pilaantumisen ja maisemahaitta ehkäistään asianmukaisin rakentein ja suunnitelmallisella hoidolla ja ylläpidolla
- jätealuetta seurataan ja tarkkaillaan suunnitelmallisesti ja pätevästi sekä ryhdytään tarvittaviin toimiin, jos jätealue ei ole riittävän vakaa tai alueesta aiheutuu ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa.

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.3.1 ja 5.3.1.1.3.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- EN 1997-2, 2007. Eurocode 7: Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing. The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC. <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/02/en.1997.2.2007-1.pdf>
- Kerr, T. & Ulrich, B. 2011. Tailings Impoundments and Dams. SME Mining Engineering Handbook. P. Darling, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc, 645-665.
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013). www.finlex.fi/

6.4 BAT-päätelmä 14 – Padon rakennusmateriaalien valinta

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen rakenteellisen vakavuuden varmistamiseksi on käyttää seuraavaa tekniikkaa:

- BAT 14. Padon rakennusmateriaalien valinta.

BAT 14 – yleiskuvaus

BAT 14 -päätelmässä on kuvattu, miten materiaalien kelpoisuusvaatimukset padon rakentamista varten määritetään ottaen huomioon kaivannaisjätteen geotekniset ominaisuudet ja ympäristökelpoisuus. Tällä varmistetaan lyhyt- ja pitkäaikainen rakenteellinen vakavuus kaivannaisjätteen sijoitusalueilla.

Materiaalien kelpoisuus määritetään standardin Eurokoodi 7-2 mukaisesti (EN 1997-2). Materiaalien ominaisuudet voidaan määrittää myös muilla vastaavilla (ISO) kansallisilla tai kansainvälisillä standardeilla, jotka ovat tunnettuja, luotettuja ja yhdenmukaisia kuten EN-standardit.

Päätelmän tekniikkaa käyttämällä vältetään sopimattomien rakennusmateriaalien käyttö padoissa ja siten estetään ja vähennetään haitallisia ympäristövaikutuksia.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Tekniikka soveltuu padoille.

Suunnitteluvaihe

Määritetään materiaalien kelpoisuusvaatimukset patojen rakennusmateriaaleiksi. Määrittely tehdään rakennusmateriaalien geoteknisten ja ympäristöllisten ominaispiirteiden osalta ja määrittelyssä tulee hyödyntää soveltuvin osin Eurokoodi 7-2 -standardia tai muita vastaavia EN-standardien mukaisesti kehitettyjä kansallisia, kansainvälisiä tai ISO-standardeja, jotka on laadittu noudattaen yhteisymmärryksen, avoimuuden, läpinäkyvyyden, kansallisen sitoutuneisuuden ja teknisen yhdenmukaisuuden periaatetta.

Toimintavaihe

Varmistetaan käytettävien rakennusmateriaalien geotekniset ominaisuudet ja ympäristökelpoisuus.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Mikäli kaivannaisjätteen karkeampia jakeita aiotaan käyttää penkereiden tai patojen rakentamiseen, tulee niiden ominaisuudet arvioida suunnitteluvaiheessa laboratoriokokein sekä varmistaa ne rakennusvaiheessa (ks. Vna 190/2013). Padon rakennusmateriaalien tulee olla ominaisuuksiltaan homogeenisiä rakennustekniikan niin vaatiessa ja ne eivät saa sisältää potentiaalisesti happoa tuottavia mineraaleja tai yhdisteitä. Materiaalien tulee kestää rapautumista, sisäistä ja ulkoista eroosiota sekä jäätyksen aiheuttamaa eroosiota, koskien etenkin boreaalisia ja subarktisia ilmastovyöhykkeitä.

Patoturvallisuusoppaan liitteessä 11 on esitetty maapatojen suunnittelu, rakentaminen, kunnossapito ja korjaus sekä mm. maapadoille esitetyt minimivaatimukset (Isomäki et al. 2012).

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.3.2 ja 5.3.1.1.3.2. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- EN 1997-1: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-1-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>
- EN 1997-2: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koestus, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-2-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>
- Geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaiset käsitteet ja periaatteet, Suomen Geoteknillinen yhdistys, monitorointitoimikunta, <https://sgy.fi/toiminta/toimikunnat/monitorointitoimikunta/>
- InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, www.rakennustieto.fi/infraryl/
- Isomäki, E., Maijala, T., Sulkakoski, M., Regina, T. & Torkkel, M. (toim.) 2012. Patoturvallisuusopas 2012. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 89/2012. Päivitetty 12/2018. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Padot_ja_patoturvallisuus/Opas/
- Patoturvallisuuslaki (494/2009), www.finlex.fi/
- RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodi
- RIL 201-2-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodi
- RIL 201-3-2013 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Vesirakenteet.
- RIL 207-2009 Geotekninen suunnittelu. Eurokoodi
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013), www.finlex.fi/
- Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta (319/2010), www.finlex.fi/

6.5 BAT-päätelmä 15 – Patojen rakennusmenetelmät

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa allasmaisilla kaivannaisjätteen sijoitusalueilla, joissa padoilla pidetään vettä ja nestemäisesti käyttäytyviä aineita, lyhyen ja pitkäaikaisen vakavuuden varmistamiseksi on käyttää seuraavia tekniikoita:

- BAT 15a. Nesteitä ja nestemäisesti käyttäytyviä aineita padottavien rakenteiden tekniikat
- BAT 15b. Vettä läpäisemättömän pohjarakenteen rakennusmenetelmät.

BAT 15 – yleiskuvaus

Nesteitä ja nestemäisesti käyttäytyviä aineita pidättävä pato on käytännössä vettä läpäisemättömä. Pato sis. pohjarakenteen, tiivistysosan, suodattimet ja tukiosat rakennetaan täysin valmiiksi ennen kaivannaisjätteen sijoittamista altaaseen. Altaan rakentaminen voi kuitenkin sisältää yhden tai useampia vaiheita, jolloin patoa korotetaan useammassa vaiheessa, mutta jätteen sijoitus altaalle tulee tehdä vasta padon kunkin vaiheen täysin valmistuttua.

Padon sisäluiska suunnitellaan heikosti vettä läpäiseväksi ja se koostuu esim. tiivismateriaalista, suodattimesta, kuivatusjärjestelmästä sekä pohjarakenteesta. Näillä menetelmillä voidaan estää tai pienentää suotovirtausta. Rakennusmateriaaleina voidaan käyttää luonnonmaata, kalliolouhetta ja kaivoksien sivukiveä tai betonia.

Vettä läpäisemätön pohjarakenne voidaan toteuttaa niin, että pohjarakenteena toimii tiivis ja vettä läpäisemätön luonnonmaa tai tiivis vettä läpäisemätön keinotekoinen materiaali. Pohjaratkaisuissa käytettäviä geosynteettisiä kalvomateriaaleja ovat esimerkiksi geomembraanit, geotekstiilit ja geosynteettiset savikalvot eli bentoniittimatot. Vettä läpäisemättömän pohjarakenteen rakennusmenetelmiä on kuvattu BAT-päätelmissä 35a ja 35b.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 15a Nesteitä ja nestemäisesti käyttäytyviä aineita padottavien rakenteiden tekniikat

Tekniikka soveltuu nestettä ja nestemäisesti käyttäytyviä aineita padottaville padoille sekä ei-pysyville kaivannaisjätteille mukaan lukien potentiaalisesti happoa tuottavat kaivannaisjätteet.

Suunnitteluvaihe

Vettä läpäisemättömän padon rakenteet (perustus, tiivistyssydän, suodattimet ja tukiosat) tulee suunnitella ennen kaivannaisjätteen sijoittamisen aloittamista altaaseen. Suunnitteluvaihe käsittää koko padon käyttöiän ottaen huomioon altaiden korotusvaiheet.

Patojen sisäluiskan tiivistysosat, suodattimet ja pohjarakenteet suunnitellaan heikosti vettä läpäiseväksi, jotta voidaan vähentää ja ehkäistä suotovirtausta.

Toimintavaihe

Rakennetaan pato sekä tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään patoa samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Sulkemisvaiheessa patoa tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Jälkihoitovaiheessa patoa tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 15b Vettä läpäisemättömän pohjarakenteen rakennusmenetelmät

Tekniikka soveltuu jätealtille ja padoille sekä ei-pysyville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluun tulee sisällyttää vettä läpäisemätön pohjarakenne (BAT 35a ja 35b).

Toimintavaihe

Rakennetaan pohjarakenne ja tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään sitä samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Sulkemisvaiheessa pohjarakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Jälkihoitovaiheessa pohjarakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 15 -päätelmän tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5). BAT 15a -tekniikkaa voidaan soveltaa yhdessä BAT-päätelmien 11, 13, 14, 19, 20, 21 ja 22 kanssa. Vastaavasti BAT 15b -tekniikkaa voidaan soveltaa yhdessä BAT-päätelmien 12, 14 ja 22 kanssa.

BAT 15a voidaan soveltaa kun:

- on tarve varastoida vettä ja kaivannaisjätettä koko altaan elinkaaren ajan
- vettä tulee pystyä pidättämään tietyn ajan jakson yli
- kohde on syrjäisessä ja vaikeasti saavutettavassa paikassa
- luonnollinen tulovirtaama altaaseen on suuri tai se vaihtelee runsaasti, minkä vuoksi allasta tarvitaan tasaamaan virtaamia.

BAT 15b -päätelmän tekniikka soveltuu ainoastaan uudelle kaivannaisjätteen sijoitusalueelle tai olemassa olevan kaivannaisjätealueen laajennukseen sen levittäytyessä uudelle maa-alueelle.

Suomessa patojen rakentamista ohjaa patoturvallisuuslaki (494/2009) ja valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta (319/2010). Patoturvallisuuslain (PTL) 2 § mukaan "*lakia sovelletaan patoihin niihin kuuluvine rakennelmineen ja laitteineen riippumatta siitä, mistä aineesta tai millä tavalla pato on rakennettu tai mitä ainetta sillä padotetaan.*" PTL 4§:

Padolla tarkoitetaan seinämäistä tai vallimaista rakennetta, jonka tarkoituksena on pysyvästi tai tilapäisesti estää rakenteen takana olevan nesteen tai nestemäisesti käyttäytyvän aineen leviäminen taikka säädellä padotun aineen pinnan korkeutta. Lain ja asetuksen soveltamiseksi on laadittu patoturvallisuusopas (Isomäki et al. 2012), jossa todetaan, että:

"Patoja ovat vesistöpadot sekä terveydelle tai ympäristölle haitallisia tai vaarallisia aineita padottavat jätepadot. Kaivostoimintaan liittyviä kaivospiirin alueella sijaitsevia patoja kutsutaan kaivospadoiksi. Kaivospadot ovat joko jäte- tai vesistöpatoja."

"Patoturvallisuuslakia sovelletaan myös tilapäisesti padottaviin rakenteisiin. Näitä ovat esimerkiksi rakenteina pysyvät, mutta vain tavanomaista korkeamman vedenpinnan aikana padottavat tulvapenkereet ja väliaikaisiksi tarkoitettut padot kuten työpadot."

Padon suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota padosta aiheutuvaan vahingonvaaraan sekä altaan vaikutukseen kaivoksen vesitaseeseen. Vna 319/2010 mukaisesti padon suunnitelmat ja muut tarvittavat asiakirjat on toimitettava patoturvallisuusviranomaiselle. Padon suunnitelmat tulee toimittaa patoturvallisuusviranomaiselle hyvissä ajoin ennen rakentamiseen ryhtymistä. Padon luokasta, mahdollisesta vahingonvaaraselvityksen sekä tarkkailuohjelman hyväksymisestä tehdään päätös.

Esimerkkikohteita Suomessa

BAT 15a -päätelmän mukaisia patoja on Pampalon ja Rämepuron sekä Boliden Kevitsa Mining Oy kaivoksilla.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.3.3.1.1.1, 4.2.1.3.3.1.3.3, 4.3.1.1.1, 4.3.1.1.2 ja 5.3.1.1.3.3.1.
Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
EN 1997-1: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-1-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>
EN 1997-2: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koestus, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-2-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>
Geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaiset käsitteet ja periaatteet, Suomen Geoteknillinen yhdistys, monitorointitoimikunta, <https://sgy.fi/toiminta/toimikunnat/monitorointitoimikunta/>
InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, www.rakennustieto.fi/infraryl/
Isomäki, E., Majjala, T., Sulkakoski, M., Regina, T. & Torkkel, M. (toim.) 2012. Patoturvallisuusopas 2012. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 89/2012. Päivitetty 12/2018. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Padot_ja_patoturvallisuus/Opas/
Jord- och stenfyllningsdammar, Vattenfall 1988
Patoturvallisuuslaki (494/2009), www.finlex.fi/
RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi
RIL 201-2-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi
RIL 201-3-2013 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Vesirakenteet
RIL 207-2009 Geotekninen suunnittelu. Eurokoodi
Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta (319/2010), www.finlex.fi/

6.6 BAT-päätelmä 16 – Patojen rakennusmenetelmät

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa allasmaisilla kaivannaisjätteen sijoitusalueilla, joissa patoilla pidätetään kiinteitä ja vesipitoisia jätteitä, lyhyen ja pitkäaikaisen vakavuuden varmistamiseksi on käytettävä yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 16a. Aloituspädon rakentaminen
- BAT 16b. Ylävirtaan korottaminen
- BAT 16c. Alavirtaan korottaminen
- BAT 16d. Padon korottaminen keskilinjaa muuttamatta
- BAT 16e. Yhdistelmäpohjarakenne
- BAT 16f. Heikosti vettä läpäisevä, luonnollinen maaperä -pohjarakenne

BAT 16 – yleiskuvaus

BAT 16 -päätelmän tekniikoita käyttämällä estetään heikkolaatuisten altainen ja patojen rakentaminen. Padon rakentamisen ja sen erityyppisten korotusten perusteet on esitetty tarkemmin MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleessa 2.4.3.2.

BAT 16a Alkupadon rakentaminen

Kiintoainesta ja vettä padottavat padot (esim. rikastushiekka-allas) rakennetaan alkupadon avulla. Alkupatoa voidaan käyttää pysyville sekä ei-pysyville jätteille. Padossa on usein tiivistyssydän ja patoa voidaan korottaa kaivannaistoiminnasta saatavalla kiviaineksella, kuten sivukivellä tai muilla tuotteeksi tai sivutuotteeksi lukeutuvilla materiaaleilla. Patoon tulee suunnitella suodatin- ja kuivatuskerrokset kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisen veden keräys- ja hallintajärjestelmien kanssa. Tekniikkaa käyttämällä voidaan estää epäso- pivien patojen rakentaminen.

BAT 16b Ylävirtaan korottaminen

Kun patoa korotetaan täyttämällä ylävirtaan, padon harja siirtyy jokaisessa korotuksessa sisäänpäin altaaseen. Korotus tehdään osittain altaassa olevan tiivistyneen materiaalin (esim. rikastushiekka) päälle. Tämä tekniikka on sovellettavissa lietemäisten kaivannaisjät- teiden varastointiin.

Ylävirtaan korotukset tehdään käyttäen luonnonmateriaaleja, kaivoksen louhinnasta muodostuvia sivukiviä tai rikastusjätettä. Korotuksissa luonnonmateriaaleja yhdistetään yleensä kaivoksen em. sivutuotteisiin tai jätteisiin.

BAT 16c Alavirtaan korottaminen

Kun patoa korotetaan alavirtaan, padon harja siirtyy jokaisessa korotuksessa altaasta pois-päin. Tämä tekniikka on sovellettavissa lietemäisten kaivannaisjätteiden varastointiin.

Alavirtaan korotettu pato rakennetaan kaivoksen louhinnasta muodostuvan kiven avulla, josta on erotettu karkeimmat jakeet. Mikäli louhinnasta muodostuva jäte ei sovellu padon korotukseen, tulee korotukseen käyttää luonnonmateriaaleja.

Alavirtaan korotuksessa tiivistyssydän estää veden kulkeutumisen padon läpi. Jos suoto lisääntyy tiivistyssydämen läpi, padon vakavuus voi heiketä.

BAT 16d Padon korottaminen keskilinjaa muuttamatta

Tällä tekniikalla padon harjan keskilinja ei muutu, vaan patoa korotetaan padon aiemman harjan molemmin puolin. Altaan puolella korotus tulee osittain vanhan täytön päälle. Padon korotus tulee suunnitella vaiheittaiseksi, jossa padon keskilinja pysyy paikoillaan jokaisella korotuksella. Ylävirran puoleinen tukipenger on osittain altaan täytön päällä, mutta pääosa korotuksesta on edellisen korotuspenkereen päällä. Menetelmä on yhdistelmä ylä- ja alavirtaan korotetuista padoista. Tämä tekniikka on sovellettavissa lietemäisten kaivannaisjätteiden varastointiin.

Pato rakennetaan kaivoksen louhinnasta muodostuva kiven avulla, josta on erotettu karkeimmat jakeet. Mikäli louhinnasta muodostuva jäte tai rikastusjäte ei sovellu padon korotukseen, tulee korotukseen käyttää luonnonmateriaaleja.

BAT 16e Yhdistelmäpohjarakenne

Altaan tai padon yhdistelmäpohjarakenteen suunnitteluun sisällytetään vettä läpäisemätön pohjarakenne yhdessä asianmukaisen kuivatusjärjestelmän kanssa, jonka suunnittelu perustuu muun ohella pohjarakenteen vedenjohtavuuteen, kaivannaisjätteiden ominaisuuksien karakterisointiin, vesitasetarkasteluun sekä padon rakennusmateriaalien kelpoisuusvaatimuksiin ja geoteknisiin analyyseihin. Pohjarakenne tulee suunnitella vaurioiden sekä maaperän ja pohjaveden pilaantumisen ehkäisemiseksi. Esimerkkikuva rakenteesta on esitetty MWEI BREF -vertailuasiakirjan kuvassa 4.9.

BAT 16f Heikosti vettä läpäisevä pohjarakenne luonnonmaasta

Tekniikassa kuvataan heikosti vettä läpäisevä altaan tai padon pohjarakenne, joka koostuu luonnonmaasta. Tällaisen pohjarakenteen läpi suotautuu osa nesteestä. Rakenne soveltuu pysyville kaivannaisjätteille.

Mikäli maaperän vedenjohtokykyä ei voida varmistaa kaikissa tilanteissa, tulee rakentaa lisäkuivatusjärjestelmä, jonka suunnittelu perustuu muun ohella pohjarakenteen vedenjohtavuuteen, kaivannaisjätteiden ominaisuuksien karakterisointiin, vesitasetarkasteluun, padon rakennusmateriaalien kelpoisuusvaatimuksiin ja geoteknisiin analyyseihin ja siten varmistaa rakenteen vakavuus.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 16a Alkupadon rakentaminen

Tekniikka soveltuu kiintoaineita ja nesteitä padottaville padoille sekä pysyville ja ei-pysyville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitellaan alkupadon (usein heikosti vettä läpäisevällä tiivissydämellä) rakentaminen huomioiden padon korotusmenetelmät sekä korotuksiin käytettävät kaivannaismateriaalit. Suunnitteluun tulee sisällyttää suodattimet ja padon kuivatusjärjestelmät mukaan lukiin kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien keräys- ja hallintajärjestelmät.

Toimintavaihe

Alkupato rakennetaan ja sitä tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Lopullista patorakennetta, sisältäen alkupadon ja korotukset, tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Jälkihoitovaiheessa lopullista patorakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 16b Ylävirtaan korottaminen

Tekniikka soveltuu lietemäisiä kaivannaisjätteitä padottaville padoille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitellaan padon korottaminen vaiheittain rakentamalla pengertä edellisen korotuksen rantavyöhykkeelle. Padon harja liikkuu jokaisella korotuksella sisäänpäin altaaseen.

Padon suunnittelussa tulee käyttää nykyaikaisia suunnitteluperiaatteita, jotta varmistetaan padon kuivatusvesien riittävä hallinta, ja että esimerkiksi rikastushiekan muodostama rantavyöhyke (beach) on aina riittävän pitkä, eikä vapaa vesi pääse kosketuksiin padon korotuksen kanssa edes poikkeuksellisissa tulvatilanteissa (BAT 20). Myös suotovedenpinnan tasoa tulee seurata. Patokorotusten suunnitteluun sisältyy usein suodattimet ja padon kuivatusjärjestelmät mukaan lukien kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien keräys- ja hallintajärjestelmät.

Toimintavaihe

Patoa korotetaan ylävirtaan korottamisen tekniikalla ja tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään sitä samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Lopullista patorakennetta, sisältäen alkupadon ja korotukset, tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Jälkihoitovaiheessa lopullista patorakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 16c Alavirtaan korottaminen

Tekniikka soveltuu lietemäisiä kaivannaisjätteitä padottaville padoille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitellaan padon korottaminen vaiheittain rakentamalla pengertä niin, että padon harja liikkuu jokaisella korotuksella ulospäin altaasta.

Padon suunnittelussa tulee käyttää nykyaikaisia suunnitteluperiaatteita, jotta varmistetaan padon kuivatusvesien riittävä hallinta, ja että esimerkiksi rikastushiekan muodostama rantavyöhyke on aina riittävän pitkä, eikä vapaa vesi pääse kosketuksiin padon korotuksen kanssa edes poikkeuksellisissa tulvatilanteissa (BAT 20). Myös suotovedenpinnan tasoa tulee seurata. Patokorotusten suunnitteluun sisältyy usein suodattimet ja padon kuivatusjärjestelmät mukaan lukien kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien keräys- ja hallintajärjestelmät.

Toimintavaihe

Patoa korotetaan alavirtaan korottamisen tekniikalla ja tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään sitä samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Lopullista patorakennetta (sisältäen alkupadon ja korotukset) tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Jälkihoitovaiheessa lopullista patorakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 16d Padon korottaminen keskilinjaa muuttamatta

Tekniikka soveltuu lietemäisiä kaivannaisjätteitä padottaville padoille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitellaan padon korottaminen vaiheittain niin, että padon harjan keskilinja ei muutu korotusten yhteydessä. Korotuksen sisäluisikan tukipenger levittäytyy hieman joka korotuksella rantavyöhykkeen päälle, kuitenkin niin, että pääosa uudesta korotusosasta rakentuu edellisen korotuksen penkereen päälle.

Padon suunnittelussa tulee käyttää nykyaikaisia suunnitteluperiaatteita, jotta varmistetaan padon kuivatusvesien riittävä hallinta, ja että esimerkiksi rikastushiekan muodostama rantavyöhyke on aina riittävän pitkä, eikä vapaa vesi pääse kosketuksiin padon korotuksen kanssa edes poikkeuksellisissa tulvatilanteissa (BAT 20). Myös suotovedenpinnan tasoa tulee seurata. Patokorotusten suunnitteluun sisältyy usein suodattimet ja padon kuivatusjärjestelmät mukaan lukien kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien keräys- ja hallintajärjestelmät.

Toimintavaihe

Patoa korotetaan muuttamatta padon keskilinjaa ja tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään sitä samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Lopullista patorakennetta, sisältäen alkupadon ja korotukset, tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Jälkihoitovaiheessa lopullista patorakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 16e Yhdistelmäpohjarakenne

Tekniikka soveltuu jätealtaille ja padoille sekä ei-pysyville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Kokonaissuunnitteluun sisällytetään vettä läpäisemätön pohjarakenne (BAT 35a ja 35b) yhdessä asianmukaisen kuivatusjärjestelmän kanssa (BAT 21a), jonka suunnittelu perustuu muun ohella pohjarakenteen vedenjohtavuuteen, kaivannaisjätteiden karakterisointiin (BAT2), vesitasetarkasteluun (BAT 18) sekä padon rakennusmateriaalien kelpoisuusvaatimuksiin (BAT 14) ja geoteknisiin analyyseihin (BAT 22). Pohjarakenne tulee suunnitella maaperän ja pohjaveden pilaantumisen ehkäisemiseksi.

Toimintavaihe

Yhdistelmäpohjarakenne rakennetaan, sitä tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Yhdistelmäpohjarakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Jälkihoitovaiheessa yhdistelmäpohjarakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 16f Heikosti vettä läpäisevä pohjarakenne luonnonmaasta

Tekniikka soveltuu jätealtille ja padoille sekä pysyville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Kokonaissuunnitteluun sisällytetään heikosti vettä läpäisevän luonnollisesta maaperästä koostuvan pohjarakenteen suunnittelu, sallimaan osittainen suotautuminen pohjarakenteen läpi. Mikäli maaperän vedenjohtavuus ei ole riittävä asianmukaisen kuivatuksen varmistamiseksi, on vaarana rakenteellinen epävakaus, jonka vuoksi tulee suunnitella lisäkuivatusjärjestelmä (BAT 21a), jonka suunnittelu perustuu muun ohella pohjarakenteen vedenjohtavuuteen, kaivannaisjätteiden karakterisointiin (BAT2), vesitasetarkasteluun (BAT 18) sekä padon rakennusmateriaalien kelpoisuusvaatimuksiin (BAT 14) ja geoteknisiin analyyseihin (BAT 22).

Toimintavaihe

Heikosti vettä läpäisevä pohjarakenne rakennetaan, sitä tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Heikosti vettä läpäisevää pohjarakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Jälkihoitovaiheessa yhdistelmäpohjarakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 16 -päätelmässä kuvattujen tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5) ja niitä voidaan soveltaa yhdessä BAT-päätelmien 11, 13,14, 19, 20, 21 ja 22 kanssa.

BAT 16b -tekniikkaa ei voida soveltaa, mikäli:

- seismisen arvioinnin jälkeen on todettu riskiksi varastoitavan aineen nesteytyminen
- tarvitaan pysyvä veden varastointiallas
- patoa ei ole suunniteltu hyväksi todetuilla nykyaikaisilla suunnittelumenetelmillä, eikä padon suunnitellussa ole varmistettu riittävää kuivatusta tai suotovedenpinnan hallintaa.

BAT 16c -tekniikkaa ei voida soveltaa, mikäli:

- patoa ei ole suunniteltu hyväksi todetuilla nykyaikaisilla suunnittelumenetelmillä, eikä padon suunnitellussa ole varmistettu riittävää kuivatusta tai suotovedenpinnan hallintaa
- (kohteessa) ei ole tarpeeksi padon rakennusmateriaaleja saatavilla.

BAT 16d -tekniikkaa ei voida soveltaa, mikäli:

- seismisen arvioinnin jälkeen on todettu riskiksi varastoitavan aineen nesteytyminen (juoksettuminen)
- padon rakennusmateriaalit ovat korkea plastisia
- tarvitaan pysyvä veden varastointiallas
- patoa ei ole suunniteltu hyväksi todetuilla nykyaikaisilla suunnittelumenetelmillä, joilla on varmistettu penkereiden riittävä kuivatus ja suotovedenpinnan hallinta.

BAT 16d -tekniikkaa voidaan käyttää tilapäiseen tulvien hallintaan kunnollisella suunnittelulla.

BAT 16e -tekniikkaa voidaan käyttää vain uusille kaivannaisjätteen sijoitusalueille tai vanhojen alueiden laajennuksille, mikäli laajennukset levittäytyvät uusille alueille.

BAT 16f -tekniikkaa voidaan käyttää vain pysyville jätteelle.

Suomessa patojen rakentamista ohjaa patoturvallisuuslaki (494/2009) ja valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta (319/2010). Patoturvallisuuslain 2 § mukaan "*lakia sovelletaan patoihin niihin kuuluvine rakennelmineen ja laitteineen riippumatta siitä, mistä aineesta tai millä tavalla pato on rakennettu tai mitä ainetta sillä padotetaan.*" Lain ja asetuksen perusteella on laadittu patoturvallisuusopas (Isomäki et al. 2012), jossa todetaan, että:

"Patoja ovat vesistöpadot sekä terveydelle tai ympäristölle haitallisia tai vaarallisia aineita padottavat jätepadot. Kaivostoimintaan liittyviä kaivospiirin alueella sijaitsevia patoja kutsutaan kaivospadoiksi. Kaivospadot ovat joko jäte- tai vesistöpatoja.

"Patoturvallisuuslakia sovelletaan myös tilapäisesti padottaviin rakenteisiin. Näitä ovat esimerkiksi rakenteina pysyvät, mutta vain tavanomaista korkeamman vedenpinnan aikana padottavat tulvapenkereet ja väliaikaisiksi tarkoitettut padot kuten työpadot."

Patoturvallisuusoppaassa (Isomäki et al. 2012) todetaan, että rikastushiekalla korotettujen patojen käytössä tulee huolehtia, että allasta täytetään suunnitelmallisesti. Rikastushiekan muodostama rantavyöhyke on aina riittävän pitkä eikä vapaa vesi pääse kosketuksiin rikastushiekka- tai louhekorotuksen kanssa.

Esimerkkikohteita Suomessa

BAT 16b: Pampalon ja Rämepuron kaivokset, Pyhäsalmi Mine Oy:n kaivos ja Boliden Kevitsa Mining Oy:n kaivos

BAT 16c: Agnico Eagle Finland Oy:n Kittilän kaivos, Boliden Kevitsa Mining Oy:n kaivos ja Yara Suomi Oy:n Siilinjärven kaivos

BAT 16d: Nordkalk Oy:n Lappeenrannan kaivos.

Lähteet ja lisätieto

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.3.3.1.1.2, 4.2.1.3.3.1.2.1, 4.2.1.3.3.1.2.2, 4.2.1.3.3.1.2.3, 4.2.1.3.3.1.3.1, 4.2.1.3.3.1.3.2 ja 5.3.1.1.3.3.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

EN 1997-1: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt,

<https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-1-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>

EN 1997-2: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koestus, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-2-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>
 Geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaiset käsitteet ja periaatteet, Suomen Geoteknillinen yhdistys, monitointitoimikunta, <https://sgy.fi/toiminta/toimikunnat/monitorointitoimikunta/>
 InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, www.rakennustieto.fi/infraryl/
 Isomäki, E., Maijala, T., Sulkakoski, M., Regina, T. & Torkkel, M. (toim.) 2012. Patoturvallisuusopas 2012. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 89/2012. Päivitetty 12/2018. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Padot_ja_patoturvallisuus/Opas/
 Patoturvallisuuslaki (494/2009), www.finlex.fi/
 RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi
 RIL 201-2-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi
 RIL 201-3-2013 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Vesirakenteet
 RIL 207-2009 Geotekninen suunnittelu. Eurokoodi
 RIL 263-2014 Kaivanto-ohje
 Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013), www.finlex.fi/
 Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta (319/2010), www.finlex.fi/

6.7 BAT-päätelmä 17 – Maan päälle rakennettavien kiinteän jätteen sijoitusalueiden rakennusmenetelmät

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa maan päälle rakennettavien kiinteän jätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen vakavuuden varmistamiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 17a. Alhaalta ylöspäin rakentamismenetelmä: kerrospengerrys, nouseva rakenne
- BAT 17b. Ylhäältä alaspäin rakentamismenetelmä: päätypengerrys, laskeutuva rakenne
- BAT 17c. Yhdistelmä pohjarakenne
- BAT 17d. Heikosti vettä läpäisevä pohjarakenne luonnonmaasta.

BAT 17 – yleiskuvaus

BAT 17a Alhaalta ylöspäin rakentamismenetelmä: kerrospengerrys, nouseva rakenne

Tässä tekniikassa (BAT 17a) maan päälle rakennettua kiinteän jätteen sijoitusaluetta korotetaan läjittämällä kaivannaisjätettä kerroksittain tarpeen mukaan tiivistäen. Tarvittaessa läjitys tehdään pengertasanteilla vakavuuden parantamiseksi ja maisemoinnin helpottamiseksi.

Alhaalta ylöspäin -rakentamistapaa sanotaan myös nousevaksi rakenteeksi, jossa kerrokset kasataan alhaalta ylöspäin ja tiivistetään ennen seuraavan kerroksen läjittämistä. Maan päälle rakennetulle kiinteän jätteen sijoitusalueelle sijoitetaan louhinnasta tulevia kaivannaisjätteitä tai karkeita rikastusjätteitä. Sijoitusalueen ulkoreunaa maisemoidaan heti ensimmäisestä

täytöstä lähtien. Käyttämällä terasseja sijoitusalueen korottamisessa voidaan parantaa alueen vakavuutta sekä helpottaa alueen peittämistä, sulkemista ja maisemointia.

Kiinteän jätteen sijoitusalueen suunnittelu vaatii perusteellista tietämystä kaivannaisjätteen geoteknisistä ja geokemiallisista ominaisuuksista (BAT 2), sijoitusalueen ominaisuuksista, kuten vakavuus, topografia, hydrogeologia sekä alustavaa tietoa suunnitelluista rakentamismenetelmistä, kuten pohja- ja peittorakenteista (BAT 4), sijoitusalueen vakavuudesta, esimerkiksi luiskien vakavuus, sekä vesienhallinnasta.

Alhaalta ylöspäin -rakentamistavan periaate on esitetty MWEI BREF -vertailuasiakirjan kuvassa 4.11.

BAT 17b Ylhäältä alaspäin rakentamismenetelmä: päätypengerrys, laskeutuva rakenne

Tässä tekniikassa (BAT 17b) maan päälle rakennettua kiinteän jätteen sijoitusaluetta korotetaan päätypengerryksenä. Ylhäältä alaspäin tapahtuvaa läjitystapaa kutsutaan myös laskeutuvaksi rakenteeksi. Kaivannaisjäte läjitetään penkereen harjan päältä alas sijoitusalueelle. Läjitysmenetelmässä kaivannaisjäte lajittuu aineksen koon perusteella, kun suurimmat kappaleet vierivät luiskaa alas ja jäävät likimain jätteen leikkauskestävyyskulman eli lepokitkakulman mukaiseen kaltevuuteen yleensä 25°–40° riippuen jätteen geoteknisistä ominaisuuksista.

Kiinteän jätteen sijoitusalueen suunnittelu vaatii perusteellista tietämystä kaivannaisjätteen geoteknisistä ja geokemiallisista ominaisuuksista (BAT2), sijoitusalueen ominaisuuksista, kuten vakavuus, topografia, hydrogeologia, sekä alustavaa tietoa suunnitelluista rakentamismenetelmistä, kuten pohja- ja peittorakenteista (BAT 4), sijoitusalueen vakavuudesta, esimerkiksi luiskien vakavuus, sekä vesienhallinnasta.

BAT 17c Yhdistelmäpohjarakenne

Tässä tekniikassa (BAT 17c) kiinteän jätteen sijoitusalueen pohjarakenne suunnitellaan vettä läpäisemättömänä ja niin, että rakenteessa on riittävä kuivatusjärjestelmä. Suunnittelun lähtökohdina tulee käyttää mm. pohjarakenteen vedenläpäisevyyttä, kaivannaisjätteen ominaisuuksia (BAT 2), vesitasetarkastelua (BAT 18) ja alueen geoteknisistä analyyseistä saatuja tuloksia (BAT 22b). Pohjarakenne tulee suunnitella niin, että voidaan pienentää riskiä rakenteen vaurioitumisesta sekä maaperän ja pohjaveden pilaantumisesta.

BAT 17d Heikosti vettä läpäisevä pohjarakenne luonnonmaasta

Tässä tekniikassa (BAT 17d) kiinteän jätteen sijoitusalueen suunnitteluun sisällytetään luonnonmaasta koostuvan pohjarakenteen suunnittelu, joka läpäisee heikosti vettä ja jonka läpi sallitaan suotautuminen.

Mikäli maaperän vedenjohtavuus ei ole riittävä asianmukaisen kuivatuksen varmistamiseksi, on vaarana rakenteellinen epävakaus, Tämän vuoksi tulee suunnitella lisäkuivatusjärjestelmä (BAT 21a), jonka suunnittelu perustuu muun ohella pohjarakenteen vedenjohtavuuteen, kaivannaisjätteiden karakterisointiin (BAT 2), vesitasetarkasteluun (BAT 18) sekä padon rakennusmateriaalien kelpoisuusvaatimuksiin (BAT 14) ja geoteknisiin analyysihin (BAT 22).

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 17a Alhaalta ylöspäin rakentamismenetelmä: kerrospengerrys, nouseva rakenne

Tekniikka soveltuu kiinteän jätteen sijoitusalueille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluun sisällytetään kaivannaisjätteen läjittäminen kerroksittain. Kerrokset tiivistetään tarvittaessa. Penkereisiin rakennetaan terassit, mikäli näillä voidaan lisätä vakavuutta ja helpottaa kunnostamista sekä maisemointia.

Kiinteän jätteen sijoitusalueen kerrospaksuudet riippuvat materiaalien ominaisuuksista ja terassit eli tasot lisäävät vakavuutta ja helpottavat sulkemista ja maisemointia.

Toimintavaihe

Kiinteän jätteen sijoitusalue rakennetaan pohjalta ylöspäin kerroksittain ja sitä tarkkailaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Rakennettua sijoitusaluetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Jälkihoitovaiheessa yhdistelmäpohjarakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 17b Ylhäältä alaspäin rakentamismenetelmä: päätypengerrys, laskeutuva rakenne

Tekniikka soveltuu kiinteän jätteen sijoitusalueille.

Suunnitteluvaihe

Sisällytetään suunnitteluun kaivannaisjätteen läjittäminen penkereen tai padon harjalta. Materiaalit lajittelevat läjityksessä, kun karkeammat jakeet vierivät luiskaa pitkin harjalta alas

ja asettuvat likimain luonnolliseen leikkauskestävyyskulmaan, mikä riippuu mm. materiaalin rakeisuudesta.

Sulkemisvaiheessa luiskat yleensä muotoillaan kaivannaisjätteen luonnolliseen leikkauskestävyyskulmaan riippuen kaivannaisjätteen ominaisuuksista (BAT 2) ja geomorfologiseen muotoon (BAT 42d), joka jo itsessään tai peittokerroksia lisäämällä takaa pitkäaikaisen rakenteen vakavuuden (BAT 22b) suojaten riittävästi tuulen ja sateen aiheuttamalta eroosiolta.

Toimintavaihe

Sijoitusalue rakennetaan ylhäältä alaspäin -menetelmällä ja sitä tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Rakennettua sijoitusaluetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Jälkihoitovaiheessa yhdistelmäpohjarakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 17c Yhdistelmäpohjarakenne

Tekniikka soveltuu kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä ei-pysyville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Yhdistelmäpohjarakenteen suunnitteluun sisällytetään vettä läpäisemätön pohjarakenne (BAT 35a ja 35b) yhdessä asianmukaisen kuivatusjärjestelmän kanssa (BAT 21b), jonka suunnittelu perustuu muun ohella pohjarakenteen vedenjohtavuuteen, kaivannaisjätteen karakterisointiin (BAT2), vesitasetarkasteluun (BAT 18) sekä geoteknisiin analyyseihin (BAT 22).

Toimintavaihe

Yhdistelmäpohjarakenne rakennetaan, sitä tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Yhdistelmäpohjarakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Jälkihoitovaiheessa yhdistelmäpohjarakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 17d Heikosti vettä läpäisevä pohjarakenne luonnonmaasta

Tekniikka soveltuu kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä pysyville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluun sisällytetään heikosti vettä läpäisevä luonnollisesta maaperästä koostuvan pohjarakenteen suunnittelu sallimaan osittainen suotautuminen pohjarakenteen läpi. Mikäli maaperän vedenjohtavuus ei ole riittävä asianmukaisen kuivatuksen varmistamiseksi, on vaarana rakenteellinen epävakaus. Tämän vuoksi tulee suunnitella lisäkuivatusjärjestelmä (BAT 21b), jonka suunnittelu perustuu muun ohella pohjarakenteen vedenjohtavuuteen, kaivannaisjätteiden karakterisointiin (BAT2), vesitasetarkasteluun (BAT 18) sekä geoteknisiin analyyseihin (BAT 22).

Toimintavaihe

Heikosti vettä läpäisevä pohjarakenne rakennetaan, sitä tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Heikosti vettä läpäisevää pohjarakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Jälkihoitovaiheessa yhdistelmäpohjarakennetta tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 17 -päätelmässä kuvattujen tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5).

BAT 17a - ja BAT 17b -tekniikkaa ei voida yksinään soveltaa ei-pysyville kaivannaisjätteille, jotka vaativat pohjarakenteen tai muun menetelmän, jolla estetään liuenneiden haitta-aineiden ja happamien valumavesien leviäminen ympäristöön.

BAT 17c - ja BAT 17d -tekniikkaa voidaan käyttää yhdessä tekniikoiden BAT 11, BAT 13, BAT 21 ja BAT 22 kanssa. BAT 17c -tekniikkaa voidaan käyttää vain uusille kaivannaisjätteen sijoitusalueille tai vanhojen alueiden laajennuksille, mikäli laajennukset levittäytyvät uusille alueille. BAT 17d soveltuu vain pysyville kaivannaisjätteelle.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.3.3.2.1, 4.2.1.3.3.2.2, 4.2.1.3.3.2.3.1, 4.2.1.3.3.2.3.2 ja 5.3.1.1.3.3.2. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

EN 1997-1: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-1-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>

EN 1997-2: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koestus, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-2-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>

Geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaiset käsitteet ja periaatteet, Suomen Geoteknillinen yhdistys, monitointitoimikunta, <https://sgy.fi/toiminta/toimikunnat/monitorointitoimikunta/>

InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, www.rakennustieto.fi/infraryl/

RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi

RIL 201-2-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi

RIL 201-3-2013 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Vesirakenteet

RIL 207-2009 Geotekninen suunnittelu. Eurokoodi

RIL 263-2014 Kaivanto-ohje

6.8 BAT-päätelmä 18 – Vesitaseen tarkastelu

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen rakenteellisen vakavuuden varmistamiseksi on käyttää seuraavia tekniikoita:

- BAT 18a. Vesitase (kokonaisvesitaseen ja ainetaseen laskenta)
- BAT 18b. Vesienhallintasuunnitelma.

BAT 18 – yleiskuvaus

BAT 18 -päätelmässä on kuvattu vesitaseen sekä vesienhallintasuunnitelman laatiminen. Parasta käyttökelpoista tekniikkaa on käyttää näitä menetelmiä kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen rakenteellisen vakavuuden varmistamiseksi. Vesitaseen avulla arvioidaan kaivannaisjätteen sijoitusalueille tulevan, varastoitavan ja lähtevän veden määrän ja laadun vaihtelua koko toiminnan elinkaaren aikana. Vesitaseen ja vesienhallintasuunnitelman tarkoituksena on tuottaa tietoa ympäristönsuojelurakenteiden ja vesienhallintarakenteiden suunnittelun tueksi. Vesitaseen avulla pystytään määrittämään vesivarasto- ja jätealtailla niiden elinkaaren aikana tarvittava kapasiteetti, veden purkamiseen tarvittava kapasiteetti sekä tarvittavat tulvavesiaukot, kuivavesivara, vesienkäsitteilyn ja kierrätysveden kapasiteetti, ylijäämävesien käsittely sekä suotoveden määrä. Lisäksi vesitaseiden avulla voidaan suunnitella vesienhallintaa sekä arvioida toiminnasta mahdollisesti aiheutuvia ympäristövaikutuksia.

Yksityiskohtainen vesitase voidaan laatia kaikille maan päälle rakennetuille kaivannaisjätteen sijoitusalueille, joita ovat mm. altaat, padot ja kiinteän jätteen sijoitusalueet. Kaivannaisjätteen sijoitusalueen vesitasetta voidaan kuvata yksinkertaisella hydrologisella kaavalla:

$$P + Q - E - D = \Delta S$$

missä **P** on sadanta kaivannaisjätteen sijoitusalueelle; **Q** on jätealueelle tulevat virrat, kuten valunta ja jätteestä vapautuva vesimäärä vähennettynä jätealueelta lähtevillä virroilla, kuten tehtaalle kierrätetty vesi tai käsittelyyn johdettu vesi; **E** on kokonashaihdunta eli maan pinnalta suoraan ja kasvien hengitystoiminnan kautta haihtuvan veden kokonaisuus; **D** on pohjaveden muodostuminen (maaperään suotautuminen) ja **ΔS** muutos jätealueen vesivarastotilavuudessa.

Vesitaseen laskennassa voidaan hyödyntää jätealueen seurantatietoja, kuten tietoa vedenkorkeuksista ja suotoveden määrästä sekä alueellisia säätietoja. Jatkuvatoimisten mittalaitteiden käyttö on suositeltavaa. Vesitaseen laskenta voidaan tehdä yksinkertaisimmillaan taulukkolaskentaa apuna käyttäen tai vaihtoehtoisesti kehittyneemmällä dynaamisilla mallinnusohjelmilla, jotka voidaan kytkeä osaksi hydrologista, hydrogeologista ja geokemiallista mallia.

Vesienhallintasuunnitelma laaditaan vesitaselaskelman tulosten perusteella. Vesienhallintasuunnitelma sisältää alueen hydrologian ja hydrogeologian, vesitaseen (BAT 18a), alueiden mitoitustulvan (BAT 19) sekä pinta- ja pohjavesien hallintasuunnitelmat. Hydrologian ja hydrogeologian tietoihin on hyvä sisällyttää hahmotelma valuma-alueesta sekä kaikki tulovirtaamat ja muut tiedot, joita vesitaseen laskentaan on käytetty. Pinta- ja pohjavesien hallintasuunnitelmissa kuvataan suunnitelmat siitä, miten kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien keruu järjestetään, miten vesiä hallitaan, käsitellään ja puretaan pois alueelta. Vesienhallintasuunnitelman laatimiseen voidaan hyödyntää alueellista säätietoa, altain vedenpinnan korkeuksia ja suotovesimääriä, tarkkailu- ja/tai mallinnustietoa päästöistä maaperään, pohjaveteen ja pintavesiin.

Soveltaminen toiminnan linkaaren eri vaiheissa

BAT 18a Vesitase (kokonaisvesitaseen ja ainetaseen laskenta)

Tekniikka soveltuu jätealaille, padoille ja maan päälle rakennetuille kiinteän jätteen sijoitusalueille.

Suunnitteluvaihe

Yksityiskohtaiset vesitaseet laaditaan kaikille maan päälle rakennetuille kaivannaisjätteen sijoitusalueille, joita tarvitaan toimintavaiheessa, sulkemisessa tai jälkihoidossa. Vesitaseilla ennustetaan kaivannaisjätteen sijoitusalueille tulevan, siellä kiertävän ja sieltä lähtevän veden laadun ja määrien vaihtelua.

Toimintavaihe

Yksityiskohtaista vesitaselaskelmaa arvioidaan seuranta- ja tarkkailutulosten perusteella.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 18b Vesienhallintasuunnitelma

Tekniikka soveltuu kaikille altaille, padoille ja maan päälle rakennetuille kiinteän jätteen sijoitusalueille.

Suunnitteluvaihe

Vesienhallintasuunnitelma laaditaan vesitaselaskelman tulosten perusteella kaivannaisjätteen sijoitusalueille. Vesienhallintasuunnitelmassa tulee huomioida louhosten kuivatusvedet, esimerkiksi happamat kaivosvedet, mikäli ne johdetaan altaaseen.

Toimintavaihe

Vesienhallintasuunnitelmaa tarkastetaan ja päivitetään toiminnasta saatujen tietojen perusteella.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Vesitaseen ja vesienhallintasuunnitelman laatiminen soveltuu kaikille altaille, padoille ja kasoille. Vesitaseen ja vesienhallintasuunnitelmien soveltuminen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5).

BAT-päätelmä koskee ainoastaan kaivannaisjätteen sijoitusalueiden vesitaseen laskemista sekä vesienhallintasuunnitelmaa. Vesitase ja vesienhallintasuunnitelma on kuitenkin hyvä laatia koskemaan koko kaivosalueen toimintaa, jolloin niissä huomioidaan kaikki kaivosalueelle tulevat ja sieltä lähtevät vesijakeet.

Esimerkki kohteita Suomesta

Suomessa monilla kaivoksilla ylläpidetään vesitasetta ja vesienhallintasuunnitelmaa. Tällaisia ovat mm. Sotkamo Silver Oy:n hopeakaivos, Pyhäsalmi Mine Oy:n kaivos, Terrafame

Oy:n Sotkamon kaivos, Agnico Eagle Finland Oy:n Kittilän kaivos, Boliden Kevitsa Mining Oy:n kaivos.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.3.4.1, 4.2.1.3.4.2 ja 5.3.1.1.3.4.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

6.9 BAT-päätelmä 19 – Mitoitustulva

Paras käyttökelpoinen tekniikka kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen vakavuuden varmistamiseksi.

- BAT 19. Mitoitustulvan määrittäminen.

BAT 19 – yleiskuvaus

BAT 19 –päätelmän mukaan mitoitus-tulvan määrittäminen on merkityksellistä patoaltailla. Määrittelemällä mitoitus-tulva voidaan estää patojen ylivirtaus tai pienentää ylivirtauksen riskiä. Mitoitus-tulvan toistuvuus ja suuruus tulee ottaa huomioon patoa suunniteltaessa. Määrittämällä mitoitus-tulva oikein varmistetaan altaan korkea patoturvallisuus. Yleensä mitoitus-tulva on laskennallisesti suurin tulovirtaama alueelle. Mitoitus-tulvaan vaikuttaa allasalue, ylivuotokynnyksen (tulva-aukkojen) mitoitus ja varastotilavuus.

Padon ylivirtauksen riski on riippuvainen paikallisista sääoloista ja valuma-alueen koosta. Käytön sekä sulkemisen ja jälkihoidon aikana juoksutus-kapasiteetin pitää olla riittävän suuri, jotta ennustettavat, äärimmäiset tulvatilanteet voidaan hoitaa. Yksi yleisimmistä syistä ylivirtaukseen, luiskien vakavuusongelmiin, suotovirtauksiin ja padon eroosioon on hydrologian ja vesitaseen hallinnan puute.

Mitoitus-tulvan määrittäminen tulee perustua tavanomaiseen padon riskien arviointiin. Arviointia on kuvattu kansainvälisen suurpatojärjestön (ICOLD) tai Kanadan patoyhdistyksen (Canadian Dam Association) julkaisuissa. Varastokapasiteettia tulee olla joko mitoitus-tulvan verran tai sen verran, että se vaimentaisi tulvaveden tuloa riittävästi, jotta dekantointijärjestelmä tai hätäylivuotokynnykset voivat purkaa tulevan tulvaveden turvallisesti.

Mikäli altaan sulkemistratkaisuna käytetään vesi- tai märkäpeittoa, tulee ylivuotokynnyksen rakenteen olla pitkäikäinen ja kestävä eikä se saa olla rakennettu padon läpi. Pitkäikäisen

ylivuotokynnyksen tulee pystyä purkamaan kaikki äärimmäiset tulvatilanteet tietyllä turvamarginaalilla. Ylivuotokynnyksen tulee olla riittävän leveä, jotta sen kapasiteetti ei pienene esimerkiksi jäiden, kaatuvien puiden, oksien yms. vaikutuksesta. Tämä johtaa usein siihen, että jälkihoitovaihetta varten suunnitellaan ja rakennetaan erittäin leveä ylivuotokynnys.

Mitotustulvaa määritettäessä tulee ottaa huomioon:

- meteorologiset olosuhteet, jotka voivat johtaa poikkeuksellisiin tilanteisiin kuten äkillinen lumen sulaminen, äärimmäinen sademäärä ja ilmastonmuutos
- kohteen hydrologian tarkastelu säännöllisesti ja sen muutoksen vaikutus mitoitustulvaan
- dekantointi-/ohjjuksutuslaitteiden häiriöt kuten tukkeutuminen roskista tai jäältä, maanvyöryt
- tilapäinen käyttöhäiriö passiivissa dekantointijärjestelmissä tai pumpuissa
- ohjjuksutettavan veden laatu poikkeustilanteissa.

Soveltaminen toiminnan linkaaren eri vaiheissa

Tekniikka soveltuu patoaltille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluun tulee sisältyä mitoitustulvan määrittäminen. Kun on otettu huomioon padon/altaan suunnittelussa oikea mitoitustulvan toistuvuus ja suuruus, varmistetaan korkea-tasoinen patoturvallisuus. Mitoitustulvalla tarkoitetaan laskettua suurinta tulovirtaamaa patoalueelle, johon vaikuttavat altaat, tulva-aukkojen mitoitus ja varastointikapasiteetti.

Altaiden ja patojen mitoituksessa tulee pohtia myös äärimmäisiä hydrologisia tapahtumia sekä ilmastonmuutosta, kun valitaan mitoitustulvan määrittämisen parametreja. Mitoitustulvaa käytetään altaiden ohjjuksutusaukkojen, dekantointijärjestelmien ja hätäpurkuaukkojen mitoitukseen.

Lyhytaikainen mitoitus (käytönaikainen)

Padon vahingonvaara arvioidaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin perusteella (BAT 5) ja tämän perusteella valitaan mitoitustulvan toistuvuus.

- Mikäli padon vahingonvaara on pieni, käytetään 1/200 vuodessa esiintyvää tulvaa mitoitustulvana.
- Keskisuuren vahingonvaaran padolle käytetään kerran 500 tai 1 000 vuodessa olevaa tulvaa mitoitustulvana.
- Suuren vahingonvaaran aiheuttavalle padolle käytetään suurinta todennäköistä tulvaa (Probable Maximum Flood, PMF) mitoitustulvana.

Pitkäaikainen mitoitus (jälkihoitovaihe)

Suurinta todennäköisintä tulvaa tulee käyttää mitoitusluvana kaikille padoille riippumatta tunnistetusta vahingonvaarasta.

Toimintavaihe

Mitoitusluvun oikeellisuutta tulee arvioida käytön aikana. Toimintavaiheessa tulee myös varmistua siitä, että kaivannaisjätealue täyttää tulvan mitoituksen kriteerit (BAT 11, BAT 12, BAT 14 ja BAT 22).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Mitoitusluvun oikeellisuutta tulee seurata ja arvioida sulkemisen ja jälkihoidon aikana. Tulvaa tulee myös varmistua siitä, että kaivannaisjätealueen rakennelmat täyttävät tulvan mitoituksen kriteerit (BAT 11, BAT 12, BAT 14 ja BAT 22).

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 19 -päätelmässä kuvatus tekniikan soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5). Päätelmää voidaan soveltaa yhdessä BAT 14, BAT 18, BAT 20 ja BAT 22 kanssa.

Suomessa patojen rakentamista ohjaa patoturvallisuuslaki (494/2009) ja valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta (319/2010). Patoturvallisuuslain 2 § mukaan "*lakia sovelletaan patoihin niihin kuuluvine rakennelmineen ja laitteineen riippumatta siitä, mistä aineesta tai millä tavalla pato on rakennettu tai mitä ainetta sillä padotetaan.*" Lain ja asetuksen perusteella on laadittu patoturvallisuusopas (Isomäki et al. 2012), jossa todetaan, että:

"Patoja ovat vesistöpadot sekä terveydelle tai ympäristölle haitallisia tai vaarallisia aineita padottavat jätepadot. Kaivostoimintaan liittyviä kaivospiirin alueella sijaitsevia patoja kutsutaan kaivospadoiksi. Kaivospadot ovat joko jäte- tai vesistöpatoja.

"Patoturvallisuuslakia sovelletaan myös tilapäisesti padottaviin rakenteisiin. Näitä ovat esimerkiksi rakenteina pysyvät, mutta vain tavanomaista korkeamman vedenpinnan aikana padottavat tulvaperkeet ja väliaikaisiksi tarkoitettut padot kuten työpadot."

Suomessa patoturvallisuuslain 7 § ja patoturvallisuusasetuksen 2 § ja 3 § määräävät vesistöpadon hydrologisesta mitoituksesta seuraavaa:

- 1-luokan padon mitoitusluvana käytetään kerran 5 000–10 000 vuodessa esiintyvää tulvaa.
- 2-luokan padolla mitoitusluvuksi on kerran 500–1 000 vuodessa esiintyvä tulva.
- 3-luokan padolla kerran 100–500 vuodessa esiintyvä tulva.

Patoturvallisuusasetuksen 3 §:ssä sanotaan, että vesistöpatojen hydrologista mitoitusta käytetään soveltuvin osin myös muiden patojen hydrologiseen mitoitukseen.

Patoturvallisuusoppaassa todetaan, että jäte- ja kaivospatojen hydrologinen mitoitus on osa laitoksen tai kaivoksen vesitasetta. Altaisiin ei useimmiten pääse altaan ulkopuolisia valumavesiä, jolloin mitoitustulva muodostuu suorasta sadannasta ja sulamisenaikaisesta allasalueen valumasta sekä altaan käyttöön liittyvästä täytöstä. Hydrologisessa mitoituksessa tulee ottaa huomioon altaan tarvittava varastokapasiteetti myös häiriötilanteiden varalta. Erityisesti tämä tulee huomioida, mikäli esimerkiksi ympäristölupamääräykset rajoittavat juoksutuksia. Muutoin jäte- ja kaivospadoille sovelletaan vesistöpadoille esitettyjä mitoitustulvan toistuvuuksia, joiden mukaan altaan juoksutuskapasiteetti tulee mitoittaa.

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.3.4.3 ja 5.3.1.1.3.4.2. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- EN 1997-1: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-1-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>
- EN 1997-2: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koestus, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-2-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>
- Geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaiset käsitteet ja periaatteet, Suomen Geoteknillinen yhdistys, monitointitoimikunta, <https://sgy.fi/toiminta/toimikunnat/monitorointitoimikunta/>
- InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, www.rakennustieto.fi/infraryl/
- Isomäki, E., Maijala, T., Sulkakoski, M., Regina, T. & Torkkel, M. (toim.) 2012. Patoturvallisuusopas 2012. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 89/2012. Päivitetty 12/2018. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Padot_ja_patoturvallisuus/Opas/
- Patoturvallisuuslaki (494/2009), www.finlex.fi/
- RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi
- RIL 201-2-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi
- RIL 201-3-2013 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Vesirakenteet
- RIL 207-2009 Geotekninen suunnittelu. Eurokoodi
- RIL 263-2014 Kaivanto-ohje
- Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta (319/2010), www.finlex.fi/

6.10 BAT-päätelmä 20 – Vapaan veden hallinta

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen rakenteellisen vakavuuden varmistamiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

Vapaan veden poistojärjestelmät

- BAT 20a. Pystysuora dekantointitorni
- BAT 20b. Dekantointikaivo
- BAT 20c. Dekantointikouru tai kallistettu dekantointi

- BAT 20d. Kelluva dekantointijärjestelmä
- BAT 20e. Suotovedenpinnan lasku sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa.

Rantavyöhyke

- BAT 20f Rantavyöhykkeen vähimmäispituus.

Kuivavara

- BAT 20g. Kuivavara.

Hätäjuoksutus/hätäpurku

- BAT 20h. Kookkaat (suuridimensionaaliset) putket
- BAT 20i. Vaihtoehtoinen juoksutus
- BAT 20j. Ohijuoksutusaukko tai avoin kanava luonnonmaassa
- BAT 20k. Ylisyoxyaukko
- BAT 20l. Kahdennettu dekantointijärjestelmä.

BAT 20 – yleiskuvaus

Vapaan veden hallinta

BAT 20 -tekniikassa kuvataan vapaan veden hallintaa patoaltaissa. Hallintakeinoja ovat vedenpoistojärjestelmät, padon vähimmäisetäisyys vapaaseen veteen, riittävä kuivavara ja hätäjuoksutusratkaisut.

Vapaan veden pinnantaso tulee pitää riittävän alhaalla turvallisuussyistä, mutta toisaalta vettä pitää olla riittävästi, jotta kiintoaines voi laskeutua altaan pohjalle, ja että prosessike- mikaalien hajoaminen voi tapahtua.

Kiintoainetta sisältävillä kaivannaisjätepadoilla (rikastushiekka-allas), erityisesti jos patoa on korotettu ylävirtaan tai keskilinjaa muuttamatta, on oleellista, että altaan vesitilavuus pidetään mahdollisimman pienenä ja kuivavara riittävän suurena.

Vapaan veden onnistunut poistaminen vaatii pääasiassa purkurakenteen tai dekantointijärjestelmän, joka on käytettävissä myös padon harjan nostojen jälkeen. Veden poisto voidaan hoitaa myös pumppujen avulla. Poistettu vesi joko palautetaan prosessiin tai vedenkäsittelylaitokselle, jonka jälkeen se puretaan vesistöön. Purkurakenne käsittää yleensä kaksi elementtiä: padon korotuksiin mukautuva purkuaukko (BAT 20a–BAT 20d) sekä putkisto altaan pohjassa ja padon läpi tai alta. Putkiston avulla vesi johdetaan pois patoaltaassa poikkeustilanteissa.

BAT 20a Pystysuora dekantointitorni

Pystysuora dekantointitorni on pysyvä rakenne, joka poistaa altaan pinnalta vapaan veden painovoimaisesti. Vesi johdetaan altaan pohjassa olevan putken kautta pois. Dekantointitornien on todettu toimivan hyvin kylmissä olosuhteissa positiivisen vesitaseen kanssa. Tornin ja putkien mitoituksessa tulee ottaa huomioon lopulliset kuormitukset ja maanpaineet kaikkien korotuksien ja täyttöjen jälkeen. MWEI BREF-vertailuasiakirjan kuvassa 4.13 on esitetty periaatekuva pystysuorasta dekantointitornista.

BAT 20b Dekantointikaivo

Dekantointikaivo on pysyvä rakenne, joka poistaa vettä altaan pinnalta. Kaivo sijaitsee likimain altaan keskellä ja siinä on rei'itetty putki, joka on ympäröity murskeella. Putken ympärillä oleva murske tukee putkea ja samalla se toimii suodattimena. Dekantointikaivon kanssa altaan pohjalle asennetaan vedenkeräysputket, jotka yhdistetään kaivoon. Vedenkeräysputket kuivattavat sijoitusaluetta ja nopeuttavat jätteen tiivistymistä. Kaivosta ei lähde purkuputkea padon ali vaan dekantointikaivoon johtunut vesi pumpataan takaisin laitosprosessiin. Tässä ratkaisussa on oleellista, että sadevesien pintavalunta on estetty altaaseen. Dekantointikaivot tulee mitoittaa niin, että ne kestävät kuormitukset koko laitoksen elinkaaren ajan. MWEI BREF -vertailuasiakirjan kuvassa 4.14 on esitetty periaatekuva dekantointikaivosta.

BAT 20c Dekantointikouru tai kallistettu dekantointi

Dekantointikouru tai kallistettu dekantointijärjestelmä on pysyvä rakenne ja se on asennettu altaan märkään luiskaan. Se on yleensä perustettu rinteeseen, mikäli allas rajautuu luonnollisiin maanmuodostumiin, mutta joskus myös padon märkään luiskaan. Rakenne mitoitetaan kestävänsä laitoksen koko elinkaaren aikaiset kuormitukset. MWEI BREF -vertailuasiakirjan kuvassa 4.15 on esitetty periaatekuva dekantointikourusta.

BAT 20d Kelluva dekantointijärjestelmä

Kelluva dekantointijärjestelmä tai nk. lauttajärjestelmä on liikuteltava järjestelmä, joka pumppaa pintavedet joko takaisin prosessiin tai laskeutusaltaaseen. Hyvänä käytäntönä pidetään varapumppuja, joita voidaan käyttää poikkeustilanteissa, joka voi olla esim. rankkasateen aiheuttama suuri tulovirtaama altaaseen. MWEI BREF -vertailuasiakirjan kuvassa 4.16 on esitetty periaatekuva kelluvasta dekantointijärjestelmästä.

BAT 20e Suotovedenpinnan lasku sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa

Kaivannaisjäteallas tulee kuivattaa, jotta jäte voi tiivistyä ennen altaan peittämistä. Tiivistyminen voi kestää pitkäänkin riippuen kaivannaisjätteen ominaisuuksista. Tästä johtuen voi

olla tarpeellista tehdä toimenpiteitä pölyn leviämisen estämiseksi painumisen ajaksi. Sadeveden imeytymisen estämiseksi altaan pinta tulisi muotoilla kaltevaksi altaan reunaa kohti ja täyttöalue tulisi ojittaa. Ideaalinen tavoitekallistus on 0,5–1 %.

Jälkihoitovaiheessa riittävä vakavuus tulee varmistaa poistamalla vesi kaivannaisjätteestä käyttäen moderneja suunnitteluperiaatteita, jotta voidaan varmistua riittävästä kuivatuksesta, ja että suotovedenpinnan taso on kontrolloitu. MWEI BREF -vertailuasiakirjan kuvassa 4.17 on esitetty kuivattavien altaiden tyypillisiä patorakenteita.

BAT 20f Rantavyöhykkeen vähimmäispituus

MTWR BREF-vertailuasiakirjan mukaan mineraalien erotusprosessista tullut lietemäinen kaivannaisjäte voidaan purkaa padon harjalta, jotta padon sisäluiskan puolelle saadaan muodostettua rantavyöhyke (MWEI BREF 2018, s. 260). Purettavasta lietteestä karkeampi aines asettuu lähemmäs padon sisäluiskaa, kun taas hienojakoisempi aines laskeutuu lähemmäs altaan keskellä olevaa pintavettä. Karkeampaa ainesta voidaan käyttää rakennusmateriaalina. Toiminnan sulkemisvaiheessa rantavyöhyke tulee peittää kuivapeitolla, jonka avulla voidaan estää veden ja hapen pääsy kaivannaisjätteeseen, mikä puolestaan estää kaivannaisjätteen rapautumista.

Rantavyöhykkeen pituuden (etäisyys padon harjalta vapaaseen veteen) on oltava riittävän suuri, mikäli pato on korotettu ylävirtaan tai keskilinjaa muuttamatta. Kun karkea aines pidetään lähellä padon luiskaa, lisääntyy padon lujuus ja se auttaa pitämään suotovedenpintaa alhaalla sekä myös mahdollistaa padon vakavuuden hallinnan. Rantavyöhykkeeltä vaadittava pituus riippuu padon aiheuttamasta vahingonvaarasta, läjitettävän aineen vesipitoisuudesta, kaivannaisjätteen ominaisuuksista ja paikallisista olosuhteista. Vapaavesi ei saa olla lähempänä padon harjaa kuin kymmenen kertaa padon korkeus.

Nykyisillä käytännöillä ja periaatteilla pyritään varmistamaan, että padolla on riittävä kuivatusjärjestelmä sekä rantavyöhyke kaikissa tilanteissa ml. äärimmäiset tulvatilanteet, ja että suotovedenpinnan korkeutta tarkkaillaan.

BAT 20g Kuivavara

Kuivavara on vapaan veden kulloisenkin pinnantason ja sen hetkisen padon harjan alimman korkeustason ero. Sulkemisvaiheessa tämä täytetään joko luonnon aineksilla tai keinotekoisilla aineksilla, jotta voidaan estää veden imeytyminen jätteeseen sekä kaivannaisjätteen hapettuminen ja rapautuminen.

Nykyisillä käytännöillä ja suunnitteluperiaatteilla pyritään varmistamaan, että padolla on riittävä kuivatus ja rantavyöhyke kaikissa tilanteissa ml. äärimmäiset tulvatilanteet, ja että suotovedenpinnan korkeus on kontrolloitu.

Hätäjuoksutus/hätäpurku

Kaivannaisjätealtaiden ja ohijuoksutusrakenteiden suunnittelu käsittää kaikkien ennustettavien ääritapahtumien huomioon ottamista, kuten äärimmäiset sadannat tai lumen sulamisen mukaan lukien ilmastonmuutosskenaariot. Riskiä voidaan kuitenkin pienentää lisäämällä hätäpurkujärjestelmien suunnittelu altaiden suunnittelun yhteyteen. Hätäpurkujärjestelmien on tarkoitus toimia automaattisesti ja niiden kautta tulee pystyä purkamaan kaikki ylimääräinen vesi, jota ei voida purkaa normaalien juoksutusrakenteiden läpi ilman, että padon turvallisuus vaarantuu. Tällä tavalla voidaan estää liiallinen vedenpinnan nousu tai estää ylivirtaus, joka äärimmäisessä tapauksessa voi johtaa patosortumaan.

BAT 20h Kookkaat putket

Padon läpi asennetaan suurikokoiset (suuridimensionaaliset) putket sellaiselle tasolle, että minimi kuivavara voidaan säilyttää kaikissa tilanteissa.

BAT 20i Vaihtoehtoinen purkuaukko

Mahdollistetaan veden johtaminen esim. toiseen altaaseen.

BAT 20j Ohijuoksutusaukko tai avoin kanava luonnonmaassa

Patoon suunnitellaan ohijuoksutusrakenteen tai avoin kanava luonnonmaahan asti, joiden kautta voidaan purkaa ylimääräinen vesi. Tässä tekniikassa tulee suunnitella eroosiosuojaus.

BAT 20k Ylisyöksyaukko

Patoon asennetaan ylisyöksyaukko, jonka kautta ylimääräinen vesi purkautuu vaarantamatta padon turvallisuutta. Tässä tekniikassa tulee suunnitella eroosiosuojaus.

BAT 20l Kahdennettu dekantointijärjestelmä

Tässä tekniikassa allas varustetaan ylisyöksyaukolla tai lautalla olevilla varapumpuilla, joita käytetään hätätapauksissa, mikäli vedenpinta nousee ja kuivavaran suunniteltu minimiarvo on alittumassa.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 20a Pystysuora dekantointitorni

Tekniikka soveltuu patoaltaille.

Suunnitteluvaihe

Sisällytetään suunnitteluun pysyvä dekantointijärjestelmä, jolla vapaa vesi poistetaan kaivannaisjätealtaan pinnalta painovoimaisesti ja vesi johdetaan altaan pohjassa olevan putken kautta pois. Pystysuora dekantointitorni suunnitellaan kestäväksi kaikki kaivannaisjätteiden läjityksestä aiheutuvat kuormitukset koko patoaltaan elinkaaren ajan (BAT 14 ja BAT 22).

Muut dekantointijärjestelmään liittyvät rakenteet tulee myös mitoittaa kestäväksi lopulliset (penger)kuormitukset, joita voi muodostua elinkaaren aikana (BAT 14 ja BAT 22).

Toimintavaihe

Vapaa vesi poistetaan dekantointitornin kautta samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Seurataan ja varmistetaan mitoitustulvan arvion oikeellisuus. Varmistetaan, että kaivannaisjätteen jätealue täyttää kaikki mitoitustulvan kriteerit (BAT 11, BAT 12, BAT 14 ja BAT 22).

BAT 20b Dekantointikaivo

Tekniikka soveltuu patoaltille.

Suunnitteluvaihe

Sisällytetään suunnitteluun pysyvä dekantointijärjestelmä vapaan veden poistamiseksi. Dekantointijärjestelmä koostuu rei'itetystä putkesta, joka on ympäröity murskeella. Tässä tekniikassa padon läpi ei asenneta putkea.

Dekantointikaivo suunnitellaan kestäväksi lopullinen kuormitus, jonka läjitetty kaivannaisjäte aiheuttaa sekä muut kuormitukset, joita se tulee kohtaamaan elinkaarensa aikana (BAT 14 ja BAT 22).

Toimintavaihe

Vapaa vesi poistetaan dekantointikaivolla samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Seurataan ja varmistetaan mitoitustulvan arvion oikeellisuus. Varmistetaan, että kaivannaisjätteen jätealue täyttää kaikki mitoitustulvan kriteerit (BAT 11, BAT 12, BAT 14 ja BAT 22).

BAT 20c Dekantointikouru tai kallistettu dekantointi

Tekniikka soveltuu patoaltille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluun sisällytetään pysyvä dekantointijärjestelmä, joka on yleensä perustettu luonnolliseen maaperään altaan reunalle ja joskus padon sisäluiskaan.

Dekantointikouru tai kallistettu dekantointijärjestelmä tulee suunnitella kestäväksi lopullinen kuormitus, jonka läjitetty kaivannaisjäte aiheuttaa sekä muut kuormitukset, joita se tulee kohtaamaan elinkaarensa aikana (BAT 14 ja BAT 22).

Toimintavaihe

Vapaa vesi poistetaan käyttäen dekantointikourua tai kallistettua dekantointijärjestelmää samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Seurataan ja varmistetaan mitoitustulvan arvion oikeellisuus. Varmistetaan, että kaivannaisjätteen jätealue täyttää kaikki mitoitustulvan kriteerit (BAT 11, BAT 12, BAT 14 ja BAT 22).

BAT 20d Kelluva dekantointijärjestelmä

Tekniikka soveltuu patoaltille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluun sisällytetään liikuteltava dekantointijärjestelmä kelluvilla alustoilla, joihin on asennettu pumpput.

Toimintavaihe

Toimintavaiheessa vapaa vesi poistetaan kelluvalla dekantointijärjestelmällä samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Tarkkaillaan ja varmistetaan, että penkereiden kuivatus on toimiva, ja että suotovedenpinnan taso on hallinnassa.

BAT 20e Suotovedenpinnan lasku sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa

Tekniikka soveltuu patoaltille.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Suotovedenpintaa lasketaan pysyvästi koko sulkemisvaiheen ajan käyttämällä nykyaikaisia menetelmiä ja periaatteita, jotta voidaan varmistua riittävästä patojen kuivatuksesta ja

suotovedenpinnan tason hallinnasta. Kuivatettavilla (pato)altailla suotovedenpinta laske-
taan pitkäaikaisesti.

BAT 20f Rantavyöhykkeen vähimmäispituus

Tekniikka soveltuu patoaltille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluun sisällytetään vähimmäispituus rantavyöhykkeelle padon vakavuuden var-
mistamiseksi. Vähimmäispituus määräytyy padon vahingonvaaran (BAT 5), kaivannaisjät-
teen vesipitoisuuden ja ominaisuuksien sekä paikallisten olosuhteiden perusteella.

Suunnittelussa tulee käyttää nykyaikaisia periaatteita, jotta voidaan varmistua patojen
riittävästä kuivatuksesta ja siitä, että rantavyöhykkeen pituus on riittävä kaikissa tilanteissa
ml. äärimmäiset tulvat, ja että suotovedenpinnan taso on hallinnassa.

Toimintavaihe

Tarkkaillaan rantavyöhykettä ja pidetään se riittävänä samalla soveltaen hallintajärjestelmien
kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Tarkkaillaan ja varmistetaan, että penkereiden kuivatus on toimiva, ja että suotovedenpin-
nan taso on hallinnassa.

BAT 20g Kuivavara

Tekniikka soveltuu patoaltille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluun sisällytetään vähimmäiskuivavara, joka toteutuu myös mitoitustulvati-
lanteissa (PMF) riittävällä rantavyöhykkeellä. Vähimmäiskuivavara on joko määritetty
ICOLD-ohjeiden tai tiukempien kansallisten ohjeiden mukaisesti.

Suunnittelussa tulee käyttää nykyaikaisia periaatteita, jotta voidaan varmistua penkerei-
den riittävästä kuivatuksesta, ja että kuivavara on riittävä kaikissa tilanteissa ml. äärimmäi-
set tulvat ja suotovedenpinnan taso on hallinnassa.

Toimintavaihe

Tarkkaillaan kuivavaraa ja pidetään se riittävänä samalla soveltaen hallintajärjestelmien
kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Tarkkaillaan ja varmistetaan, että penkereiden kuivatus on toimiva, ja että suotovedenpinnan taso on hallinnassa.

BAT 20h Kookkaat putket

Tekniikka soveltuu patoaltille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitelmiin tulee sisällyttää suuridimensionaalisten putkien asennus padon läpi sellaiselle tasolle, että vähimmäiskuivavara voidaan säilyttää kaikissa tilanteissa.

Toimintavaihe

Ylläpidetään suurikokoisten putkien hätäohjuusputkuskapasiteettia samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Seurataan ja varmistetaan mitoitustulvan arvion oikeellisuus. Varmistetaan, että kaivannaisjätteen jätealue täyttää kaikki mitoitustulvan kriteerit (BAT 11, BAT 12, BAT 14 ja BAT 22).

BAT 20i Vaihtoehtoinen purkuaukko

Tekniikka soveltuu patoaltille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluun sisällytetään vaihtoehtoinen purkuaukko, mahdollisesti toiseen altaaseen. Vaihtoehtoisten purkurakenteiden tulee kestää lopullinen (penger)kuormitus koko elinkaaren ajan (BAT 14 ja BAT 22), silloin kun se on mahdollista.

Toimintavaihe

Hätäohjuusputkusta varten pidetään kunnossa vaihtoehtoista purkuaukkoa samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Seurataan ja varmistetaan mitoitustulvan arvion oikeellisuus. Varmistetaan, että kaivannaisjätteen jätealue täyttää kaikki mitoitustulvan kriteerit (BAT 11, BAT 12, BAT 14 ja BAT 22).

BAT 20j Ohijuoksutusaukko tai avoin kanava luonnonmaassa

Tekniikka soveltuu patoaltille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluun sisällytetään tulva-aukko tai avoin kanava luonnollisessa maaperässä. Tulva-aukon tai kanavan tulee toimia automaattisesti ja niiden kautta on pystyttävä purkamaan kaikki ylimääräinen vesi vaarantamatta padon turvallisuutta. Tällaisille järjestelmille eroosiosuojaus on keskeistä.

Toimintavaihe

Hätäjuoksutusta varten pidetään tulva-aukko tai avokanava kunnossa samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Seurataan ja varmistetaan mitoitustulvan arvion oikeellisuus. Varmistetaan, että kaivannaisjätteen jätealue täyttää kaikki mitoitustulvan kriteerit (BAT 11, BAT 12, BAT 14 ja BAT 22).

BAT 20k Ylisyöksyaukko

Tekniikka soveltuu patoaltille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluun sisällytetään ylisyöksyaukko patorakenteeseen. Aukon kautta tulee voida purkaa ylimääräinen vesi altaasta vaarantamatta padon turvallisuutta.

Toimintavaihe

Hätäohijuoksutusta varten pidetään ylisyöksyaukkoa kunnossa samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Seurataan ja varmistetaan mitoitustulvan arvion oikeellisuus. Varmistetaan, että kaivannaisjätteen jätealue täyttää kaikki mitoitustulvan kriteerit (BAT 11, BAT 12, BAT 14 ja BAT 22).

BAT 20l Kahdennettu dekantointijärjestelmä

Tekniikka soveltuu patoaltille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitelmiin sisällytetään toinen dekantointilaitos (esim. hätäylisyöksey) ja/tai varapump-
puja lautoilla hätätilanteita varten. Toista dekantointilaitosta käytetään, mikäli altaan vesi-
pinta nousee ja vähimmäiskuivavara on alittumassa.

Toimintavaihe

Hätäohijuoksutusta varten ylläpidetään kahdennettua dekantointilaitosta samalla sovel-
taen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut
(BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Seurataan ja varmistetaan mitoitustulvan arvion oikeellisuus. Varmistetaan, että kaivannais-
jätteen jätealue täyttää kaikki mitoitustulvan kriteerit (BAT 11, BAT 12, BAT 14 ja BAT 22).

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 20 -päätelmässä kuvattujen tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoite-
taan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5). BAT 20 -päätelmää voidaan
soveltaa yhdessä BAT-päätelmien 14,18,19 ja 22 kanssa. Lisäksi BAT 20f–BAT 20g -päätel-
miä voidaan soveltaa yhdessä BAT 21 kanssa.

BAT 20a -päätelmää, pystysuora dekantointitorni, voidaan yleensä soveltaa:

- ilmastoissa, joissa ei ole pitkiä sateettomia kausia ja joissa on positiivinen vesitase
- tasamaalle penkereillä rajatuissa altaissa (paddock style ponds).

BAT 20a -päätelmää voidaan kuitenkin käyttää vain, jos dekantointitorni on jatkuvasti
veden ympäröimä.

BAT 20b -päätelmää, dekantointikaivo, voidaan yleensä soveltaa:

- ilmastoissa, joissa on pitkiä sateettomia kausia sekä negatiivinen vesitase
- tasamaalle penkereillä rajatuissa altaissa
- jos ylläpidetään korkeaa kuivavaraa käytön aikana.

BAT 20c -päätelmää, dekantointikouru tai kallistettu dekantointi, voidaan yleensä soveltaa
vapaan veden hallintaan altaissa.

BAT 20d -päätelmä, kelluva dekantointijärjestelmä, ei sovellu pieniin altaisiin.

BAT 20f -päätelmä, suotovedenpinnan laskeminen, ei sovellu kuiva-aineiden varastointiin.

BAT 20j -päätelmää, ohjjuoksutusaukko tai avoin kanava luonnonmaassa, ei voida käyttää tasamaalle penkereillä rajatuissa altaissa.

BAT 20g -päätelmän, kuivavara, osalta on huomioitava, että patoturvallisuusoppaassa todetaan kuivavarasta seuraavaa:

"PTA 5 §:n 1 momentin mukaan 1- ja 2-luokan padon korkeuden on oltava riittävä padon turvallisuuden varmistamiseksi kaikissa käyttötilanteissa. Maapadon kuivavaralla tarkoitetaan padon harjan ja HW-tason välistä eroa. Rikastushiekka-altailla HW-tasolla tarkoitetaan altaan ns. vapaan veden ylintä pintaa. Se määräytyy joko HW:n aikaisen suurimman aallonkorkeuden tai routamitoituksen perusteella. Routasyvyys on useimmiten määräävä tekijä. 1- ja 2-luokan maapatojen kuivavaran tulisi olla vähintään kerran 10 vuodessa toistuva roudan syvyys, jota voidaan vähentää patorakenteen routasuojauksella ja muilla rakenteellisilla ratkaisuilla. Kuivavaran tulee kuitenkin olla vähintään 1,75 kertaa suurin aallonkorkeus. 3-luokan maapadot tulisi mitoittaa vastaavasti vähintään kerran 5 vuodessa toistuvan roudan syvyyden perusteella."

Lisäksi patoturvallisuusoppaassa todetaan rantavyöhykkeestä seuraavaa:

"Rikastushiekalla korotettujen patojen käytössä tulee huolehtia, että allasta täytetään suunnitelmallisesti. Rikastushiekan muodostama rantavyöhyke (engl. beach) on aina riittävän pitkä eikä vapaa vesi pääse kosketuksiin rikastushiekka- tai louhekorotuksen kanssa."

Esimerkki kohteita Suomesta

Pyhäsalmi Mine Oy:n Pyhäsalmen kaivos ja Hituran kaivos Nivalassa.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.3.4.4, 4.2.1.3.4.5 ja 5.3.1.1.3.4.3. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

EN 1997-1: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt,

<https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-1-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>

EN 1997-2: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koestus,

<https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-2-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>

Geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaiset käsitteet ja periaatteet, Suomen Geoteknillinen yhdistys, monitointitoimikunta, <https://sgy.fi/toiminta/toimikunnat/monitorointitoimikunta/>

InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, www.rakennustieto.fi/infraryl/

Isomäki, E., Maijala, T., Sulkakoski, M., Regina, T. & Torkkel, M. (toim.) 2012. Patoturvallisuusopas 2012.

Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 89/2012. Päivitetty 12/2018.

https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Padot_ja_patoturvallisuus/Opas/

Patoturvallisuuslaki (494/2009), www.finlex.fi/

RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi.

RIL 201-2-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi.

RIL 201-3-2013 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Vesirakenteet.

RIL 207-2009 Geotekninen suunnittelu. Eurokoodi.
Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013), www.finlex.fi
Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta (319/2010), www.finlex.fi/

6.11 BAT-päätelmä 21 – Kuivatusjärjestelmät

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen rakenteellisen vakavuuden varmistamiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 21a. Patojen ja altaiden kuivatusjärjestelmät
- BAT 21b. Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmät.

BAT 21 – yleiskuvaus

BAT 21a Patojen ja altaiden kuivatusjärjestelmät

BAT 21a -tekniikassa kuvataan kuivatusjärjestelmän suunnittelu. Altaan ja padon vakavuuden varmistamiseksi kuivatusjärjestelmällä kerätään kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaiset vedet altaasta tai padosta. Kuivatusjärjestelmien käytöllä myös estetään ja pienennetään suotautumista maaperään.

Pystysuorat suodattimet asennetaan padon tiivissydämen ja tukipenkereen väliin. Padon kuivan luiskan juureen asennetaan myös suodatin ja sitä tukemaan voidaan asentaa kärkeä louhetta. Padon luiskan juureen rakennetaan oja, johon kerätään suotovedet, jotta suotovesien määrää ja laatua voidaan tarkkailla.

Padon läpi suotautuva vesi voi aiheuttaa sisäistä eroosiota, mikä on yleinen vauriomekanismi isoilla padoilla. Sisäistä eroosiota voidaan estää, mikäli hydraulisen gradientin (esim. suotovedenpinnan yläpinta) kaltevuus on pieni kuten luonnollisissa maanperäolosuhteissa. Tällaiset rakenteet ovat riittävän vakaita estämään pohjaveden virtausta. MTWR BREF -vertailuasiakirjan mukaan yleisenä sääntönä voidaan pitää, että maaluiska ei ole altis sisäiselle eroosiolle, mikäli hydraulinen gradientti on pienempi kuin puolet maaperän kitkakulmasta (MWEI BREF 2018, s. 267). Sisäistä eroosiota voidaan myös estää käyttämällä materiaaleja, jotka ovat sisäisesti stabiileja ja suunnittelemalla suodatinkerros täyttäen suodatinkriteerit.

Kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien hallinta on ensiarvoisen tärkeää päivittäisen ympäristöllisen suoriutumisen ja onnettomuuksien ehkäisemisen näkökulmasta. Kaivannaisjätealueen kuivatusvesien hallinnasta tulee huolehtia myös patorakenteiden

rakentamisen aikana. Tarkkailemalla suotovesimääriä ja ymmärtämällä paikalliset olosuhteet, kuten meteorologia, vapaan veden määrä altaissa tms., voidaan havaita mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ongelmat patorakenteessa. Lisääntynyt vesimäärä ja/tai samentunut suotovesi voi olla merkki sisäisen eroosion alkamisesta. Vastaavasti pienentynyt vesimäärä voi olla merkinä suodattimen tukkeutumisesta.

Altaan ja ympäröivän maaperän hydraulisesta gradientista johtuen kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaiset vedet eivät pelkästään suotaudu padon läpi vaan myös sen ali sekä altaan heikosti vettä läpäisevän pohjarakenteen läpi. Kohteiden hydrogeologisten erojen vuoksi on aina tehtävä kohdekohtaiset tutkimukset. Näiden tutkimusten ja kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisien vesien keräämisen tarpeellisuuden perusteella tulee valita tarvittavat kuivatusjärjestelmät.

Käytettäviä järjestelmiä, joita voidaan yhdistellä, ovat:

- kuivatusjärjestelmät asennettuna:
 - padottavan rakenteen alle
 - padottaan rakenteeseen
 - padon kuivan luiskan juureen, josta ne yleensä kerätään yhteen ja pumpataan
- kuivatusjärjestelmät asennettuna pohjarakenteen päälle
esim. kalanruotomallina
- yhtenäinen sorakerros pohjarakenteen päälle.

MTWR BREF -vertailuasiakirjan mukaan suotovedet, sisältäen kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaiset vedet, kerätään useimmiten painovoimaisesti kanavia ja putkia pitkin tai pumppaamalla (MWEI BREF 2018, s. 269).

BAT 21b Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmät

BAT 21b -tekniikassa kuvataan sopivan kuivatusjärjestelmän suunnittelu maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueelle, jolla kerätään kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaiset vedet, jotta voidaan varmistua sijoitusalueen fyysisestä vakavuudesta ja estää haitallisten vesien suotautuminen maaperään.

Erilaisia vesien keräysjärjestelmiä voidaan käyttää yksin tai yhdistää kokonaisuudeksi maan päälle rakennetun kiinteän kaivannaisjätteen sijoitusalueen kuivatukseen:

- Keräilyojat kiinteän jätteen sijoitusalueen ympärille yhdessä päällystetyn luiskan alareunan kanssa kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien keräystä varten. Vesi johdetaan laskeutusaltaaseen tai tankkeihin. Mikäli

ojat eivät vietä riittävästi, käytetään pumppuja. Keräilyojien, altaiden ja tankkien tulee olla vettä läpäisemättömiä. Tämä voidaan saavuttaa käytämällä erilaisia materiaaleja kuten asfalttia, PE-putkia, betonia, savea tai HDPE-kalvoja.

- Salaojajärjestelmä pohjarakenteen päällä ja kaivannaisjätteen sijoitusalueen alla, esim. kalanruodon mallisena, josta kaivannaisjätteiden vaikutusten alainen vesi johdetaan keräysojiin.
- Yhdistelmäpohjarakenne, joka koostuu pohjarakenteesta ja kuivatusjärjestelmästä, uusille sijoitusalueille tai laajennuksille.
- Kivisalaoja sijoitusalueen pohjalla, kaivannaisjätteen läjityksessä karkein aines usein päätyy läjityksen pohjalle luoden samalla kivisalaojan. Riippuen alueen topografiasta tällainen keräysjärjestelmä voi olla hyödyllinen kuivatusvedenhallinnassa.

MTWR BREF -vertailuasiakirjan mukaan sijoitusalueiden haittavaikutukset pohja- ja pintavesiin voidaan välttää vettä läpäisemättömällä luonnonmaakerroksella sijoitusalueen alla, pohjarakenteella, suoja-pumppauksilla tai alueen ympäryskuivatuksella (MWEI BREF 2018, s. 272). MWEI BREF -vertailuasiakirjan kuvassa 4.21 on esitetty maan päälle rakennetun kaivannaisjätteen sijoitusalueen suunnittelutapavaihtoehdot, joilla voidaan ehkäistä haitallisia vaikutuksia pohja- ja pintavesiin.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 21a Patojen ja altaiden kuivatusjärjestelmät

Tekniikka soveltuu altaille ja padoille.

Suunnitteluvaihe

Sisällytetään suunnitteluun sopiva kuivatusjärjestelmä, jolla kerätään kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaiset vedet altailta ja padoilta, jotta varmistetaan läjitetyn kaivannaisjätteen fysikaalinen vakaus ja estetään sekä ehkäistään suotoveden suotautuminen maaperään.

Esimerkkejä kuivatusjärjestelmistä ovat:

- kuivatusojat/salaojat, jotka asennetaan:
 - padon alle
 - patorakenteeseen
 - padon luiskan juureen
- kuivatusojat/salaojat asennetaan pohjarakenteen päälle esim. kalanruotomalliin (BAT 15b ja BAT 16e)

- jatkuva sorakerros, joka asennetaan pohjarakenteen päälle, paksuus yleensä 200–1 000 mm (BAT 15b ja BAT 16e).

Toimintavaihe

Rakennetaan kuivatusjärjestelmä altaille ja padoille sekä tarkkaillaan ja ylläpidetään niitä samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12)

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Varmistetaan siitä, että kaivannaisjätealueen rakennelmat täyttävät tulvan mitoituksen kriteerit (BAT 11, BAT 12, BAT 14 ja BAT 22).

BAT 21b Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmät

Tekniikka soveltuu kiinteän jätteen sijoitusalueille.

Suunnitteluvaihe

Sisällytetään suunnitteluun sopiva kuivatusjärjestelmä, jolla kerätään kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaiset vedet altailta ja padoilta, jotta varmistetaan läjitetyn kaivannaisjätteen fysikaalinen vakaus ja estetään sekä ehkäistään suotoveden suotautuminen maaperään.

Esimerkkejä kuivatusjärjestelmistä ovat:

- keräysojat läjityksen ympärillä
- kuivatusojat/salaojat läjityksen alla esim. kalanruotomallissa pohjarakenteen päällä (BAT 17c)
- jatkuva sorakerros, joka asennetaan pohjarakenteen päälle, paksuus yleensä 200–1 000 mm (BAT 17c).

Toimintavaihe

Rakennetaan kuivatusjärjestelmä maan päälle rakennetun kiinteän kaivannaisjätteen sijoitusalueelle sekä tarkkaillaan ja ylläpidetään järjestelmää samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Varmistetaan siitä, että kaivannaisjätealueen rakennelmat täyttävät tulvan mitoituksen kriteerit (BAT 11, BAT 12, BAT 14 ja BAT 22).

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 21 -päätelmässä kuvattujen tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5). BAT 21 -päätelmiä voidaan käyttää yhdessä BAT-päätelmien 18, 22 ja 42b kanssa.

Patoturvallisuusoppaassa todetaan maapatojen suodatinrakenteista ja kuivatusjärjestelmistä, että ne tulee mitoittaa siten, että ne pystyvät kaikissa olosuhteissa suojaamaan tiivistysosan sisäiseltä eroosiolta ja purkamaan padon läpi, ali ja ympäri suotautuvat vedet sekä tasaamaan mahdolliset virtausgradienttien huiput. Lisäksi patoturvallisuusoppaassa kerrotaan suosituksia padon suodatinrakenteen ja kuivatusjärjestelmän mitoitukseen (liite 11, kappale 1.5.6). Suodatinrakenteiden tulee täyttää rakeisuudelle asetetut kriteerit ja niiden vedenläpäisevyyden tulisi olla satakertainen suojattavaan rakenteeseen nähden. Kuivatusjärjestelmän on pystyttävä läpäisemään yli kymmenkertaisesti laskennallinen kokonaissuotovesimäärä. Kuivatusjärjestelmällä tarkoitetaan tässä sekä suodatinkerroksia että putkistoja ja ojia. Kuivatusjärjestelmän mikään osa ei saa padottaa. Suodatinkerrosten paksuuden mitoitus on osa suotovirtauslaskelmia. Sisäisen eroosion mahdollinen vaikutus tulee ottaa huomioon suodatinkerrosten mitoituksessa. (Isomäki et al. 2012).

Esimerkkikohteita Suomessa

BAT 21a: Boliden Kevitsa Mining Oy:n kaivos.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirja kappaleet 4.2.1.3.5.1, 4.2.1.3.5.2 ja 5.3.1.1.3.5. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

EN 1997-1: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt,

<https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-1-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>

EN 1997-2: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koestus,

<https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-2-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>

Geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaiset käsitteet ja periaatteet, Suomen Geoteknillinen yhdistys, monitointitoimikunta, <https://sgy.fi/toiminta/toimikunnat/monitorointitoimikunta/>

InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, www.rakennustieto.fi/infraryl/
 Isomäki, E., Maijala, T., Sulkakoski, M., Regina, T. & Torkkel, M. (toim.) 2012. Patoturvallisuusopas 2012. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 89/2012. Päivitetty 12/2018. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Padot_ja_patoturvallisuus/Opas/
 Patoturvallisuuslaki (494/2009), www.finlex.fi/
 RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi.
 RIL 201-2-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi.
 RIL 201-3-2013 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Vesirakenteet.
 RIL 207-2009 Geotekninen suunnittelu. Eurokoodi.
 Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013), www.finlex.fi/
 Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta (319/2010), www.finlex.fi/

6.12 BAT-päätelmä 22 – Kaivannaisjätteen sijoitusalueen geotekniset analyysit

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyen ja pitkäaikaisen rakenteellisen vakavuuden varmistamiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 22a. Geotekniset analyysit altaille ja padoille
- BAT 22b. Geotekniset analyysit maan päälle rakennetuille kiinteän jätteen sijoitusalueille.

BAT 22 – yleiskuvaus

BAT 22a Geotekniset analyysit altaille ja padoille

BAT 22a -tekniikassa kuvataan patojen ja altaiden fyysikaalinen vakavuus lyhyellä ja pitkällä aikavälillä ottaen huomioon kaikki mekanismit, jotka voivat vaikuttaa heikentävästi osittain tai kokonaan padon ja altaan rakenteelliseen vakavuuteen.

Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) mukaan padon ja altaan geotekniset analyysit käsittävät yleensä seuraavat asiat (UNECE 2014):

- Padon luiskien vakavuuden tarkastelu ml. Pohjarakenteen vakavuus.
- Padon perustuksen kantavuus ja vakavuus.
- Kaivannaisjätteen fyysikaalinen ja kemiallinen pysyvyys sis. juoksettuminen, sulaminen ja jäätyminen perustuen ICOLD:in ohjeisiin tai vastaaviin kansainvälisiin tai kansallisiin ohjeisiin.
- Sisäisen eroosion (*piping*) kestäminen ja pintaeroosiokestävyys.
- Arvio padon painumisesta, saman aikaisesti arvioitava maanjäristyksen mahdolliset vaikutukset.

- Vakavuusanalyysit liittyen vapaan veden poistojärjestelmiin, kuivatusjärjestelmiin ja hätäpurkuaukkoihin.

Kansainvälisen suurpatojärjestön mukaan padon geoteknisissä analyyseissä otetaan yleensä huomioon seuraavat asiat (ICOLD 1996, 2011b, 2016):

- Varastokapasiteetti ja padon korotusten tiheys.
- Suotovedenpinnan taso padossa.
- Vapaan veden aiheuttama kuormitus: vedestä aiheutuva suora kuormitus on huomioitava altaan mitoituksessa; mikäli vapaata vettä varastoidaan altaassa, tulee mahdollisen vaurion vaikutukset alueelle arvioida. Tapauksissa, joissa vapaa vesi on kaukana padosta ja vettä on varastoitu pitkiä aikoja, tulee mahdollisesti kohonnut suotovedenpinta ottaa huomioon mitoituksessa.
- Padoissa, perustuksissa ja altaiden pohjarakenteissa käytettyjen rakennusmateriaalien fysikaaliset ominaisuudet erityisesti käytettäessä geosynteettejä.
- Rakentamisen ja padon korottamisen geometria. Esimerkiksi ylävirtaan korottamisen menetelmässä vaurioalue käsittää usein ison määrän kaivannaisjätettä ja se voi leikata suotovedenpintaa, jolloin huokosvedenpaine tulee huomioida liukupinnassa (vioittuneessa pinnassa).
- Seisminen kuormitus ml. seismisten parametrien valinta, joita käytetään padon numeerisissa analyyseissä. (ICOLD 2016; wieland 2012).
- Kaivannaisjätteen fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista on huomioitava seuraavaa:
 - löyhän kaivannaisjätteen staattinen nesteytyminen: tämä voi johtua työkoneista aiheutuvista tärinäistä tai suotovedenpinnan noususta (hydraulinen murtuma). Tämä on tyypillistä tapauksissa, joissa läjitysnopeus on suurempaa kuin huokospaineiden tasaantuminen
 - dynaaminen nesteytyminen seismisessä kuormituksessa
 - jäätymiseen ja geokemiaan liittyvät kuormitukset kuten jäätymsulamissyklit erityisesti ikiroudan vaikutusalueella, hapettuminen ja kemialliset reaktiot sekä kaasusta aiheutuvat paineet.

Geoteknisissä analyyseissä tulee ottaa huomioon vesitasetarkastelun tulokset sekä toiminnan aikaiset tarkkailutulokset.

Padon rakenteellinen vakavuus tarkastellaan lyhyellä ja pitkällä aikavälillä ottaen huomioon kaivannaisjätteen sijoitusalueen tuleva sulkemis- ja jälkihoitovaihevaihe. Pitkän aikavälin tarkastelussa pätevät samat periaatteet kuin lyhyemmän aikavälin tarkastelussa, mutta pitkän aikavälin tarkastelussa ääri-ilmiöiden merkitys korostuu. Ääri-ilmiöiden toistuvuuden lisäksi tulee kiinnittää huomiota siihen, että altaan sulkemis- ja jälkihoitovaihe

on paljon pidempi kuin käyttövaihe. Varmuuskerroin kasvaa, kun otetaan erilaiset kuormitukset huomioon ja se, että pato rappeutuu hitaasti sadeveden, tuulen, jäätyksen, kasvillisuuden kasvamisen ja eläinten jäljiltä. Pitkällä aikavälillä eroosion, lämpötilan ja kasvillisuuden aiheuttamat vahingot voidaan välttää käyttämällä stabiileja padon rakennusmateriaaleja ja rakentamalla padon luiskat riittävän loiviksi, kaltevuuteen 1:3. MTWR BREF -vertailuasiakirjan mukaan vastaavia kaltevuuksia esiintyy luonnossa (MWEI BREF 2018, s. 275).

Seismiset suunnitteluparametrit

Seismiset parametrit tulee valita kohteen mukaisesti. Seismisessä suunnittelussa arvioidaan padon kestävyyttä seismisiä voimia vastaan ilman vaurioita, kykyä absorboida seismisiä voimia epäelastisilla muodonmuutoksilla, kokonaisvakavuutta ja luiskien vakavuutta.

Varmuuskertoimet

Euroopassa Eurokoodi 7-1 (EN 1997-1:2004 - Part 1) tai vastaava kansallinen standardi on käytössä. Eurokoodi 7-1 -standardin luvuissa 10-12 esitetään mitoitusohjeet penkereille ja hydrauliseen murtumiseen, kuten noste, sisäinen eroosio, pohjan nousua vastaan. Luvussa 12 käsitellään penkereitä ja pieniä patoja, joiden korkeus on alle 10 m. Suuremmilla padoilla on suositeltavaa käyttää kansainvälisiä standardeja ja ohjeita, kuten kansainvälisen suurpatojärjestön (ICOLD) julkaisut. Kansainvälisen suurpatojärjestön mukaan suuria patoja ovat padot, joiden korkeus on yli 15 m tai jos korkeus on 10–15 m, ja joku seuraavista ehdoista täyttyy: a) padon pituus on yli 500 m; b) altaan varastokapasiteetti on yli 1 Mm³ tai c) tulva-aukkojen kapasiteetti on yli 2 000 m³/s.

Eurokoodin 7-1 perusteella vaaditaan, että mitoitusapaukset tarkastellaan eikä oleelliset murtorajatilat ylity. Rajatilat käsittävät murtorajatilan ja käyttörajatilan, jotka varmistetaan laskelmilla (analyttinen, semiempiirinen tai numeerinen malli).

Patoturvallisuusoppaassa todetaan, että vakavuustarkasteluissa tulee käyttää kokonaisvarmuutta $\geq 1,5$ normaalissa jatkuvassa suototilassa ja kokonaisvarmuutta $\geq 1,3$ poikkeuksellisissa tilanteissa.

Tilanteessa, jossa geoteknistä käyttäytymistä on hankala arvioida suunnitteluvaiheessa ja kun suunnitelmia katselmoidaan rakentamisen aikana, voidaan käyttää seurantamenetelmää eurokoodin 7-1 mukaisesti. Menetelmässä tarkkaillaan, kerätään ja analysoidaan jatkuvasti dataa erilaisilla geoteknisillä mittauksilla, laboratorio- ja kenttäkokeilla ja numeerisilla malleilla, jotta voidaan varmistua suunnittelun lähtötietojen ja oletuksien oikeellisuudesta. Tarkkailuohjelma tulee olla suunniteltu kunnolla, jotta se tukee menetelmää; ei vain varmistamalla lähtötietojen oikeellisuus vaan myös havaitsemalla poikkeukselliset, epäsuotuisat olosuhteet.

Vahingonvaaran arviointi

Tärkeimmät hydrologiset parametrit, jotka liittyvät padon kestävyys, voidaan arvioida yksinkertaistetuilla yhteyksillä padon/altaan geometriaan (kuten padon korkeus, altaan tilavuus) ja kaivannaisjätteen hydraulisiin ominaisuuksiin. Kaivannaisjätteen padon murtuessa purkautuu vain osa kaivannaisjätteestä ja varastoidusta vedestä altaan ulkopuolelle. Tämä purkautuvan aineen tilavuus on hankala arvioida ennakolta. Arviointia varten on kehitetty empiirisiä laskentakaavoja. Kaavat on esitetty MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleessa 4.2.1.3.6.1.

Purkautuvan jätteen leviämistä voidaan mallintaa hydrodynaamisilla 2- tai 3-dimensio-naalisilla malleilla. Malleissa on suuret epävarmuudet esimerkiksi sen vuoksi, että jätealueelta ulospurkautuvan kaivannaisjätteen virtauksen ja maaperän pinnanmuotojen välistä yhteyttä on hankala ymmärtää, kun otetaan huomioon suuren mittakaavan pinnanmuodot ja kaivannaisjätteen pienen mittakaavan karheus. Kun nämä seikat otetaan huomioon, voidaan mallien avulla helpottaa ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioimista ja kartoittaa padon mahdollinen vahingonvaara-alue.

BAT 22b Geotekniset analyysit maan päälle rakennetuille kiinteän jätteen sijoitusalueille

Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen geotekninen vakavuus arvioidaan lyhyellä ja pitkällä aikavälillä ottaen huomioon kaikki mekanismit, jotka voivat vaikuttaa heikentävästi joko osittain tai kokonaisuudessaan sijoitusalueen vakavuuteen.

Sijoitusalueen geotekniset analyysit käsittävät usein arviot seuraavista:

- Luiskan kokonaisvakavuus mukaan lukien pohjarakenne. Tyypilliset luisien vaurioitumistavat ovat sortumat (vyörymät), joita lumen tai sateen vaikutus lisää. Pyörähdyliukupinnat, lohkosiiirtymät ja geosynteettien, esimerkiksi kalvojen, käytössä vauriot kalvojen kiinnityskohdissa.
- Sijoitusalueen pohjan kantavuus ja vakavuus. Ympyräliukupinnat voivat ulottua myös perustuksiin asti, mikäli pohjamaa on heikkoa.
- Kaivannaisjätteen fysikaalinen ja kemiallinen pysyvyys ml. nesteytyminen, sulaminen ja jäätyminen.

Sijoitusalueen geoteknisiin analyyseihin vaikuttavat seikat sen elinkaaren aikana ovat:

- Perustuksen ja pohjarakenteen fysikaaliset ominaisuudet, erityisesti tulee kiinnittää huomiota geosynteettien käyttöön.
- Läjityksen geometria ja rakentamisen heterogeenisyys, kuten materiaalin lajittuminen luiskan alareunaan suurissa läjityksissä tai sisäinen kerrostuminen.

- Läjityksen nousun suhteellinen nopeus verrattuna kaivannaisjätteen painumisnopeuteen (konsolidaationopeuteen).
- Suotovedenpinnan taso läjityksessä.
- Mahdolliset hydrauliset ja ilmastolliset olosuhteet, jotka voivat aiheuttaa huokospaineiden kasvua.
- Kuivatusjärjestelmät sijoitusalueella tai sen ympärillä.
- Mahdolliset poikkeukselliset staattiset kuormitukset (rakentamisen sijoitusalueiden reunalla, työkoneistosta tulevat kuormitukset) tai dynaamiset kuormitukset (maanjäristykset, louhinnat).
- Seisminen kuormitus ml. seismisten parametrien valinta.
- Kaivannaisjätteen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet:
 - nesteytyminen
 - jäätyminen ja geokemialliset kuormitukset kuten jäätymis-sulamissykli, erityisesti ikirouta-alueilla, hapettuminen, kemialliset reaktiot ja kaasuntuotto.

Löyhästi läjitetty kaivannaisjäte voi painua läjityksessä merkittävästi riippuen jätteen omasta painosta ja hajoamisesta.

Geoteknisissä analyyseissä tulee ottaa huomioon vesitasetarkastelun tulokset.

Sijoitusalueiden fysikaalinen vakavuus tulee tarkastella sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä, jälkimmäisessä tarkastelussa tulee painottaa enemmän äärimmäisiä seismisiä ja ilmastollisia tapahtumia. Seismiset parametrit tulee valita kohdekohtaisesti. Seismisessä suunnittelussa arvioidaan padon kestävyyttä seismisiä voimia vastaan ilman vaurioita, kykyä absorboida seismisiä voimia epäelastisilla muodonmuutoksilla, kokonaisvakavuutta ja luiskien vakavuutta.

Kun pohjarakenne sisältyy sijoitusalueeseen, voi maan ja tiivistekerroksen rajapinta olla kriittinen arvioitaessa luiskan vakavuutta. Rajapinnan kestävyys ja/tai lujuteen vaikuttaa useat parametrit kuten normaalikuormat, leikkauslujuus, maalaji, tiheys, vesipitoisuus ja kuivatusjärjestelmät sekä tiivistekerroksen ominaisuudet.

Sulkemisvaiheessa maan päälle rakennetut kiinteän kaivannaisjätteen sijoitusalueet luiskataan jätteelle ominaiseen kitkakulmaan, joka itsessään jo takaa hyvän pysyvyyden luiskille. Toisaalta luiskat voidaan muotoilla täytöillä (sis. kasvillisuuspeittokerroksen) sellaiseen kulmaan, että pitkäaikainen pysyvyys taataan, ja että se on suojattu tarpeeksi hyvin tuulen ja sateen aiheuttamaa eroosiota vastaan. Yleensä luiskaa 3:1 on pidetty vakaana.

Euroopassa geoteknisessä suunnittelussa on käytössä Eurokoodi 7-1 (EN 1997-1:2004 - Part 1) tai vastaava kansallinen standardi. Ohjeet luiskan vakavuuteen ja penkereisiin on annettu Eurokoodin kappaleissa 11 ja 12. Nesteytymispotentiaalia on tarkasteltu Eurokoodissa 8:

Maanjäristysmitoitus, ja erityisesti sen osassa 5 (perustukset, tukimuurit ja geotekniset näkökohdat). Eurokoodin 7 mukaista seurantamenetelmää on kuvattu BAT-päätelmässä 22a.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 22a Geotekniset analyysit altaille ja padoille

Tekniikka soveltuu altaille ja padoille.

Suunnitteluvaihe

Geoteknisessä analyysissä tulee pohtia kaikkia mekanismeita, jotka voivat vaikuttaa heikentävästi padon ja altaan rakenteelliseen kestävyysasteeseen joko osittain tai kokonaan.

Fysikaalinen vakavuus tulee arvioida Eurokoodin 7-1 mukaisesti tai vastaavan kansallisen standardin mukaan. Suurten patojen tapauksessa tulee noudattaa ICOLD:n ohjeita tai vastaavia kansallisia standardeja.

Geotekniset analyysit käsittävät yleensä seuraavat asiat:

- padon luiskien kokonaisvakavuus ml. altaan pohjarakenne
- padon perustuksien kantavuus ja vakavuus
- kaivannaisjätteen fysikaalinen ja kemiallinen pysyvyys ml. nesteytyminen, sulamis-jäätymissyklit ICOLD:n tai vastaavien kansainvälisten ja kansallisten ohjeiden mukaisesti
- sisäisen eroosion vastustus (esim. piping) ja pintaeroosio
- vapaan veden poistojärjestelmien, kuivatusjärjestelmien ja hätäpurkuaukkojen vakavuus
- rantasuojaukset (bunds) tarvittaessa.

Vesitasetarkastelun (BAT 18a) tulokset tulee ottaa huomioon geoteknisissä analyysissä.

Seismisten parametrien valinnan tulee perustua kohdekohtaiseen seismisten riskien analyysiin.

Soveltamalla Euroodia 7-1, valitaan suunnittelussa käytettävät osavarmuuskertoimet standardin liitteen A mukaisesti. Luiskien kokonaisvakavuus analysoidaan käyttäen GEO- tai STR-murtoarvoja.

- ylimitoituserroin (ODF) tulee olla vähintään 1, kun se on kestävyysasteen mitoitusarvon (Rd) ja kuormien vaikutuksen mitoitusarvon (Ed) suhde.

Nesteytymispotentiaalia on tarkasteltu Eurokoodissa 8 (Maanjäristysmitoitus), erityisesti sen osassa 5 (perustukset, tukimuurit ja geotekniset näkökohdat).

Käyttämällä vastaavia kansallisia standardeja, jotka eivät käytä osavarmuusmenetelmää, tulee käyttää kokonaisvarmuusmenetelmää:

- varmuuskertoimen tulee olla vähintään 1,3 poikkeuksellisissa oloissa yhdistettynä mitoitusylivirtaamaan tai äkillisissä vedenpinnan laskuissa
- varmuuskertoimen tulee olla vähintään 1,5 toimintavaiheessa (lyhyt aikainen vakavuus) ja jälkihoitovaiheessa (pitkäaikainen vakavuus).

Toimintavaihe

Arvioidaan geoteknisiä analyysejä samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Kun geoteknisen käyttäytymisen ennustaminen on vaikeaa, ja kun suunnittelua tarkastellaan uudelleen rakennusaikana, voidaan soveltaa seurantamenetelmää Eurokoodin 7-1 mukaisesti tai vastaavaa.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Arvioidaan geoteknisiä analyysejä samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

BAT 22b Geotekniset analyysit maan päälle rakennetuille kiinteän jätteen sijoitusalueille

Tekniikka soveltuu kiinteän jätteen sijoitusalueille.

Suunnitteluvaihe

Geoteknisissä analyyseissä tulee pohtia kaikki mekanismit, jotka voivat vaikuttaa heikentävästi sijoitusalueiden rakenteelliseen kestävyys joko osittain tai kokonaan.

Fysikaalinen vakavuus tulee arvioida Eurokoodin 7–1 tai vastaavan kansallisen standardin mukaisesti.

Geotekniset analyysit käsittävät yleensä seuraavat asiat:

- läjityksen luiskien kokonaisvakavuus ml. altaan pohjarakenne
- sijoitusalueiden perustuksien kantavuus ja vakavuus
- kaivannaisjätteen fysikaalinen ja kemiallinen pysyvyys ml. nesteytyminen, sulamis-jäätymissyklit
- kuivatusjärjestelmien vakavuus.

Vesitasetarkastelun (BAT 18a) tulokset tulee ottaa huomioon geoteknisessä suunnittelussa.

Seismisten parametrien valinta tulee perustua kohdekohtaiseen seismisten riskien analyysiin.

Soveltamalla Euroodia 7–1 valitaan osavarmuuskertoimet standardin liitteen A mukaisesti. Luiskien kokonaisvakavuus analysoidaan käyttäen GEO- tai STR-murtorajatiloja.

- ylimitoituserroin (ODF) tulee olla vähintään 1, kun se on kestävyuden mitoitusarvon (Rd) ja kuormien vaikutuksen mitoitusarvon (Ed) suhde.

Nesteytymispotentiaalia on tarkasteltu Eurokoodi 8 (Maanjäristysmitoitus), erityisesti sen osaa 5 (perustukset, tukimuurit ja geotekniset näkökohdat).

Käyttämällä vastaavia kansallisia standardeja, jotka eivät käytä osavarmuusmenetelmää, tulee käyttää kokonaisvarmuusmenetelmää.

- varmuuskertoimen tulee olla vähintään 1,3 toimintavaiheessa (lyhytaikainen vakavuus) tai vastaava turvallisuustaso, joka on määritettävissä numeeristen mallien perusteella ottaen huomioon BAT 2, BAT 4 ja BAT 5 sekä niissä olevat epävarmuudet
- varmuuskertoimen tulee olla vähintään 1,5 jälkihoitovaiheessa (pitkäaikainen vakavuus) tai vastaava turvallisuustaso, joka on määritettävissä numeeristen mallien perusteella ottaen huomioon BAT 2, BAT 4 ja BAT 5 sekä niissä olevat epävarmuudet olettaen, että tehdään tarpeen vaatimaa tarkkailua.

Toimintavaihe

Arvioidaan geoteknisiä analyysejä samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Kun geoteknisen käyttäytymisen ennustaminen on vaikeaa, ja kun suunnittelua tarkastellaan uudelleen rakennusaikana, voidaan soveltaa seurantamenetelmää Eurokoodin 7-1 mukaisesti tai vastaavaa.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Arvioidaan geoteknisiä analyysejä samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sovellattavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 22 -päätelmässä kuvattujen tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5). Ohjeessa RIL 207-2017

Geotekninen suunnittelu on esitetty kansallisia sovelluksia Eurokoodista 7-1 ja ympäristöministeriö on laatinut ohjeen ”Rakenteiden lujuus ja vakaus, pohjarakenteiden suunnittelu”, jossa kuvataan kantavien rakenteiden suunnitteluperusteita koskevat suositukset 1.1.2017 alkaen.

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirja kappaleet 4.2.1.3.6.1, 4.2.1.3.6.2 ja 5.3.1.1.3.6.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- EN 1997-1: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-1-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>
- EN 1997-2: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koestus, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-2-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>
- EN1998-5: Eurocodes 8. Design of structure for earthquake resistance part 5: foundations, retaining structures and geotechnical aspects. <https://www.eurocodes.fi/maanjaristysmitoitus/>
- Eurokoodin soveltamisohje -Geotekninen suunnittelu NCCI 7, Siltojen ja pohjarakenteiden suunnitteluohjeet 21.4.2017, Liikenneviraston ohjeita 13/2017.
- ICOLD 1996. Monitoring of Tailings Dams, Review and Recommendations. Bulletin 104. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- ICOLD 2011b. Improving tailings dam safety. Critical aspects of management, design, operation and closure. Bulletin 139, 180. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- ICOLD 2016. Selecting seismic parameters for large dams. Guidelines. Bulletin 148, 72. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- Isomäki, E., Maijala, T., Sulkakoski, M., Regina, T. & Torkkel, M. (toim.) 2012. Patoturvallisuusopas 2012. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 89/2012. Päivitetty 12/2018. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Padot_ja_patoturvallisuus/Opas/
- Patoturvallisuuslaki (494/2009), www.finlex.fi/
- Rakenteiden lujuus ja vakaus, pohjarakenteiden suunnittelu, ympäristöministeriö 2016, https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamisaarayskokoelma/Rakenteiden_lujuus_ja_vakaus
- RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi.
- RIL 201-2-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi.
- RIL 201-3-2013 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Vesirakenteet.
- RIL 207-2009 Geotekninen suunnittelu. Eurokoodi.
- Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta (319/2010), www.finlex.fi/
- InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, www.rakennustieto.fi/infraryl/
- Geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaiset käsitteet ja periaatteet, Suomen Geoteknillinen yhdistys, monitointitoimikunta, <https://sgy.fi/toiminta/toimikunnat/monitorointitoimikunta/>
- UNECE 2014. Safety guidelines and good practices for tailings management facilities. United Nations Economic Commission for Europe. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2014/TEIA/Publications/1326665_ECE_TMF_Publication.pdf

6.13 BAT-päätelmä 23 – Kaivannaisjätteen sijoitusalueen fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa on seurata ja tarkkailla kaivannaisjätteen sijoitusalueiden fysikaalista vakavuutta seuraavasti:

- BAT 23. Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu.

BAT 23 – yleiskuvaus

BAT 23 -päätelmän mukaan kaivannaisjätteen sijoitusalueiden seurannalla ja tarkkailulla pyritään hallitsemaan altainen, patojen, maan päälle rakennettujen kiinteän jätteen sijoitusalueiden, padon tai jätealueen suotovirtauksien, kuivatusvesien, maaperään tai pohjaveteen suotautuvien vesien sekä koko vesienhallinnan käyttäytymistä. Havainnointilaitteet on asennettu kaivannaisjätteen sijoitusalueille sekä niiden ympäristöön. Vakavuuden tarkkailuohjelma luodaan suunnitteluvaiheessa ja sitä käytetään ja sovelletaan havaintojen perusteella toiminta- sekä sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa.

Rakentamisen aikana kaivannaisjätteen sijoitusalueen seuranta ja tarkkailu pitää sisällään tyypillisesti seuraavia ominaisuuksia:

- suunnittelu ja aikataulutus
- alueen maaston ja toteumien mittaus (alueen layout, toteumakuvat, tarkekuvat)
- injektoinnin tarkkailu
- perustuksien valmistelun tarkkailu
- rakennusmateriaalien laadunvalvonta
- tiivistyksen tarkkailu
- instrumentointi ja datan keruu
- mittaustulosten tallennus
- rakennustyön turvallisuus
- rakentamisen ympäristövaikutukset.

Rakentamisen aikana tehdyistä koerakenteista tulee pitää kirjaa koko rakentamisen ajan. Tällöin on myös laadittava toteumapiirustukset ja selostus käytetyistä menetelmistä. Piirustuksissa tulee korostaa muutokset suunnitelmiin ja tarvittaessa suunnitelmat tulee päivittää.

Rakennustyössä tulee käyttää ulkopuolista pätevää rakennustyön valvojaa.

Toiminnan aikana kaivannaisjätteen sijoitusalueen seuranta ja tarkkailu pitää sisällään tyypillisesti seuraavia ominaisuuksia:

- kaivannaisjätteen sijoitusalueen toiminnan tarkkailu sekä visuaaliset vahvistukset havainnoille
- huokospaineiden seuranta
- suotovesien tarkkailu:
 - padon läpi suotuvat vedet
 - kuivatusjärjestelmän vedet
 - suotautuminen maaperään ja pohjaveteen
- muodonmuutosten (painumat ja vakavuus) seuranta
- sään vaikutuksen seuranta
- roudan vaikutukset
- maanjäristysten jälkeiset analyysit ja erityiset tarkastukset
- padossa/penkereessä/läjityksessä esiintyvät merkit epästabiiliudesta ja mahdollisista puutteista:
 - halkeamat rakenteessa
 - painumat, kosteat alueet alapuolen luiskassa, pehmeät alueet ja lähteet padon juuressa, samea suotovesi
 - lisääntynyt vesi kuivatusjärjestelmässä, uudet kosteat alueet
- kohteet, jotka vaativat erityistä huomiota:
 - tulva-aukot
 - dekantointirakenteet
 - kuivatus- ja paineenalennuskaivot
 - betonirakenteet
 - putket ja kanavat/ojat padon/penkereen läpi
 - lapot
 - ylisyöksyt
 - epänormaali kasvillisuus ja eläinten tekemät pesät/tunnelit.

Fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu kaivannaisjätteen sijoitusalueella pitää sisällään tyypillisesti seuraavia ominaisuuksia:

- tarkkailuasemien lukumäärä ja sijoitus
- aikataulut, tarkkailuajankohdat ja henkilöstön suorittamat tarkastukset
- mittaustavat ja mittauksien tarkoitus (näköhavainnot, mittaukset, parametrit)
- soveltuvien instrumenttien asentaminen rakenteisiin, kuivatusjärjestelmiin ja läjityksiin rakennusvaiheessa tai myöhemmin porareikiin
- oikeellisuuden tarkistaminen ja arviointi
- tarkkailusta vastuussa olevien henkilöiden/toimintojen tunnistaminen
- datan tallennus ja raportointijärjestelmät

- tarkkailuohjelman arviointikriteerit
- tarkkailuohjelman arviointi säännöllisesti, mm. täyttääkö se suunnittelun vaatimukset.

Tarkkailuohjelmasta voi käydä ilmi vielä seuraavat asiat:

- Padon seurantaohjelma, joka on suunniteltu perustuen pato-onnettomuuden seurauksiin. Ohjelma on jatkuvasti päivittyvä dokumentti, jota arvioidaan perustuen padon käyttäytymiseen, heikkouksiin ja mahdollisiin vaurio-mekanismeihin ja niiden seurauksiin.
- Varautumissuunnitelma ml. sisäinen turvallisuussuunnitelma.

Sijotusalueen fyysisen vakavuuden tarkkailun avulla voidaan tarkentaa geoteknisiä malleja ja luiskien vakavuusanalyysijä. Tarkkailussa voidaan seurata jatkuvasti esimerkiksi läjityksen kyllästyneisyyttä eli saturatiota ja suotovedenpinnan tasoa sekä läjityksen painumista. Näiden havaintojen avulla voidaan tarkentaa malleja.

Tarkkailukohteet ja -aikavälit tulee valita huolella, kohdekohtaisesti kaivannaisjätteen ominaisuuksiin perustuen. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota lyhyt- ja pitkäaikaista rakenteellista epävakautta aiheuttaviin riskeihin, jotka on tunnistettu ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnissa. Tarkkailuohjelmaa tulee tarvittaessa muuttaa havaintojen perusteella. Muutoksessa voidaan lisätä tai poistaa tarkkailukohteita.

MWEI BREF -vertailuasiakirjan taulukoissa 4.18 ja 4.19 on esitetty tarkkailukohteita ja niiden tarkkailuvälejä sekä mahdollisia tarkkailulaitteita.

Tarkkailun laajuus ja taajuus muuttuvat kaivoksen elinkaaren mukana perustuen toiminnan vaiheisiin ja tarkkailuhavaintoihin.

Padon fyysisen vakavuuden tarkkailuohjelma sisältää yleensä myös suunnitelmat vakavuuden arviointiin ja se voi sisältää seuraavia toimia:

- Pätevän käyttöhenkilöstön visuaaliset tarkastukset ja valvonta ennalta määrätyn tarkistuslistan mukaan.
- Vuositarkastus, jotka voivat sisältää koko alueen topografisen mittauksen (maastomittaukset, vaaitukset).
- Riippumattoman, ulkopuolisen toimijan tekemät säännölliset tarkastukset (suoritus ja turvallisuus).
- Patoturvallisuustarkastukset, jotka suorittaa riippumaton asiantuntijataho (suomessa määräaikaistarkastus viiden vuoden välein). Tarkastus käsittää

dokumentoinnin läpikäymisen, jossa käydään läpi suunnitteluperusteet ja padon rakentaminen sekä verrataan suunnitelmaa ja toteutusta.

Tarkkailussa on hyvä käyttää mittauslaitteita, jotka tuottavat reaaliaikaista tarkkailutietoa silloin kun se on mahdollista, esimerkiksi pH:n ja virtaaman mittausta. Automaattisiin mittalaitteisiin on hyvä kytkeä myös automaattiset hälytysrajat. Myös kameroita voidaan hyödyntää esimerkiksi ohjuokusutusaukkojen toimintaa tarkkailla. Automaattiset mittalaitteet ovat tarkkailua täydentäviä menetelmiä.

MWEI BREF -vertailuasiakirjan taulukossa 4.20 esitetään tarkkailuohjelman sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä.

Suunnitteluvaihe

Laaditaan fyysisen vakavuuden tarkkailusuunnitelma ja suunnitellaan toiminnanaikaiset käyttöhenkilökunnan tekemät tarkastukset, arvioinnit, auditoinnit ja turvallisuusarviointit.

Tarkkailun ja seurannan parametrit ja tarkkailutaajuus tulee valikoida huolella huomioiden kaivannaisjätteen sijoitusalueen kohdekohtaiset erityispiirteet kiinnittäen erityistä huomiota lyhyt- ja pitkäaikaista rakenteellista epävakautta aiheuttaviin riskeihin, jotka on tunnistettu ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnissa sekä huomioitu kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmassa.

Tarkkailun parametrit ja taajuus sekä toistuvuus tarkastuksille, katselmoinneille, auditoinneille ja turvallisuusarvioille voidaan tehdä MWEI BREF -vertailuasiakirjan taulukoiden 4.18 ja 4.20 mukaisesti.

Fysikaalisen vakavuuden tarkkailu voi sisältää seuraavia näkökulmia:

- tarkkailuasemien lukumäärä ja sijoitus
- aikataulutus, tarkkailuajankohdat ja henkilöstön tekemät tarkastukset
- mittaustavat ja mittauksien tarkoitus (visuaaliset havainnot, mittaukset, parametrit)
- soveltuvien instrumenttien asentaminen rakenteisiin, kuivatusjärjestelmiin ja läjityksiin rakennusvaiheessa tai myöhemmin porareikiin
- oikeellisuuden tarkistaminen ja arviointi

- seurannasta, tarkkailusta ja raportoinnista vastaavien henkilöiden tai toimintojen tunnistaminen
- tiedon tallennus ja raportointijärjestelmät
- tarkkailuohjelman arviointikriteerit
- tarkkailuohjelman arviointi säännöllisesti, täyttääkö se suunnittelun vaatimukset.

Tarkkailuohjelmasta voi käydä ilmi vielä seuraavat käytännöt:

- padon tarkkailuohjelma
- varautumissuunnitelma ml. sisäinen turvallisuussuunnitelma erityisesti vaadittu suuronnettomuuden vaaraa aiheuttaville laitoksille (BAT 12d).

Toimintavaihe

Toteutetaan fysikaalisen vakavuuden tarkkailuohjelmaa samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12). Tarkkailukohteita ja -taajuutta tulee tarkastella aiempien havaintojen pohjalta ja tarvittaessa mukauttaa tarkkailuohjelmaa, -taajuutta ja -kohteita. Tarkkailussa tulisi suosia automaattisia mittauslaitteita, jotka on varustettu hälytyksillä.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT-päätelmässä 23 kuvatun tekniikan soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5).

Suomessa padoille ml. kaivospadot tulee laatia tarkkailuohjelma patoturvallisuuslain (494/2009) 13 §:n ja patoturvallisuusasetuksen (319/2010) 8 §:n mukaisesti. Patoturvallisuusviranomaisen tulee hyväksyä tarkkailuohjelma patoturvallisuuslain 14 §:n mukaisesti. Patoturvallisuuslain 4. luvussa esitetään vaatimukset padon kunnossapidolle, käytölle ja tarkkailulle. Luvussa 5 vastaavasti esitetään pato-onnettomuuksiin varautuminen ja toiminta onnettomuustilanteissa.

Padon tarkkailulla tarkoitetaan vuosi- ja määräaikaistarkastusten välillä tapahtuvaa padon kunnan ja toimivuuden tarkkailua silmämääräisesti tai mittalaitteiden avulla. Padon tarkkailusta ja tarkastuksista vastaavalla on oltava riittävä asiantuntemus

patoturvallisuusasioissa (PTL 6 §). Padolla suoritettava tarkkailu sekä vuosi- ja määräaikaistarkastuksiin kuuluvat toimenpiteet on määritelty PTL 17 - 19 §:ssä. Tarkemmin patokohdattaiset toimenpiteet määritellään kunkin padon tarkkailuohjelmassa.

Määräaikaistarkastuksen järjestää padon omistaja vähintään viiden vuoden välein ja siinä tulee olla läsnä joko padon omistajan oma tai padon omistajan hankkima ulkopuolinen asiantuntija (PTL 6 §). Patoturvallisuusviranomaisella ja pelastusviranomaisella on oikeus osallistua tarkastukseen. Käytännöksi on muodostunut, että patoturvallisuusviranomaisen osallistuu aina tarkastukseen ja pelastusviranomaisen silloin, kun katsoo sen tarpeelliseksi. Jäte- ja kaivospatojen tarkastuksiin kutsutaan ympäristönsuojelulakia valvovan ELY-keskuksen edustaja.

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.3.6.3 ja 5.3.1.1.3.6.2. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- EN 1997-1: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-1-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>
- EN 1997-2: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koestus, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-2-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>
- Geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaiset käsitteet ja periaatteet, Suomen Geoteknillinen yhdistys, monitointitoimikunta, <https://sgy.fi/toiminta/toimikunnat/monitorointitoimikunta/>
- InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, www.rakennustieto.fi/infraryl/
- Isomäki, E., Majjala, T., Sulkakoski, M., Regina, T. ja Torkkel, M. (toim.) 2012. Patoturvallisuusopas 2012. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 89/2012. Päivitetty 12/2018. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Padot_ja_patoturvallisuus/Opas/
- Patoturvallisuuslaki (494/2009), www.finlex.fi/
- RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi.
- RIL 201-2-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi.
- RIL 201-3-2013 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Vesirakenteet.
- RIL 207-2009 Geotekninen suunnittelu. Eurokoodi.
- Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta (319/2010), www.finlex.fi/

6.14 BAT-päätelmä 24 – Kaivannaisjätteen sijoitusalueen fyysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden fyysikaalisen vakavuuden seurannan ja tarkkailun tukemiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikka seuraavista:

- BAT 24a. Kelpoisuustarkastukset (kolmannen osapuolen kanssa tai ilman)
- BAT 24b. Sisäinen auditointi
- BAT 24c. Ulkoinen auditointi.

BAT 24 – yleiskuvaus

Kelpoisuustarkastukset sekä sisäiset ja ulkoiset auditoinnit ovat osa järjestelmää, jolla arvioidaan säännöllisesti kaivannaisjätteiden sijoitusalueiden toimintakykyä ja turvallisuutta pätevän ja kokeneen asiantuntijan toimesta.

MTWR BREF -vertailuasiakirjan mukaan riippumaton ulkoinen auditointi käsittää kaikki näkökulmat, jotka voivat vaikuttaa kaivannaisjätteen sijoitusalueen turvallisuuteen (MWEI

BREF 2018, s. 292). Näkökulmia voivat olla:

- ajantasainen suunnitelma, lupien ja sovellettavien standardien mukainen suunnitelma, toteumien ja muutoksien dokumentointi
- aikaisempien rakennus-/läjitysvaiheiden toteutuksien suunnitelmien yhdenmukaisuus
- tapahtuneet häiriötilanteet ja ongelmat
- tulevaan suunnitteluun sovellettavat standardit
- käynnissä olevien rakennustöiden ja läjityksien yhdenmukaisuus standardien kanssa
- käytettyjen rakennusmateriaalien ominaisuudet verrattuna suunnitteluperusteisiin
- tarkkailtavia asioita:
 - kuivatusjärjestelmissä oleva vesi, suotovedet, pinta- ja pohjavesi (taajuus, tarkkailupisteet ja mitattavat suureet)
 - huokospaineet
 - laitteistojen kalibrointi
 - mittauksien arviointi ja tulosten tallennus
 - toimintasuunnitelma, mikäli havainnot poikkeavat oletetuista arvoista
- turvallisuusorganisaatio: nimetyt vastuhenkilöt, henkilöstön roolit ja vastuut tiedossa, koulutussuunnitelma ja häiriötilanteiden raportointijärjestelmä
- OMS (*Operation, Maintenance and Surveillance Manual*) käsikirjan riittävyys/kattavuus
- kokonaisvaltainen vesitase kaivannaisjätteiden sijoitusalueella ml. jätteiden käsittelyalueet
- tarkkailu sovellettavien standardien mukaisesti
- ympäristöriskien arviointi:
 - turvallisuus- ja vakavuustarkkailutulosten läpikäynti
 - tieto kairausreikien sijainnista ja syvyydestä sekä niiden tarkkailusta.
- varautumissuunnitelma
- sulkemissuunnitelma.

Tarkastuksen tekijän pätevyyttä tulee arvioida suhteessa tarkastettavan kohteen vaativuu-
teen. Mikäli tarkastuksessa käydään läpi useita eri teknisiä osa-alueita, tarkastuksen suorittaa
useimmiten ryhmä asiantuntijoita. Padoilla tarvitaan usein geoteknistä osaamista. Muiden
tarvittavien asiantuntijoiden tekniikan alat riippuvat paikallisista olosuhteista, tällaisia asian-
tuntijoita voivat esimerkiksi olla hydrologit ja hydrogeologit. Ulkomaisia asiantuntijoita voi
olla hyödyllistä käyttää, koska he saattavat tuoda uutta tietoa ja näkökulmia asioihin.

Ulkoisen auditoinnin suorittajan on oltava riippumaton asiantuntija.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 24a Kelpoisuustarkastukset

*Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen
sijoitusalueille sekä louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä.*

Suunnitteluvaihe

Suunnitellaan kelpoisuustarkastukset (kolmannen osapuolen kanssa tai ilman), joilla
arvioidaan kaivannaisjätteen sijoitusalueen toimintaa ja turvallisuutta säännöllisesti
pätevän asiantuntijan toimesta. Tarkkailun ja seurannan tiheys on esitetty MWEI BREF
-vertailuasiakirjan taulukossa 4.20.

Toimintavaihe

Toteutetaan kelpoisuustarkastuksia (kolmannen osapuolen kanssa tai ilman) samalla
soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut
(BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiir-
teisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatus
tekniikan toteuttamista mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan
kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 24b Sisäinen auditointi

*Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen si-
joitusalueille sekä louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä.*

Suunnitteluvaihe

Suunnitellaan sisäiset auditoinnit, joilla arvioidaan kaivannaisjätteen sijoitusalueen toimintaa ja turvallisuutta säännöllisesti pätevän asiantuntijan toimesta. Tarkkailun ja seurannan tiheys on esitetty MWEI BREF -vertailuasiakirjan taulukossa 4.20.

Toimintavaihe

Toteutetaan sisäiset auditoinnit samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 24c Ulkoinen auditointi

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä.

Suunnitteluvaihe

Suunnitellaan ulkoiset auditoinnit, joilla arvioidaan kaivannaisjätteen sijoitusalueen toimintaa ja turvallisuutta säännöllisesti pätevän asiantuntijan toimesta. Tarkkailun ja seurannan tiheys on esitetty MWEI BREF -vertailuasiakirjan taulukossa 4.20.

Toimintavaihe

Toteutetaan ulkoiset auditoinnit samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Soveltavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT-päätelmässä 24 kuvattujen tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5).

Suomessa padoille ml. kaivospadot tulee laatia tarkkailuohjelma patoturvallisuuslain (494/2009) 13 §:n ja patoturvallisuusasetuksen (319/2010) 8 §:n mukaisesti. Patoturvallisuusviranomaisen tulee hyväksyä tarkkailuohjelma patoturvallisuuslain 14 §:n mukaisesti. Patoturvallisuuslain 4 luvussa esitetään vaatimukset padon kunnossapidolle, käytölle ja tarkkailulle. Luvussa 5 vastaavasti esitetään pato-onnettomuuksiin varautuminen ja toiminta onnettomuustilanteissa.

PTL 6 § Pätevyysvaatimukset: Padon rakentamista koskevan suunnitelman laatijalla sekä padon käytöstä, tarkkailusta ja tarkastuksista vastaavalla henkilöllä on padon laatu ja siitä aiheutuva vahingonvaara huomioon ottaen oltava riittävä asiantuntemus patoturvallisuusasioissa.

PTA 1 § Pätevyysvaatimukset: Padon suunnittelijalla on oltava soveltuva koulutus sekä riittävä asiantuntemus ja kokemus vastaavien rakenteiden suunnittelusta. Padon käytöstä vastaavalla henkilökunnalla on oltava riittävä perehtyneisyys padon turvallisuuteen vaikuttaviin olosuhteisiin, käyttöön ja turvajärjestelmiin.

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.3.6.4 ja 5.3.1.1.3.6.2. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- EN 1997-1: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-1-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>
- EN 1997-2: Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koestus, <https://www.eurocodes.fi/geotekninen-suunnittelu/en1997-2-eurokoodi-7-geotekninen-suunnittelu/>
- Geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaiset käsitteet ja periaatteet, Suomen Geoteknillinen yhdistys, monitointitoimikunta, <https://sgy.fi/toiminta/toimikunnat/monitorointitoimikunta/>
- InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, www.rakennustieto.fi/infraryl/
- Isomäki, E., Majjala, T., Sulkakoski, M., Regina, T. ja Torkkel, M. (toim.) 2012. Patoturvallisuusopas 2012. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 89/2012. Päivitetty 12/2018. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Padot_ja_patoturvallisuus/Opas/
- Patoturvallisuuslaki (494/2009), www.finlex.fi/
- RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi.
- RIL 201-2-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat Eurokoodi.
- RIL 201-3-2013 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Vesirakenteet.
- RIL 207-2009 Geotekninen suunnittelu. Eurokoodi.
- Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta (319/2010), www.finlex.fi/

7 Kaivannaisjätteiden fysikaalisen ja kemiallisen pysyvyyden hallinta

7.1 BAT-päätelmä 27 – Kaivannaisjätteen kiintoaine/neste-suhteen hallinta

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen fysikaalisen pysyvyyden hallitsemiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 27 a. Mekaaninen seulonta
- BAT 27 b. Hydrosyklonointi
- BAT 27 c. Sakeutus ja selkeytys
- BAT 27 d. Vedenpoisto painegradientin tai sentrifugoinnin avulla.

BAT 27 – yleiskuvaus

BAT 27 -päätelmässä on kuvattu eri tekniikoita kaivannaisjätteen fysikaalisen pysyvyyden varmistamiseksi jäteaineksen kiintoaine/neste-suhteen hallinnan avulla. BAT- tekniikkaa on käyttää näitä menetelmiä tai niiden yhdistelmiä kaivannaisjätteen fysikaalisen vakavuuden varmistamiseksi. Kyseisten menetelmien avulla voidaan alentaa kaivannaisjätteen jäännösvesipitoisuutta, joka voisi vaikuttaa negatiivisesti jätteen vakauten läjityksessä. Lisäksi menetelmien avulla voidaan kontrolloida ja parantaa kaivannaisjätteiden ominaisuuksia.

Menetelmien soveltuvuus kohteeseen kaivannaisjätteen fysikaalisen pysyvyyden varmistamiseksi tulee ottaa huomioon toiminnan suunnitteluvaiheessa ja hyödyntää soveltuvia menetelmiä tuotantovaiheessa.

BAT 27a Mekaaninen seulonta

Mekaaninen seulonta perustuu lietteen seulomiseen karkeamman kiintoainefraktion erottamiseksi.

BAT 27b Hydrosyklonointi

Hydrosyklonointi perustuu hienojakoisen kiintoaineksen erottamiseen vesifaasista hydrosyklonien avulla.

BAT 27c Sakeutus ja selkeytys

Sakeutus ja selkeytys perustuvat rikastusjätteen mekaaniseen kuivatukseen, jolla saavutetaan noin 50–75 % kuiva-ainepitoisuus.

BAT 27d Vedenpoisto painegradientin tai sentrifugoinnin avulla

Tekniikka perustuu painesuodattimien, tyhjiösuodattimien ja sentrifugien käyttöön märkien suodatinkakkujen, jotka ovat lähes täysin vedellä kyllästyneitä, tai kuivien suodatinkakkujen (70–85 % vedellä kyllästyneitä) tuottamiseksi, tavoitteena saavuttaa 70–85 % kuiva-ainepitoisuus.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa**BAT 27a Mekaaninen seulonta**

Tekniikka soveltuu louhinnassa ja rikastuksessa muodostuvien kaivannaisjätteiden käsittelyyn. Se soveltuu erityisen hyvin rikastuksessa muodostuvien altaisiin sijoitettavien rikastushiekkojen käsittelyyn, mutta myös kairaussoijalle.

Suunnitteluvaihe

Tekniikka perustuu lietteenkäsittelyyn, jossa nestettä ja sen sisältämää kiintoainetta kulkeutuu seulontalaitteen läpi. Tarkoituksena on erottaa kiinteän faasin karkeimmat jakeet nesteestä. Tekniikassa hyödynnetään usein pyöriviä tai täriseviä seuloja tai tärypöytiä.

Mekaanisen seulonnan käyttö ja toimivuus sekä vaikutukset muodostuvan kaivannaisjätteen laatuun voidaan sisällyttää toiminnan suunnitteluun, jotta saavutetaan kohdekohtaiset tavoitteet kaivannaisjätteiden hallinnassa. Tekniikan suunnittelussa tavoitteena on saavuttaa suurin mahdollinen tiheys ja tehokas laskeutus.

Toimintavaihe

Mekaanista seulontaa kiintoaineen karkean jakeen erottamiseen vesifaasista hyödynnetään toimintavaiheessa soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1 ja BAT 12).

BAT 27b Hydrosyklonointi

Tekniikka soveltuu rikastuksessa muodostuvien kaivannaisjätteiden käsittelyyn ja erityisesti rikastuksessa muodostuvien altaisiin sijoitettavien rikastushiekkojen käsittelyyn, mutta myös kairaussoijalle.

Suunnitteluvaihe

Hydrosyklonoinnin käyttö ja toimivuus sekä vaikutukset muodostuvan kaivannaisjätteen laatuun voidaan sisällyttää toiminnan suunnitteluun silloin, kun tavoitteena on:

- tuottaa mineraalien prosessoinnista lietemäistä (tyypillisesti 30–40 paino-% kiintoainesta, mahdollisesti 15–50 %) kaivannaisjätettä, joka siirretään jätealtaalle
- poistaa noin 15–80 µm partikkelit tuotantovaiheessa.

Tekniikka suunnitellaan suurimman mahdollisen tiheyden ja tehokkaan laskeutuksen saavuttamiseksi. Tekniikan tuloksena muodostuva liete sisältää paljon enemmän vettä verrattuna mineraalinkäsittelyssä muodostuvaan sakeutettuun kaivannaisjätteeseen, jota täytyy hallita ja/tai käsitellä.

Toimintavaihe

Hydrosyklonointia hyödynnetään toimintavaiheessa soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1 ja BAT 12).

BAT 27c Sakeutus ja selkeytys

Tekniikka soveltuu rikastuksessa muodostuvien kaivannaisjätteiden käsittelyyn ja erityisesti rikastuksessa muodostuvien altaisiin sijoitettavien rikastushiekkojen käsittelyyn.

Suunnitteluvaihe

Sakeutukseen ja selkeytykseen perustuvan tekniikan käyttö ja toimivuus sekä vaikutukset muodostuvan kaivannaisjätteen laatuun voidaan sisällyttää toiminnan suunnitteluun silloin, kun tavoitteena on tuottaa mineraalinkäsittelyssä kuivattua kaivannaisjätettä, joka on:

- sakeutettua (kiintoainepitoisuus 45–65 %) kaivannaisjätettä, jota tuotetaan hydrosykloneilla, sakeuttamalla, vinoilla levysakeuttimilla, tms., käyttäen samalla lisättyjä koagulantteja/flokkulantteja
- pastamaista (kiintoainepitoisuus 65–70 %) kaivannaisjätettä, jota tuotetaan syvillä allas-/kartiosakeuttimilla käyttäen samalla lisättyjä koagulantteja/flokkulantteja.

Tekniikan suunnittelussa tavoitteena on saavuttaa suurin mahdollinen tiheys ja tehokas laskeutus. Sakeutettu kaivannaisjäte on heikommin liikkuvaa verrattuna lietemäiseen kaivannaisjätteeseen. Heikosta liikkuvuudesta on etua esimerkiksi patovuodon sattuessa.

Toimintavaihe

Sakeutusta ja selkeytystä hyödynnetään toimintavaiheessa soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1 ja BAT 12).

BAT 27d Vedenpoisto painegradientin tai sentrifugoinnin avulla

Tekniikka soveltuu rikastuksessa muodostuvien kaivannaisjätteiden käsittelyyn ja erityisesti rikastuksessa muodostuvien altaisiin sijoitettavien rikastushiekkojen käsittelyyn, mutta myös kairaussoijalle.

Suunnitteluvaihe

Painesuodattimien, tyhjiösuodattimien ja sentrifugien käyttöön perustuvan vedenpoistotekniikan käyttö, toimivuus ja vaikutukset muodostuvan kaivannaisjätteen laatuun voidaan sisällyttää toiminnan suunnitteluun silloin, kun tavoitteena on tuottaa:

- märkiä suodatinkakkuja (lähes täysin vedellä kyllästyneitä)
- kuivia suodatinkakkuja (70–85 % vedellä kyllästyneitä), joiden kuiva-ainepitoisuus on 70–85 %.

Tekniikan suunnittelussa tavoitteena on saavuttaa suurin mahdollinen tiheys ja tehokas laskeutus.

Toimintavaihe

Vedenpoistoa painegradientin tai sentrifugoinnin avulla hyödynnetään toimintavaiheessa soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1 ja BAT 12).

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 27 -päätelmässä kuvattujen tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5). Tekniikoita voidaan hyödyntää, jos niillä saavutetaan kaivannaisjätteiden hallinnan suunnittelukriteerit, jotka on kuvattu BAT-päätelmissä 14 ja 22. Lisäksi tekniikoiden soveltuvuuden arvioinnissa ja suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös muodostuvien kaivannaisjätteiden karakterisointi (BAT 2). Edellä mainitut BAT-päätelmät tulee ottaa erityisesti huomioon, jos BAT 27 -päätelmän tekniikoilla tuotetaan patorakenteissa hyödynnettävää kaivannaisjätettä.

BAT 27 -päätelmässä kuvattujen tekniikoiden käytössä tulee myös huomioida seuraavat menetelmäkohtaiset edut ja rajoitteet:

- Mekaaninen seulonta ei sovellu hienoaineksen erottamiseen kaivannaisjätteistä peräisin olevista vesistä.
- Sakeutus ja selkeytys ovat erityisen hyödyllinen topografialtaan laakeilla alueilla, sekä jos lietemäisessä muodossa olevan prosessointijätteen hallinta on kallista. Tekniikka ei sovellu käytettäväksi, mikäli prosessoinnissa muodostuvassa kaivannaisjätteessä < 20 µm kokoisten partikkelien osuus on alle 15 % kuiva-ainepitoisuudesta.
- Vedenpoisto painegradientin tai sentrifugoinnin avulla on erityisen hyödyllinen, kun käytettävissä oleva tila on rajallinen tai kaivannaisjätteen jätealue on pieni tai keskikokoinen.

Esimerkkikohteita Suomessa

Yara Suomi Oy:n Siilinjärven kaivos, jonka pastalaitoksella mineraalien prosessoinnista peräisin olevan kaivannaisjätteen hiekkapitoisuus nostetaan 45 prosentista noin 70 prosenttiin (Yara 2017).

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.2.1.1, 4.2.2.1.1.2, 4.2.2.1.1.3, 4.2.2.1.1.4 ja 5.3.2.1.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

Yara 2017. Kestävää kaivostoimintaa Yara Siilinjärven uudella pastalaitoksella.

<https://www.yara.fi/uutiset-ja-tapahtumat/uutiset/news-kestavaa-kaivostoimintaa/>. Viitattu 18.4.2019.

7.2 BAT-päätelmä 28 – Kaivannaisjätteen stabilointi kaivostäyttöö varten

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen fyysikaalisen pysyvyyden hallitsemiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 28a. Sementoidun karkean kaivannaisjätteen valmistaminen
- BAT 28b. Sementoidun tai sementoimattoman kaivannaisjätteen valmistaminen hydraulista kaivostäyttöö varten.
- BAT 28c. Pastamaisen kaivannaisjätteen valmistaminen kaivostäyttöö varten.

BAT 28 – yleiskuvaus

BAT 28 -päätelmässä on kuvattu eri tekniikoita kaivannaisjätteen fysikaalisen pysyvyyden varmistamiseksi stabiloinnin avulla, jotta jäteainesta voitaisiin hyödyntää kaivostäytössä louhostilojen tukena sekä kunnostustoimenpiteissä.

Stabiloitua kaivannaisjätettä valmistetaan yleensä maan päälle rakennetussa sekoituslaitoksessa. Aines johdetaan maanalaisiin louhostiloihin painovoimaisesti tai putkilinjaston kautta pumppaamalla. Maan pinnalle louhittuihin tiloihin aines voidaan kuljettaa rekoilla, kuljettimilla tai putkilinjaston kautta pumppaamalla. Ennen kaivostäytön toteuttamista tulee yleensä toteuttaa:

- Täytettävän alueen tutkimus, johon kuuluvat tiedon kerääminen alueen hydrogeologiasta ja kallioperän ruhjeista.
- Täytettävän alueen valmistelu, jos tarpeellista, esimerkiksi kallioperän ruhjeiden eristäminen.
- Stabilointiseoksessa käytettävän kaivannaisjätteen karakterisointi.
- Valmistetun stabiloidun kaivannaisjätteen (stabilointiseoksen) karakterisointi.
- Tarkkailusuunnitelma, jota aletaan toteuttaa kaivostäytön jälkeen.

BAT 28a Sementoidun karkean kaivannaisjätteen valmistaminen kaivostäyttöä varten

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteiden karkeiden fraktioiden sekoittamiseen sementtimäisiin sideaineisiin. Kaivannaisjäte voidaan sekoittaa sideaineeseen ennen kaivostäyttöä tai sideaine voidaan ruiskuttaa takaisin kaivokseen sijoitetun kaivannaisjätteen päälle. Tekniikan hyödyntämisessä on oleellista kaivannaisjätepartikkelien lajittelu mahdollisimman korkean puristuslujuuden saavuttamiseksi.

BAT 28b Sementoidun tai sementoimattoman kaivannaisjätelietteen valmistus hydraulista kaivostäyttöä varten

Tekniikka perustuu rikastusjätteen lajitteluun karkeampaan fraktioon, johon voidaan sekoittaa sementoivaa ainesta ja johtaa hydraulisesti kaivoksen louhostiloihin, sekä hyödyntämiskelvottomaan hienoainesfraktioon.

BAT 28c Pastamaisen kaivannaisjätteen valmistaminen kaivostäyttöä varten

Tekniikka perustuu rikastusjätteiden sekoittamiseen sementoivan aineksen kanssa, tarkoituksena tuottaa 75–80 % kiintoainesta sisältävää pastaa.

Soveltaminen toiminnan eri vaiheissa

BAT 28a Sementoidun karkean kaivannaisjätteen valmistaminen kaivostäyttöä varten

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätteille, jotka sijoitetaan takaisin tyhjiin louhostiloihin.

Suunnitteluvaihe

Sisällytetään toiminnan suunnitteluun sementoidun karkean kaivannaisjätteen valmistaminen kaivostäyttöä varten. Tekniikka perustuu rikastusjätteiden ja joskus myös louhinnan jätteiden karkeiden fraktioiden sekoittamiseen sementtimäisiin sideaineisiin, kuten esimerkiksi sementtiin tai lentotuhkaan.

Toimintavaihe

Toimintavaiheessa toteutetaan sementoitujen kaivannaisjätteiden valmistusta kaivostäyttöä varten soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemisvaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin.

BAT 28b Sementoidun tai sementoimattoman kaivannaisjätelietteen valmistus hydraulista kaivostäyttöä varten

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätteille, jotka sijoitetaan takaisin tyhjiin louhostiloihin.

Suunnitteluvaihe

Sisällytetään toiminnan suunnitteluun sementoidun tai sementoimattoman kaivannaisjätelietteen valmistus hydraulista kaivostäyttöä varten. Tekniikka perustuu rikastusjätteiden lajitteluun karkeampaan fraktioon (liete, joka sisältää noin 65–70 % kiintoainesta) ja hienoainesfraktioon (hienoainesliete). Karkeamman fraktion sisältämään lietteeseen voidaan sekoittaa sementoivaa ainesta, mikäli tarpeellista.

Toimintavaihe

Toimintavaiheessa toteutetaan sementoidun tai sementoimattoman kaivannaisjätelietteen valmistus hydraulista kaivostäyttöä varten soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemisvaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin.

BAT 28c Pastamaisen kaivannaisjätteen valmistaminen kaivostäyttöä varten

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätteille, jotka sijoitetaan takaisin tyhjiin louhostiloihin.

Suunnitteluvaihe

Sisällytetään suunnitteluun pastamaisen kaivannaisjätteen valmistaminen kaivostäyttöä varten. Tekniikka perustuu rikastusjätteiden (sekä hienon, että karkean aineksen) sekoittamiseen sementoivan aineksen kanssa, tarkoituksena tuottaa 75–80 % kiintoainesta sisältävä pasta. Seoksen tiheys on korkeampi verrattuna muilla stabilointimenetelmillä tuotettuihin aineksiin, joten se mahdollistaa muita tekniikoita suuremman kaivannaisjättemäärän varastoimisen kaivoksen louhostiloihin.

Toimintavaihe

Toimintavaiheessa toteutetaan pastamaisen kaivannaisjätteen valmistusta kaivostäyttöä varten soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 28 -päätelmässä kuvattujen tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5) ottaen huomioon muodostuvien jätteiden karakterisoinnin (BAT 2).

Sementoidun tai sementoimattoman kaivannaisjätelietteen valmistusta hydraulista kaivostäyttöä varten ei voida hyödyntää, jos kaivannaisjäteliete sisältää runsaasti hienoainesta ja partikkelit ovat muodoltaan litteitä. Tekniikkaa ei voida hyödyntää myöskään silloin, jos kaivokseen sijoitettu kaivannaisjäte voi hapettua paikallisten hydrogeologisten olosuhteiden vuoksi.

Pastamaisen kaivannaisjätteen valmistamista kaivostäyttöä varten voidaan yleisesti käyttää, jos

- hienoaineksen (< 20 µm, kuiva-aineessa) määrä rikastushiekassa on suurempi kuin 15 %
- kaivannaisjäte sisältää runsaasti hienoainesta
- vettä ei haluta päästää kaivosalueelle
- rikastusjätteissä olevan veden pumppaaminen takaisin on kallista, johtuen esimerkiksi pitkästä matkasta.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.2.1.2 ja 5.3.2.1.2. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

7.3 BAT-päätelmä 29 – Kaivannaisjätteen tiivistäminen, konsolidointi ja läjitys

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen fysikaalisen pysyvyyden hallitsemiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuva tekniikka seuraavista:

- BAT 29a. Sakeutetun ja pastamaisen kaivannaisjätteen sijoittaminen suihkutusputkilla
- BAT 29b. Kuivien tai märkien suodatinkakkujen läjittäminen (tai kuivana kasaaminen)
- BAT 29c. Kaivannaisjätteen sijoittaminen kaivostäytöksi
- BAT 29d. Lietekäsittely
- BAT 29e. Kaivannaisjätteen hienon ja karkean fraktion yhteisläjitys.

BAT 29 – yleiskuvaus

BAT 29 -päätelmässä on kuvattu eri menetelmiä kaivannaisjätteiden tiivistämiseksi, konsolidoimiseksi ja läjittämiseksi sijoitusalueille tai kaivostäytöksi. Kyseisten menetelmien avulla voidaan parantaa kaivannaisjätteiden tehokasta ja turvallista läjittämistä. Menetelmien soveltuvuus kohteeseen kaivannaisjätteen fysikaalisen pysyvyyden varmistamiseksi tulee ottaa huomioon toiminnan suunnitteluvaiheessa ja hyödyntää soveltuvia menetelmiä tuotanto- ja sulkemisvaiheissa.

BAT 29a Sakeutetun ja pastamaisen kaivannaisjätteen sijoittaminen suihkutusputkilla

Tekniikka perustuu sakeutetusta tai pastamaisesta rikastusjätteestä tehtyjen kerrosten levittämiseen kaivannaisjätteen sijoitusalueelle, jolloin läjitetty aines kuivuu edelleen veden suotautumisen ja haihdunnan avulla. Kaivannaisjäte levitetään rei'itetyillä suihkutusputkilla (spigotointi), jotka suihkuttavat ohuita kerroksia aikaisemmin levitetyn kaivannaisjätteen päälle. Jätealueelta johdettuja valumavesiä tulee hallita asianmukaisesti.

BAT 29b Kuivien tai märkien suodatinkakkujen läjittäminen (tai kuivana kasaaminen)

Tekniikka perustuu kuivien tai märkien suodatinkakkujen kuljettamiseen jätealueelle, jossa ne asetetaan ja tiivistetään tiiviiksi ja stabiiliksi kasaksi, joka ei tarvitse erityistä reunapatoa.

BAT 29c Kaivannaisjätteen sijoittaminen kaivostäytöksi

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen, sisältäen myös stabiloidun kaivannaisjätteen, läjittämiseen kaivostäytöksi rakennus- ja/tai kunnostustoimenpiteitä varten. Täyttöä voidaan

tehdä toiminnan aikana yhtä aikaa louhinnan edetessä sekä sulkemisvaiheessa. Tekniikkaan sisältyvät sekä avolouhokset että maanalaiset louhostilat.

BAT 29d Lietekäsittely

Tekniikka perustuu läjitetyn lietteen kuivaamiseen ja tiivistämiseen tarkoitukseen sopivalla laitteistolla. Laitteiston avulla voidaan esimerkiksi urittaa jätteen pintaosia veden pois virtauksen tehostamiseksi, hyödyntäen samalla koneen painoa tiivistämiseen ja veden pois puristamiseen. Laitteistolla voidaan myös tehostaa jätteen altistumista ilmakehän hiilidioksidille karbonaation edistämiseksi. Tekniikkaa käytetään yleensä muiden kuivattamistekniikoiden lisänä, esimerkkinä sakeutus ja selkeytys (BAT 27c) ja vedenpoisto painegradientin tai sentrifugoinnin avulla (BAT 27d).

BAT 29e Kaivannaisjätteen hienon ja karkean fraktion yhteisläjitys

Tekniikka perustuu hienon ja karkean kaivannaisjätefraktion läjittämiseen yhdessä, joko sekoitettuna tai erikseen.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 29a Sakeutetun ja pastamaisen kaivannaisjätteen sijoittaminen suihkutuspukilla

Tekniikka soveltuu rikastusjätteille.

Suunnitteluvaihe

Toiminnan suunnitteluvaiheessa sisällytetään suunnitteluun sakeutetun tai pastamaisen kaivannaisjätteen sijoittaminen maan päälle rakennetulle kaivannaisjätteen sijoitusalueelle ja muut läjittämiseen liittyvät rakenteet, kuten padot ja penkereet. Alueen ulkoreunoille rakennetaan kaivannaisjätettä kasassa pitäviä rakennelmia, kuten penkereitä tai patoja. Yleensä tekniikan käyttöön liittyy eri rakennekerrosten yhdistelmistä koostuva kaivannaisjätteen sijoitusalueen yhdistelmäpohjarakenne (BAT 15b ja BAT 16e). Tällainen pohjarakenne on tyypillisesti tarpeellinen kaivannaisjätteelle, jota ei ole määritelty pysyväksi. Eri aikoihin tehtyjen pienempien sijoitusalueiden esim. lohkojen rakentaminen suuren sijoitusalueen sisään sallii asteittaisen kunnostuksen toiminnan edetessä ja koko alueella yhtenevän jälkihoidon kuivapeittojen avulla. Louhinnasta peräisin olevaa kaivannaisjätettä voidaan hyödyntää lohkoja rajaavien seinämien rakennuksessa. Tekniikkaan liittyy yleensä myös järjestelmien rakentaminen pintavalumavesien keräämiseksi ja pois johtamiseksi (BAT 21).

Toimintavaihe

Sakeutettua tai pastamaista kaivannaisjätettä läjitetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

BAT 29b Kuivien tai märkien suodatinkakkujen läjittäminen (tai kuivana kasaaminen)

Tekniikka soveltuu rikastusjätteelle, joka soveltuu erityisesti alumiinin valmistuksesta peräisin oleville kaivannaisjätteille (red muds).

Suunnitteluvaihe

Toiminnan suunnitteluun sisällytetään kuivien tai märkien suodatinkakkujen kuljettaminen kuljettimilla tai kuorma-autoilla jätealueelle, jossa ne asetetaan ja tiivistetään tiiviiksi ja stabiiliksi kuivaksi kasaksi (dry stack), joka ei tarvitse erityistä reunapatoa. Kasasta saadaan vakaampi, jos se jaetaan vyöhykkeisiin, kuten pienempiin lohkoihin, joita voidaan asteittain peittää ja kunnostaa toiminnan edetessä. Alueen ympärille rakennetaan yleensä ojat pintavesien keräämistä ja pois johtamista varten (BAT 21), ottaen huomioon alueen hydrologiset olosuhteet ja muutokset ilmastossa.

Toimintavaihe

Toimintavaiheeseen sisällytetään kuivien tai märkien suodatinkakkujen läjittäminen soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

BAT 29c Kaivannaisjätteen sijoittaminen kaivostäytöksi

Tekniikka soveltuu muille kuin vaaralliseksi luokitelluille kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Kaivannaisjätteen, sisältäen myös stabiloidun kaivannaisjätteen, sijoittaminen kaivostäytöksi rakennus- ja/tai kunnostustoimenpiteitä varten sisällytetään toiminnan suunnitteluun. Täyttöä voidaan tehdä toiminnan aikana yhtä aikaa louhinnan edetessä, sekä sulkemisvaiheessa. Tekniikkaan sisältyvät sekä avolouhokset että maanalaiset louhostilat.

Suunnittelussa voidaan harkita seuraavia toimenpiteitä:

- Kuivan kaivannaisjätteen läjitys kaivostäytöksi ja aineksen tiivistäminen, mikäli tiivistys on tarpeellista kohteen jälkihoidon kannalta.
- Kaivannaisjätteen sijoittaminen avolouhokseen pysyvän vesikerroksen alle, mikäli osa kaivannaisjätteestä on potentiaalisesti happoa tuottavaa.
- Kun kaivostäyttöön läjitetyn kaivannaisjätteen on tarkoitus toimia rakenteellisena tukena (esimerkiksi estämässä katon tai seinämien sortumista)

ja osana jälkihoitotoimenpiteitä, stabiloidaan kaivannaisjäte kaivostäytöksi läjittämisen jälkeen.

Toimintavaihe

Toimintavaiheeseen sisällytetään kaivannaisjätteen sijoittaminen kaivostäytöksi soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemisvaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin.

BAT 29d Lietekäsittely

Tekniikka soveltuu alumiinin rikastuksessa muodostuville mutamaisille kaivannaisjätteille

Suunnitteluvaihe

Lietekäsittely (mud farming) sisällytetään toiminnan suunnitteluun muiden kuivattamisteoppioiden (BAT 27c ja BAT 27d) lisäksi. Tekniikka perustuu läjitetyn lietteen kuivaamiseen ja tiivistämiseen tarkoitukseen sopivalla laitteistolla. Laitteistolla voidaan myös tehostaa jätteen altistumista ilmakehän hiilidioksidille karbonaation edistämiseksi.

Toimintavaihe

Toteutetaan lietekäsittelyä soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

BAT 29e Kaivannaisjätteen hienon ja karkean fraktion yhteisläjititys

Tekniikka soveltuu rikastusjätteille ja louhinnasta peräisin oleville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Kaivannaisjätteen hienon ja karkean fraktion yhteisläjititys sisällytetään toiminnan suunnitteluun. Suunnittelussa on yleensä otettu huomioon kolme erilaista menetelmää:

- Louhinnasta peräisin olevat kaivannaisjätteet ja rikastusjätteet sekoitetaan ennen kuljettamista ja läjitystä sijoitusalueelle.
- Louhinnasta peräisin olevat kaivannaisjätteet ja rikastusjätteet sekoitetaan sijoitusalueella ja läjitetään yhtenä virtana.
- Louhinnasta peräisin olevat kaivannaisjätteet ja rikastusjätteet läjitetään yhdessä, mutta niitä ei sekoiteta yhdeksi virraksi. Esimerkiksi louhinnasta peräisin olevasta karkeammasta aineksesta voidaan rakentaa sijoitusalueen sisäisiä penkereitä erillisten solujen muodostamiseksi, joihin läjitetään rikastusjätteen hienompaa jäteainesta.

Toimintavaihe

Toteutetaan kaivannaisjätteen hienon ja karkean fraktion yhteisläjitys soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 29 -päätelmässä kuvattujen tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5).

BAT 29a -päätelmän osalta on huomioitava, että kosteat ilmasto-olosuhteet saattavat haitata hyödynnettävyyttä, esimerkiksi rankkasateista johtuen kaivannaisjätteen patojen ja pengerten on oltava lujia.

BAT 29b -päätelmän osalta on huomioitava, kosteat ilmasto-olosuhteet saattavat haitata hyödynnettävyyttä, esimerkiksi rankkasateista johtuen kaivannaisjätteen patojen ja pengerten on oltava lujia ja jätealueen pohjarakenteiden sopivia (BAT 15b ja BAT 16e).

BAT 29c -päätelmä ei sovellu potentiaalisesti happoa tuottavalle kaivannaisjätteelle, ellei ainesta läjitetä veden alle. Menetelmä ei myöskään sovellu osittain hapettuneelle kaivannaisjätteelle, jossa on jäljellä hapontuottopotentiaalia. Tekniikkaa ei myöskään sovelleta tuotantovaiheessa, mikäli se haittaa louhintaa. Tekniikan hyödyntäminen saattaa edellyttää kallioperän ruhjeiden sulkemista haitta-aineiden leviämisen estämiseksi, hyödynnettävän jäteaineksen karakterisointia sekä kaivostyön ympäristövaikutusten tarkkailua.

BAT 29d -päätelmä on hyödynnettävissä yhdessä kaivannaisjätteen alkaliniteetin vähentämistekniikan (BAT 30a) kanssa, ja mikäli lietekäsittely voidaan suorittaa kohteessa turvallisesti (BAT 22a).

BAT 29e -päätelmän osalta on huomioitava, että optimaalinen kaivannaisjätefraktioiden sekoitussuhde riippuu useista erilaisista tekijöistä, kuten vesipitoisuudesta, vedenjohtavuudesta, huokoisuudesta, kyllästymisasteesta, lujuudesta, stabiilisuudesta, tiheydestä, koosapysyvyydestä, kitkakulmasta, tiivistyneisyydestä, nesteytymisestä ja puristuksesta.

Esimerkkikohteita Suomessa

BAT 29c: Outokumpu Chrome Oy:n Kemin kaivos

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.2.1.4.1, 4.2.2.1.4.2, 4.2.2.1.4.3, 4.2.2.1.4.4, 4.2.2.1.4.5 ja 5.3.2.1.3.
Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from

Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

7.4 BAT-päätelmä 30 – Haitta-aineiden liukenemisen estäminen tai vähentäminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen kemiallisen pysyvyyden hallitsemiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuva tekniikka seuraavista:

- BAT 30a. Kaivannaisjätteen alkaliniteetin vähentäminen
- BAT 30b. Kaivannaisjätteen tiivistäminen, konsolidointi ja läjitys (ks. BAT 29)
- BAT 30c. Vaiheittainen kunnostus (ks. BAT 38a)
- BAT 30d. Väliaikaiset peittoratkaisut (ks. BAT 38b).

BAT 30 – yleiskuvaus

BAT 30 -päätelmässä on kuvattu eri menetelmiä kaivannaisjätteiden sisältämien haitta-aineiden liukenemisen estämiseksi tai vähentämiseksi. BAT-tekniikkaa on käyttää näitä menetelmiä tai niiden yhdistelmiä haitta-aineiden liukenemisen estämiseksi tai vähentämiseksi. Kyseisten menetelmien avulla voidaan parantaa kaivannaisjätteiden tehokasta ja turvallista läjittämistä.

BAT 30a Kaivannaisjätteen alkaliniteetin vähentäminen.

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen neutralisointiin poistamalla alkalisia aineksia ja/ tai rikastuskemikaaleja rikastusjätteistä. Rikastuksessa käytettäviä syövyttävän emäksisiä kemikaaleja voidaan ottaa talteen ja neutralisoida. Neutralisointi voidaan tehdä erilaisilla kemikaaleilla, kuten hapoilla (esim. rikki- tai suolahappo), hiilidioksidilla, rikkidioksidilla, suolaliuksella tai merivedellä

BAT 30b Kaivannaisjätteen tiivistäminen, konsolidointi ja läjitys (BAT 29)

Tekniikka käsittää viisi eri menetelmää kaivannaisjätteiden tiivistämiseksi, konsolidoimiseksi ja läjittämiseksi sijoitusalueille. Kuvatut menetelmät ovat:

- Sakeutetun ja pastamaisen kaivannaisjätteen sijoittaminen suihkutuspukilla (BAT 29a)
- Kuivien tai märkien suodatinkakkujen läjittäminen tai kuivana kasaaminen (BAT 29b)

- Kaivannaisjätteen sijoittaminen kaivostäytöksi (BAT 29c)
- Lietekäsittely (BAT 29d)
- Kaivannaisjätteen hienon ja karkean fraktion yhteisläjitys (BAT 29e).

BAT 30c Vaiheittainen kunnostus (BAT 38a)

Tekniikka kuvaa kaivannaisjätealtaiden, padoilla rajattujen jätealueiden, kiinteän jätteen sijoitusalueiden sekä kaivostäytettyjen tyhjien louhosten vaiheittaisen kunnostamisen, joka aloitetaan jo toiminnan aikana niiltä osin kuin se on mahdollista.

BAT 30d Väliaikaiset peittoratkaisut (BAT 38b)

Tekniikassa rinteet ja/tai kaivannaisjätteen jätealueen kuivavara peitetään väliaikaisesti orgaanisilla tai epäorgaanisilla aineksilla. Kaivannaisjätteen pinnat voidaan lisäksi kyllästää kemikaaleilla tai bitumiseoksilla, jotka hylkivät vettä tai sitovat partikkeleita. Yhtenä vaihtoehtona on kiinteyttää rikastusjäte hyödyntämällä sen kemiallisia ominaisuuksia.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 30a Kaivannaisjätteen alkaliniteetin vähentäminen

Tekniikka soveltuu rikastuksesta peräisin oleville korkean alkaliniteetin omaaville kaivannaisjätteille, erityisesti alumiinin rikastuksesta peräisin oleville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Kaivannaisjätteen alkaliniteetin vähentäminen poistamalla alkalisia aineksia/reagensseja rikastusjätteistä sisällytetään toiminnan suunnitteluun.

Toimintavaihe

Kaivannaisjätteen alkalisuutta vähennetään ja samalla sovelletaan yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1 ja BAT 12).

BAT 30b–BAT 30d

Tekniikat soveltuvat ei-pysyvälle kaivannaisjätteelle

BAT-päätelmän 30 menetelmillä b–d estetään ja vähennetään haitta-aineiden liukene- mista. Menetelmien soveltaminen ja esimerkkikohteet on kuvattu päätelmän sisältämiä tekniikoita kuvaavissa BAT-päätelmissä:

- BAT 30b. Kaivannaisjätteen tiivistäminen, konsolidointi ja läjitys (ks. BAT 29)
- BAT 30c. Vaiheittainen kunnostus (ks. BAT 38a)
- BAT 30d. Väliaikaiset peittoratkaisut (ks. BAT 38b)

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 30 -päätelmässä kuvattujen tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5).

Kaivannaisjätteen alkaliniteetin vähentämisen osalta on huomattava, että sen hyödynnettävyys saattaa riippua alueen sijainnista ja läjitetyn materiaalin kemiasta, esimerkiksi meren läheisyys on edellytyksenä meriveden hyödyntämiselle kaivannaisjätteen alkaliniteetin vähentämisessä.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.2.2.1.1, 4.2.2.2.1.2, 4.2.2.2.1.3, 4.2.2.2.1.4 ja 5.3.2.2.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

BAT 30b: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.2.1.4.1, 4.2.2.1.4.2, 4.2.2.1.4.3, 4.2.2.1.4.4, 4.2.2.1.4.5 ja 5.3.2.1.3

BAT 30c: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.1 ja 5.4.1.3

BAT 30d: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.2 ja 5.4.1.3

7.5 BAT-päätelmä 31 – Happaman kaivosvaluman muodostumisen estäminen tai vähentäminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen kemiallisen pysyvyyden hallitsemiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuva tekniikka seuraavista:

- BAT 31a. Kiviaineksen happaman valumaveden (ARD) hallintajärjestelmä
- BAT 31b. Potentiaalisesti happoa tuottavan (PAG) ja tuottamattoman (NAG) kaivannaisjätteen erottelu lajittelun ja valikoivan käsittelyn/läjittämisen avulla (ks. BAT 7b)
- BAT 31c. Rikinpoisto
- BAT 31d. Sekoittaminen neutralointikapasiteettia omaavien materiaalien kanssa
- BAT 31e. Pohjarakenteena tiivis vettä läpäisemätön luonnonmaa (ks. BAT 35a)
- BAT 31f. Pohjarakenteena tiivis keinotekoinen materiaali (ks. BAT 35b)

- BAT 31g. Vaiheittainen kunnostus (ks. BAT 38a)
- BAT 31h. Väliaikaiset peittoratkaisut (ks. BAT 38b)
- BAT 31i. Vettä läpäisemättömät ja alhaisen virtaaman kuivapeitot (ks. BAT 38e)
- BAT 31j. Happea kuluttavat kuivapeitot (ks. BAT 38f)
- BAT 31k. Vesipeitot (ks. BAT 38g)
- BAT 31l. Märkäpeitot (ks. BAT 38h).

BAT 31 – yleiskuvaus

BAT 31 -päätelmässä on kuvattu eri menetelmiä happaman kaivosvaluman (ARD) muodostumisen estämiseksi tai vähentämiseksi. Parasta käyttökelpoista tekniikkaa on käyttää näitä menetelmiä tai niiden yhdistelmiä happaman kaivosvaluman muodostumisen estämiseksi tai vähentämiseksi. Menetelmät perustuvat kaivannaisjätteen määrän tai haitallisuuden vähentämiseen sekä kaivannaisjätteistä suotautuvan veden määrän vähentämiseen tiiviillä pohjarakenteilla ja erilaisilla peittoratkaisuilla.

BAT 31 -päätelmässä kuvatut tekniikat soveltuvat potentiaalisesti happoa muodostaville kaivannaisjätteille. Menetelmien 31a, c ja d soveltuvuus kohteeseen happaman kaivosvaluman muodostumisen estämiseksi tai vähentämiseksi tulee ottaa huomioon toiminnan suunnitteluvaiheessa ja hyödyntää soveltuvia menetelmiä tuotantovaiheessa. Menetelmät on kuvattu kyseisissä BAT-päätelmissä 31b ja 31e - 31l.

BAT 31a Kiviaineksen happaman valumaveden (ARD) hallintajärjestelmä

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteiden ARD-ominaisuuksien asianmukaiseen huomioimiseen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmässä sekä ympäristönhallintajärjestelmässä. Potentiaalisesti happoa tuottavan kaivannaisjätteen hallinta noudattaa riskiperusteista lähestymistapaa. Ympäristövaikutusten arvioinnissa oleellista on kaivannaisjätteen oikeanlainen karakterisointi ja sen ominaisuuksien ymmärtäminen (BAT 2). Hallintaprosessi määritellään alun perin suunnitteluvaiheessa, mutta se on iteratiivinen prosessi, jota uudistetaan ja arvioidaan jatkuvasti koko kaivoksen elinkaaren ajan. Karakterisointi aloitetaan suunnitteluvaiheessa ja MTWR BREF -vertailuasiakirjan (MWEI BREF 2018, s. 324) mukaisesti tuotantovaiheen karakterisointituloksia täytyy jatkuvasti verrata alkuperäisiin karakterisointituloksiin, joihin suunnittelu on perustunut. Potentiaalisesti happoa tuottavan kaivannaisjätteen arviointiprosessi noudattaa aina elinkaariajattelua eli kaikkien tuotantovaiheessa käytettävien jätteenhallintamenetelmien tulee sisältää myös hyväksyttävällä tasolla oleva sulkemissuunnitelma.

BAT 31b Potentiaalisesti happoa tuottavan (PAG) ja tuottamattoman (NAG) kaivannaisjätteen erottelu lajittelun ja valikoivan käsittelyn/läjittämisen avulla (ks. BAT 7b)

Tekniikka perustuu eri kaivannaisjätetyyppien erotteluun, esimerkiksi potentiaalisesti happoa tuottaviin (PAG) ja happoa tuottamattomiin (NAG) jätejakeisiin. Luokittelun perusteella jätelajeja käsitellään ja läjitetään eri tavalla, esimerkiksi NAG-jäte voidaan sijoittaa sivukivikasan pintakerrokseen tarkoituksena vähentää happamuuden muodostumista kasasta. Lajittelulla ja valikoivalla käsittelyllä voidaan vähentää kaivannaisjätteiden muodostumisen ohella niiden haitallisuutta ja edistää siten kaivannaisjätteiden hyödyntämistä joko kaivosalueen sisällä tai sen ulkopuolella. Lisäksi tekniikalla on mahdollista lisätä kaivannaisjätteiden kemiallista vakautta ja pienentää niiden ympäristövaikutuksia vähentämällä happamien valumavesien muodostumista.

BAT 31c Rikinpoisto

Tekniikka perustuu potentiaalisesti happoa muodostavien fraktioiden täydelliseen tai osittaiseen poistamiseen kaivannaisjätteistä rikastuksen yhteydessä, hyödyntäen erityisesti vaahdotusta ja jätejakeiden erillistä käsittelyä ennen lopullista sijoitusta kaivannaisjätteen sijoitusalueelle. Esimerkiksi pyriitin, jota voidaan hyödyntää rikkihapon valmistuksessa, vaahdottaminen omaksi rikkipitoiseksi jakeekseen on yleistä. Erotettu rikkipitoinen jae on hyvin reaktiivista, joten sen käsittely ja läjittäminen on suunniteltava huolellisesti. Sopivia läjitysvaihtoehtoja voivat olla esimerkiksi sijoittaminen pysyvän vesipeiton alle (BAT 38g) avolouhokseen (tukkien mahdolliset vettä johtavat ruhjeet) tai altaaseen, jonka pohjarakenne on tiivis.

BAT 31d Sekoittaminen neutralointikapasiteettia omaavien materiaalien kanssa

Tekniikka perustuu neutralointikapasiteettia omaavien aineiden esimerkiksi kalkkikiven, lentotuhkan tai sementti- ja potsolaanipohjaiset aineiden lisäämiseen rikastuksesta ja/tai louhinnasta peräisin olevien kaivannaisjätteiden sekaan. Potentiaalisesti happoa tuottavat kaivannaisjätteet voidaan myös kapseloida neutraloivien materiaalien sisään. Sekoituksen tarkoituksena on, että neutralointikapasiteetti riittää rapautumisen seurauksena liuenneiden haitta-aineiden pidättämiseen, kunnes jätealue lopullisesti suljetaan kuivapeitolla. Teoriassa neutralointikapasiteettia omaavan materiaalin sekoittaminen kaivannaisjätteeseen voi olla lopullinen sulkemistoimi jo itsessään, mutta käytännössä tarvittavan neutralointikapasiteettia omaavan aineksen määrä riittävän pitkäkestoisen neutralointipotentiaalin saavuttamiseksi saattaa olla niin suuri, että sen kuljettaminen kaivosalueelle on liian kallista.

BAT 31e Pohjarakenteena tiivis vettä läpäisemätön luonnonmaa (ks. BAT 35a)

Tekniikka perustuu tiivistetyn ja alhaisen vedenläpäisevyyden omaavan luonnonmaan esimerkiksi luonnon saven, kalkkiliejun tai turpeen käyttöön kaivannaisjätteen sijoitusalueen

pohjarakenteena. Tiivis luonnonmaasta tehty pohjarakenne suunnitellaan rajoittamaan vesien suotautumista kaivannaisjätteen sijoitusalueelta toiminnan koko elinkaaren ajaksi, ulottuen sulkemisen jälkeiseen aikaan. Useimmiten pohjarakenteen paksuus on vähintään 0,3–0,5 m.

BAT 31f Pohjarakenteena tiivis keinotekoinen materiaali (ks. BAT 35b)

Tekniikka perustuu keinotekoisien materiaalien ja suotovesiä keräävien kerrosten yhdistettyyn käyttöön. Niiden avulla voidaan saada pohjarakenteen vedenjohtokyky hyvin alhaiseksi ($< 10^{-9}$ m/s) sekä estää haitalliset vuodot maaperään ja pohjaveteen.

BAT 31g Vaiheittainen kunnostus (ks. BAT 38a)

Tekniikka perustuu kaivannaisjätealtaiden, padoilla rajattujen jätealueiden, kaivannaisjätekasojen sekä sellaisten louhosten, joihin on sijoitettu kaivannaisjätettä, vaiheittaisen peittämiseen ja kunnostamiseen, joka aloitetaan jo toiminnan aikana niiltä osin kuin se on mahdollista.

BAT 31h Väliaikaiset peittoratkaisut (ks. BAT 38b)

Tekniikka perustuu rinteiden ja/tai kuivien kaivannaisjätepintojen väliaikaiseen peittämiseen orgaanisilla tai epäorgaanisilla aineksilla. Lisäksi kaivannaisjätteen pinnat voidaan kylmistää kemikaaleilla tai bitumiseoksilla, jotka hylkivät vettä tai sitovat partikkeleita. Yhtenä vaihtoehtona on kiinteyttää rikastusjäte hyödyntämällä sen kemiallisia ominaisuuksia.

BAT 31i Vettä läpäisemättömät ja alhaisen virtaaman kuivapeitot (ks. BAT 38e)

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen sijoitusalueen peittorakenteeseen, joka koostuu useista toiminnallisista kerroksista. Rakenteen tavoitteena on estää hapen kulkeutuminen kaivannaisjätteeseen ja rajoittaa sadeveden pääsyä jätteeseen. Rakenne koostuu yleensä kahdesta tai useammasta kerroksesta. Peittorakenteen paksuus voi vaihdella 0,5–3,0 m ja sen tiiviskerroksen vedenläpäisevyys on yleensä $< 10^{-9}$ m/s.

BAT 31j Happea kuluttavat kuivapeitot (ks. BAT 38f)

Tekniikka perustuu potentiaalisesti happoa tuottavan kaivannaisjätteen peittämiseen orgaanisella aineksella, jonka tarkoituksena on kuluttaa happea ja vähentää hapen virtaamista kaivannaisjätteen sekaan.

BAT 31k Vesipeitot (ks. BAT 38g)

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen sijoitusalueen peittämiseen vesikerroksella siten, että voidaan eristää jätteen sisältämät haitta-aineet sekä vähentää jätteen eroosiota, pölyämistä

ja hapen kulkeutumista jätteeseen. Vesipeittoa käytetään kaivannaisjätteille, jotka on sijoitettu rakennettuihin altaisiin, joissa on yleensä vettä ja kiintoainesta pidättävät patorakenteet (BAT 15) sekä vettä läpäisemätön pohjarakenne (BAT 35). Vesipeittoa käytetään myös kohteissa, joissa kaivannaisjäte on sijoitettu takaisin louhostiloihin ja peitetty vedellä.

BAT 31I Märkäpeitot (ks. BAT 38h)

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen sijoitusalueen peittämiseen niin, että veden annetaan imeytyä kaivannaisjätteeseen siten, että jätteen pintaan muodostuu pysyvästi vedellä kyllästynyt vyöhyke tai märkäkerros. Jätteen pinnalle lisätään orgaanista ainesta kosteikkokasvillisuuden muodostamiseksi jätealueen pintaosaan. Orgaanista ainesta käytettäessä tulee huolehtia, ettei käytöstä aiheudu negatiivisia vaikutuksia ympäristöön tai ihmisten terveyteen. Kosteikon muodostaminen kaivannaisjätteen sijoitusalueelle vastaa periaatteiltaan vesipeittoa, mutta veden syvyys on matalampi kuin vesipeitossa, sillä kasvillisuuspeitto estää kaivannaisjätteen liettymisen veteen esim. tuulen vaikutuksesta.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 31a Kiviaineksen happaman valumaveden (ARD) hallintajärjestelmä

Tekniikka soveltuu potentiaalisesti happoa muodostaville kaivannaisjätteille.

Varmistetaan, että kaivannaisjätteiden ARD-ominaisuudet otetaan asianmukaisesti huomioon organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmässä sekä ympäristönhallintajärjestelmässä (BAT 1).

BAT 31b Potentiaalisesti happoa tuottavan (PAG) ja tuottamattoman (NAG) kaivannaisjätteen erottelu lajittelun ja valikoivan käsittelyn/läjittämisen avulla (ks. BAT 7b)

Tekniikka soveltuu potentiaalisesti happoa muodostaville kaivannaisjätteille.

Happaman kaivosvaluman muodostumisen estämiseen tai vähentämiseen soveltuva menetelmä ja siihen liittyvät esimerkkikohteet on kuvattu päätelmässä BAT 7b.

BAT 31c Rikinpisto

Tekniikka soveltuu potentiaalisesti happoa muodostaville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Rikin täydellinen tai osittainen poistaminen kaivannaisjätteistä rikastuksen (vaahdotus) yhteydessä sekä jätejakeiden erillinen käsittely ennen lopullista sijoitusta kaivannaisjätteen sijoitusalueelle sisällytetään toiminnan suunnitteluun.

Toimintavaihe

Toteutetaan rikinpoisto kaivannaisjätteistä soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1 ja BAT 12).

BAT 31d Sekoittaminen neutralointikapasiteettia omaavien materiaalien kanssa

Tekniikka soveltuu potentiaalisesti happoa muodostaville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Neutralointikapasiteettia omaavien aineiden esimerkiksi kalkkikiven sekä sementti- ja potsolaanipohjaiset aineiden lisäämiseen rikastuksesta ja/tai louhinnasta peräisin olevien kaivannaisjätteiden sekaan sisällytetään toiminnan suunnitteluun.

Toimintavaihe

Toteutetaan neutralointikapasiteettia omaavien aineiden lisäämiseen rikastuksesta ja/tai louhinnasta peräisin olevien kaivannaisjätteiden sekaan soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1 ja BAT 12).

BAT 31e–BAT 31l

Päätelmien tekniikat soveltuvat potentiaalisesti happoa muodostaville kaivannaisjätteille.

BAT 31 -päätelmän menetelmillä e–l estetään ja vähennetään happaman kaivosvaluman muodostumista. Menetelmien soveltaminen ja esimerkkikohteet on kuvattu päätelmän sisältämiä tekniikoita kuvaavissa BAT-päätelmissä:

- BAT 31e. Pohjarakenteena tiivis vettä läpäisemätön luonnonmaa (ks. BAT 35a)
- BAT 31f. Pohjarakenteena tiivis keinotekoinen materiaali (ks. BAT 35b)
- BAT 31g. Vaiheittainen kunnostus (ks. BAT 38a)
- BAT 31h. Väliaikaiset peittoratkaisut (ks. BAT 38b)
- BAT 31i. Vettä läpäisemättömät ja alhaisen virtaaman kuivapeitot (ks. BAT 38e)
- BAT 31j. Happea kuluttavat kuivapeitot (ks. BAT 38f)
- BAT 31k. Vesipeitot (ks. BAT 38g)
- BAT 31l. Märkäpeitot (ks. BAT 38h).

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 31 -päätelmässä kuvatut tekniikat ovat käytettävissä potentiaalisesti happoa muodostaville kaivannaisjätteille. Kuvattujen tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5).

BAT 31d -päätelmä on kuitenkin sovellettavissa vain, jos neutraloivia aineksia on saatavilla kohteella tai sen läheisyydessä, mieluiten osana tuotettua kaivannaisjätettä. Tekniikkaa sovelletaan yleensä yhdessä läpäisemättömän pohjarakenteen kanssa. Soveltuvuutta voivat rajoittaa epäsuotuisat ilmasto-olosuhteet ja neutralointia vähentävien kerrosten muodostuminen emäksisten materiaalien päälle.

Esimerkkikohteita Suomessa

BAT 31c Pyhäsalmi Mine Oy:n Pyhäsalmen kaivos, Boliden Kevitsa Mining Oy:n kaivos

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.2.2.2.1, 4.2.2.2.2.2, 4.2.2.2.2.3, 4.2.2.2.2.4, 4.2.2.2.2.5.1, 4.2.2.2.2.5.2, 4.2.2.2.2.6, 4.2.2.2.2.7, 4.2.2.2.2.8.1, 4.2.2.2.2.8.2 ja 5.3.2.2.2. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

BAT 31b: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.1.3.2.2 ja 5.2.3.2

BAT 31e: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.1.1 ja 5.4.1.1

BAT 31f: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.1.2 ja 5.4.1.1

BAT 31g: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.1 ja 5.4.1.3

BAT 31h: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.2 ja 5.4.1.3

BAT 31i: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.4.1.2 ja 5.4.1.3

BAT 31j: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.4.1.3 ja 5.4.1.3

BAT 31k: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.4.2.1 ja 5.4.1.3

BAT 31l: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.4.2.2 ja 5.4.1.3

Pohjois-Suomen aluehallintavirasto 2014. Kevitsan kaivoksen tuotannon laajentamisen ympäristö- ja vesitalouslupa sekä töiden ja toiminnan aloittamislupa, Sodankylä. Lupapäätös Nro 79/2014/1, Dnro PSAVI/144/04.08/2011. <https://tietopalvelu.ahtp.fi/Lupa/>

7.6 BAT 32 – Itsestään syttyvän kaivannaisjätteen synnyn ehkäiseminen ja määrän pienentäminen

Parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa kaivannaisjätteen kemiallisen vakauden varmistamiseksi on vähentää palavan tai syttyvän jätteen määrää tiivistämällä kaivannaisjätettä mekaanisilla laitteilla ja/tai tehdä maisemointia ja geomorfista kunnostusta.

- BAT 32. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d).

BAT-päätelmän soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Soveltuva tekniikka kaivannaisjätteille, jotka voivat syttyä itsestään palamaan.

Jätteen itsestään syttymisen ehkäisemiseksi, palavan tai syttyvän kaivannaisjätteen määrää voidaan vähentää siihen soveltuvilla mekaanisilla laitteilla sekä maisemoinnilla ja maastonmuotojen uudelleen rakentamisella (BAT 42d).

Tekniikka jätealueen maisemointiin ja geomorfiseen kunnostukseen sekä tekniikan soveltaminen on kuvattu BAT-päätelmässä 42d.

BAT-päätelmän soveltuminen kohteisiin osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5).

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappale 4.2.2.2.3 ja 5.3.2.2.3. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

7.7 BAT-päätelmä 33 – Kaivannaisjätteiden sisältämien vaarallisten yhdisteiden vähentäminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätealtaiden syanidipitoisuuden vähentämiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 33a. Syanidin tuhoaminen hapen tai rikkioksidin avulla
- BAT 33b. Syanidin tuhoaminen vetyperoksidilla
- BAT 33c. Syanidin tuhoamisen turvallisuustoimenpiteiden menetelmät/sovellukset.

BAT 33 – yleiskuvaus

BAT 33 -päätelmässä esitetyt tekniikat auttavat vähentämään jätteen syanidipitoisuutta, joka on seurausta yleisesti kullon rikastamisessa käytetystä syanidiliuotuksesta. Lietteen sisältämä syanidi pyritään tuhoamaan hapettamalla. BAT 33c -kohdassa esitetään myös tekniikoita syanidin tuhoamisen menetelmien toimivuuden turvaamisesta eri varajärjestelmien avulla.

BAT 33a Syanidin tuhoaminen hapen tai rikkioksidin avulla

Syanidia käytetään yleisesti kullan rikastuksessa. Prosessissa muodostuvan liejun sisältämän syanidin tuhoamisessa voidaan hyödyntää happea tai rikkidioksidia (SO₂). Syanidin tuhoamisprosessi käsittää neljä vaihetta, joiden reaktioyhtälöt voidaan kuvata seuraavasti:

- Hapettuminen
 - $\text{CN}_{\text{vapaa}}^- + \text{SO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{OCN}^- + \text{H}_2\text{SO}_4$ (1a)
 - $\text{M}(\text{CN})_4^{2-} + 4 \text{SO}_2 + 4 \text{O}_2 + 4 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4 \text{OCN}^- + 4 \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{M}^{2+}$ (1b)
 - jossa, $\text{M}^{2+} = \text{Zn}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Cd}^{2+}$ jne.
- Kalkin avulla tapahtuva neutralointi
 - $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$ (2)
- Saostaminen
 - $\text{M}^{2+} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{M}(\text{OH})_2 + \text{Ca}^{2+}$ (3a)
 - $2 \text{M}^{2+} + \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-} \rightleftharpoons (\text{M})_2 \text{Fe}(\text{CN})_6$ (3b)
 - jossa, $\text{M} = \text{Zn}, \text{Cu}, \text{Ni}, \text{Cd}, \text{Fe}$ jne.
- Syanaatti-ionit voidaan lopuksi muuttaa ammoniakiksi hydrolyysissä
 - $\text{OCN}^- + \text{H}^+ + 2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{NH}_4^+$ (4)

Kupari-ionit katalysoivat oheisia reaktioita muodostamalla syanidin kanssa stabiileja yhdisteitä, jotka voidaan rikkoa hapettamalla. Prosessin toimivuuden takaamiseksi on tärkeää hallita syanidiliuotuksessa syanidin annostelua sekä hallita täsmällisesti natriumpyrosulfiitin (Na₂S₂O₅) ja kuparisulfaatin (CuSO₄) syöttämistä säiliössä tapahtuvaan syanidin tuhoamisprosessiin.

BAT 33b Syanidin tuhoaminen vetyperoksidilla

Hapen ja rikkidioksidin lisäksi prosessilietteiden sisältämän syanidin hapettamista ja tuhoamista voidaan edistää vetyperoksidin avulla. Reaktioita voidaan kuvata seuraavien yhtälöiden avulla:

- Hapettaminen
 - $\text{CN}_{\text{vapaa}}^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{OCN}^- + \text{H}_2\text{O}$ (1a)
 - $\text{M}(\text{CN})_4^{2-} + 4 \text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons 4 \text{OCN}^- + 4 \text{H}_2\text{O} + \text{M}^{2+}$ (1b)
 - jossa, $\text{M}^{2+} = \text{Zn}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Cd}^{2+}$ jne.
- Saostaminen
 - $2 \text{M}^{2+} + \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-} \rightleftharpoons (\text{M})_2 \text{Fe}(\text{CN})_6 (\text{s})$ (2)
 - jossa, $\text{M} = \text{Zn}, \text{Cu}, \text{Ni}, \text{Cd}, \text{Fe}$ jne.
- Syanaatti-ionit voidaan lopuksi muuttaa ammoniakiksi hydrolyysissä
 - $\text{OCN}^- + \text{H}^+ + 2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{NH}_4^+$ (3)

Prosessissa ei muodostu sulfaatteja. Reaktio toteutetaan emäksisissä olosuhteissa pH:n ollessa välillä 9,0–9,5 (Botz 1999). Vetyperoksidin kulutuksen on arvioitu olevan n. 1 kg H₂O₂ /t käsiteltyä malmia.

BAT 33c Syanidin tuhoamisen turvallisuustoimenpiteiden/järjestelyiden sovellukset

Turvallisuustoimenpiteiden sisällyttäminen ja soveltaminen osana syanidin tuhoamisprosessia varmistaa prosessin keskeytyksettömän toiminnan ja vähentää ympäristöriskejä.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 33a Syanidin tuhoaminen hapen tai rikkioksidin avulla

Tekniikka soveltuu syanidipitoisille kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitellaan syanidin tuhoaminen hapen tai rikkidioksidin avulla tapahtuvassa hapettumisprosessissa. Tavallisesti reaktio toteutetaan pH-välillä 7,5–9,5. Kalkkia lisätään automaattisesti reaktiossa muodostuneen happamuuden (H⁺) neutraloimiseksi ja pH:n pitämiseksi halutulla välillä.

Toimintavaihe

Toimintavaiheessa toteutetaan syanidin tuhoaminen hapetusprosessissa (happi/SO₂) soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1 ja BAT 12).

BAT 33b Syanidin tuhoaminen vetyperoksidilla

Tekniikka soveltuu syanidipitoisille kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitellaan rikastuksessa muodostuneiden kaivannaisjätteiden vetyperoksidikäsitely syanidin hapettumisen ja tuhoamisen edistämiseksi. Toisin kuin BAT 33a -tekniikassa, prosessissa ei muodostu sulfaatteja.

Toimintavaihe

Toimintavaiheessa toteutetaan syanidin tuhoaminen käyttämällä vetyperoksidia soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1 ja BAT 12).

BAT 33c Syanidin tuhoamisen turvallisuustoimenpiteiden/järjestelyiden sovellukset

Tekniikka soveltuu syanidipitoisille kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitellaan syanidipiirin koko kaksinkertaiseksi varsinaiseen tarpeeseen nähden, asennetaan samaan yhteyteen kalkkilisäyksen varmuusjärjestelmä sekä varageneraattori virransaannin varmistamiseksi.

Toimintavaihe

Toimintavaiheessa toteutetaan turvallisuustoimenpiteiden menetelmiä soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1 ja BAT 12).

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 33 -päätelmässä esitetty tekniikka soveltuu syanidipitoisille kaivannaisjätteille, jonka lisäksi soveltuvuus perustuu asianmukaiseen ympäristöriskin ja -vaikutusten arviointiin (BAT 5). Tekniikat soveltuvat ainoastaan yhdistelmänä ennen käsittelyä tapahtuvan yhtenäistämisen eli jätevirtojen homogenisoinnin kanssa.

Esimerkkikohteita Suomessa

Syanidia käytetään yleisesti kultakaivoksilla esim. Agnico Eagle Finland Oy:n Kittilän kaivoksella ja Raahessa Laivakankaan kaivoksella. Näillä kaivoksilla syanidin tuhoaminen tapahtuu suljetussa piirissä INCO-menetelmällä, jossa malmikiven syanidiliuotuksen jälkeen syanidipitoinen liete hapetetaan rikkidioksidin ja hapen avulla säiliöissä. Säiliöön saapuvan veden keskimääräinen syanidipitoisuus on 150–300 mg/l. Kittilän kaivoksella syaniditasoa seurataan päivän aikana useasti, lisäksi kaivannaisjätealtaan vedet pumpataan takaisin prosessiin eikä purkuvettä näin ollen muodostu.

Lähteet ja lisätieto

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.2.3.1.1, 4.2.2.3.1.2, 4.2.2.3.1.3 ja 5.3.2.3.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- Botz, M. 1999. Overview of cyanide treatment methods Other Perspectives – IV. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

8 Pohjaveden tilan huononemisen ja maaperän pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen

8.1 BAT-päätelmä 35 – Pohjarakenteet ja (fysikaaliset) esteet

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa pohjaveden tilan huononemisen tai maaperän pilaantumisen ehkäisemiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 35a. Pohjarakenteena tiivis vettä läpäisemätön luonnonmaa
- BAT 35b. Pohjarakenteena tiivis keinotekoinen materiaali
- BAT 35c. Suotautumiseste.

BAT 35 – yleiskuvaus

BAT 35 -päätelmä koskee pohjaveden ja maaperän pilaantumisen ehkäisemistä ja vähentämistä kaivannaisjätteen sijoitusalueiden hallintaan liittyvien pohjarakenteiden ja fysikaalisten esteiden avulla koko kaivannaisjätteen sijoitusalueen elinkaaren ajan. Kaivannaisjätteen sijoitusalueen optimaalinen sijoittaminen on keskeinen keino ehkäistä suotovesien kulkeutumista kaivannaisjätteen sijoitusalueelta maaperään ja pohjaveteen. Tämä edellyttää kaivosalueen maa- ja kallioperän ominaisuuksien selvittämistä (vrt. BAT 4). Alueilla, joilla maa- ja kallioperä eivät ole luonnostaan tiiviitä ja vettä heikosti läpäiseviä, ja joilla hydrogeologiset olosuhteet eivät ole suotuisat ehkäisemään suotovesien kulkeutumista kaivannaisjätteen sijoitusalueelta ympäristöön, tulee maaperän pilaantumisen ja pohjaviesien laadun heikkenemisen estämiseksi rakentaa tiivis eli vettä läpäisemätön pohjarakenne.

Pohjarakenteet voivat vaihdella luonnonmaapohjaisesta yksinkertaisesta rakenteesta monikerroksisiin pohjarakenteisiin, joissa käytetään usein myös geosynteettisiä materiaaleja. Yhdistelmäpohjarakenteet koostuvat usein yhdistelmästä erilaisia rakennekerroksia, joita ovat mm. kuivatus- ja suotokerrokset, synteettiset kalvot ja eristekerrokset, vuotojen

havainnointijärjestelmät sekä lisäsavikerrokset. Tämän takia pohjarakenne voi olla helposti yli metrin paksuinen (Kauppila et al. 2013). Lisäksi maaperään suotautuvien vesien pilaantumisen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi voidaan asentaa suotautumista ohjaavia (fysikaalisia) esteitä. Esteiden ja pohjarakenteiden kustannukset ovat riippuvaisia pitkälti materiaalivalinnoista ja niiden ominaisuuksista kuten kerrospaksuudesta, tiivistyvydestä, vedenläpäisevyydestä ja vahvuudesta.

BAT 35a Pohjarakenteena tiivis ja vettä läpäisemätön luonnonmaa

Tekniikassa hyödynnetään pohjarakenteena alhaisen vedenläpäisevyyden luonnonmaapohjaa maaperän ja pohjaveden pilaantumisen estämiseksi. Mikäli kaivosalueen maapohja ei ole luonnostaan riittävän tiivis, eikä maaperän vedenläpäisevyys ole riittävän alhainen, voidaan alhaisen vedenläpäisevyyden luonnonmaita kuten savea tai turvetta tiivistää pohjarakenteen osalta riittävän alhaisen vedenjohtavuuden ($< 10^{-9}$ m/s) saavuttamiseksi. Tiivis ja vettä läpäisemätön luonnonmaasta tehty pohjarakenne suunnitellaan rajoittamaan vesien suotautumista kaivannaisjätteen sijoitusalueelta toiminnan koko elinkaaren ajaksi ulottuen sulkemisen jälkeiseen aikaan. Useimmiten pohjarakenteen paksuus on vähintään 0,3–0,5 m ja pohjarakenteen paksuuden kasvattaminen ei välttämättä vähennä suotautumisnopeutta samassa suhteessa. Tyypillisesti luonnonmaapohjarakenne sisältää vähintään 30 %:a hienoaainesta ja voi sisältää 50 %:a painostaan soraa (US EPA 2016). Lisäksi rakenteen horisontaalinen ja vertikaalinen vedenjohtokyky on pienempi kuin 10^{-9} m/s. Pohjarakenteen alapuolelta on oleellista poistaa mahdolliset humuspitoiset maa-ainekset.

Ympäristöedut vettä läpäisemättömän luonnonmaan käytöstä pohjarakenteen materiaalina ovat:

- Pohjaveteen ja maaperään kohdistuvien päästöjen ehkäiseminen ja vähentäminen, johtuen suotovesien imeytymisestä esim. pohjarakenteen paksuuden kasvaessa suotautumiseen kuluva aika kasvaa
- Suotoveden liukoiset pitoisuudet voivat vähentyä luonnonmaan pohjarakenteesta johtuvan dispersion, diffuusion tai adsorption seurauksena
- Tiivis pohjarakenne ehkäisee ja vähentää hapanta kaivosvalumaa (ARD) lisäten kaivannaisjätteen kemiallista vakautta
- Mikäli alhaisen läpäisevyyden luonnonmateriaalia on saatavilla kohteessa, vähenevät energian ja lisäraaka-aineiden tarve.

BAT 35b Pohjarakenteena tiivis vettä läpäisemätön keinotekoinen materiaali

Tekniikka hyödyntää geosynteettisiä materiaaleja ja kuivatusjärjestelmiä, joilla aikaansaadetaan pohjarakenteen hyvin alhainen vedenjohtokyky ($< 10^{-9}$ m/s) sekä estetään haitalliset vuodot maaperään ja pohjaveteen. Tekniikka soveltuu etenkin kohteisiin, jossa maa-aineksen geotekniset ominaisuudet rajoittavat niiden käyttöä pohjarakenteissa. Osassa

kohteista myös jätteen ominaisuudet sekä kansalliset ja/tai paikalliset lainsäädännön vaatimukset määräävät tiiviin pohjarakenteen kaivannaisjätteen sijoitusalueen ja ympäristön eristämiseksi toisistaan.

Keinotekoista tiivistä pohjarakennetta käytetään yleensä kahdella eri tavalla:

- Altaan patojen ja reunojen päälle ulottuvana kalvorakenne, joissa erityishuomio on keinotekoisien pohjarakenteen läpi tulevien keräysjoputkien ulostulojen suunnittelussa.
- Kalvorakenne, joka jatkuu reunojen ja patojen alle, jolloin padon alavirtarinne täytyy suunnitella alemman perustuksen leikkauslujuuden mukaan (Davies et al. 2002).

Altaiden ja kasojen pohjaratkaisuissa käytettävät geosynteettiset kalvomateriaaleja ovat:

- Geomembraanit (GM), kuten HDPE-, LLDPE-, PP- ja PVC-kalvot
 - Vedenjohtokyky $<10^{-14}$ m/s.
 - Voidaan käyttää pohjarakenteena rikastuksessa muodostuneille kaivannaisjätteille tai prosessivesille, sivukivikasojen kapseloinnissa tai pohjamateriaalina kasaliuotusalueilla.
- Geotekstiilit (GT)
 - Käytetään kuivatus- tai suodatusjärjestelmissä ja/tai eroosion hallinnassa. Geotekstiiliä käytetään myös geomembraanien suojakerroksena.
- Bentoniittimatto (GCL), joka koostuu bentoniitin lisäksi GM- tai GT-tukirakenteesta
 - Vedenjohtokyky $<10^{-10}$ m/s.
 - Voidaan käyttää salpaavana kerroksena, myös GM-kerroksen alla, etenkin alueilla, joissa savea ei ole tai joissa tärkeänä tekijänä on rakenteen rajoitettu paksuus. GCL voidaan korvata tai lujittaa tiivistetyllä luonnon savella tai geomembraanilla (US EPA 2016).

Pohjaratkaisuna käytetään usein joko yksinkertaista yhdistelmäkalvoa, jossa tasoitettun pohjamaan päälle asennetaan geomembraani tai kaksinkertaista kalvorakennetta, joka koostuu tyypillisesti kahdesta geomembraanista ja tiivistetystä hienoaineskerroksesta (tai yhdistelmäkalvosta, jossa geomembraani ja synteettisen/luonnonsavikerros). Alempi geomembraanikalvo asennetaan tiivistetyn maakerroksen tai bentoniittimaton päälle. Suositeltavaa on rakentaa vuotojen havaitsemis- ja keräyskerrokset joko pääkerroksen alle tai kahden kerroksen väliin. Yleisesti yksinkertainen yhdistelmäkalvorakenne koostuu:

- maaperän tai kallioperän päälle tiivistetystä luonnonmaasta, yleensä savesta (100–500 mm)

- suojaavasta kerroksesta, joka on geosynteettistä savea tai geotekstiili (250–700 g/m²)
- vettä pidättävästä tiivistä kerroksesta, joka on geomembraania esim. 1–2 mm HDPE-kalvo
- geomembraanin suojakerroksesta, joka on yleensä geotekstiili
- päällimmäisestä kuivatuskerroksesta, joka on yleensä maa-ainesta.

Pohjarakenteen kalvomateriaalin tulee kestää äärimmäisiä olosuhteita. Tuotteen valmistaja takaa tietyt materiaaliominaisuudet, jonka lisäksi geosynteettisten materiaalien testaukseen on saatavilla erilaisia menetelmiä (ASTM-, ISO- ja GRI-standardit). Tiiviin keinoitekoisen pohjarakenteen ehjänä pysyminen on pitkäkestoisen toimivuuden avaintekijä. Tiiviin keinoitekoisen kalvorakenteen suunnittelussa on otettava aina huomioon mahdolliset vuodot sekä varmistuttava siitä, että pienet vuodot eivät aiheuta suuria ympäristöpäästöjä. Muutoin tulee järjestää toissijainen suojausmenetelmä (esim. savi, turve, bentoniitti) tai vuotojen keräysjärjestelmä. Keinoitekoisen materiaalin kestävyys on testattava oletetun happaman valumaveden koostumuksen osalta, mikäli jäte on potentiaalisesti happoa tuottavaa (Kossoff et al. 2014).

Kaivannaisjäte voi muodostaa luonnonmaahan verrattavan läpäisemättömän pohjakerroksen tiivistyessään, etenkin hyvin kuivuneena. Tiivistyminen voi kuitenkin kestää vuosia, riippuen jätteen määrästä ja kerroksen paksuudesta. Läjitetyn jätteen tiivistymiseen asti keinoitekoiset pohjaratkaisut, kuten geosynteettiset materiaalit, takaavat ensisijaisen ratkaisun ympäristövaikutusten estämiseen. Kuivumisen ja pakkautumisen jälkeen kaivannaisjätteen vedenläpäisevyys on verrattavissa pohjarakenteen vedenläpäisevyyteen. Tällöin myös kaivannaisjätekerros estää vuodot maaperään ja pohjaveteen, jolloin huoli geosynteettisten materiaalien toimintakyvyn pitkäaikaisesta kestosta pienenee. Todennäköisesti kaikki kalvoratkaisut tulevat lopulta kärsimään vuodoista. Kestävyysvaikutavat kalvon päältä tulevan hydraulisen paineen suuruus ja kesto sekä käytettyjen kalvomateriaalien paksuus ja tehokkuus.

Suotovesien imeytymistä rajoittava, tiivis, kemikaaleille ja bakteeritoiminnalle resistentti pohjakerrosmateriaali ehkäisee ja vähentää päästöjä pohjaveteen ja maaperään, jonka lisäksi kaivannaisjätteen sijoitusalueen kemiallinen vakaus kasvaa happaman kaivosvaluman (ARD) vähentyessä tai puuttuessa kokonaan.

BAT 35c Suotautumisesta

Päätelmän tekniikka sisältää sulkukaivannot (cut-off trenches), betoniseinämät (*slurry walls*) ja injektointiverhot (*grout curtains*), joilla estetään pilaantuneiden vesien suotautuminen maaperään tai vähennetään niiden määrää.

- Sulkukaivannot ovat helppo asentaa ja niiden kustannukset ovat alhaiset, joten ne soveltuvat vain ohuille vettä läpäiseville kerroksille.
- Betoniseinämät ovat alhaisen läpäisevyyden seinämiä, jotka kuitenkin ovat kustannuksiltaan kalliita, eivätkä ne sovellu jyrkkään maastoon tai kivikkoiseen maahan. Lisäksi menetelmä vaatii tiiviin alapuolisen rajapinnan.
- Injektioverhot voivat ylettyä syvälle, eikä topografia rajoita niiden käyttöä. Ne ovat kuitenkin kalliita ja injektoidun vyöhykkeen vedenläpäisevyydestä johtuen niiden toimintakyky on rajallinen.

Todellisuudessa suotovesien kontrollointi kohteella käsittää yleensä edellä mainittujen menetelmien yhdistelmän. Pelkän suotoveden kulkeutumisen hallinnan lisäksi tietynlaisien reaktiivisten seinämien avulla voidaan käsitellä myös suotovesien haitta-aineita (MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappale 6.2.1).

Soveltaminen toiminnan linkaaren eri vaiheissa

BAT 35a Pohjarakenteena tiivis vettä läpäisemätön luonnonmaa

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja maan päälle rakennetuille kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä ei-pysyville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Ympäristönsuojelurakenteena toimivan pohjarakenteen kokonaisvaltaiseen suunnitteluun sisällytetään luonnonmaapohjainen vettä läpäisemätön tiivisrakenne selektiivisesti lisäämällä ja tiivistämällä alhaisen vedenläpäisevyyden luonnonmaalajeja kuten luonnon savea, kalkkiliettä tai turvetta. Jätealueen pohjarakenteen suunnittelu perustuu kriteereihin, joita saadaan mm. pohjakerroksen vedenjohtavuuteen, kaivannaisjätteen karakterisointiin (BAT 2), vesitasetarkasteluun (BAT 18) sekä patomateriaalien (BAT 14) ja jätealueen geoteknisiin ominaisuuksiin (BAT 22) keskittyvien päätelmien tuloksista. Maa-aineksen vedenjohtokykyä voidaan vähentää lisäämällä Na- tai Ca-bentoniittia.

Toimintavaihe

Rakennetaan luonnonmaasta vettä läpäisemätön pohjarakenne, jonka kuntoa tarkkaillaan ja seurataan soveltaen samalla yleisiä hallintajärjestelmiä (BAT 1, BAT 11, BAT 12, BAT 30 ja BAT 31a).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Sulkemisvaiheessa seurataan ja tarkkaillaan tiivistä pohjarakennetta soveltaen samalla yleisiä hallintajärjestelmiä (BAT 1, BAT 11, BAT 12, BAT 30 ja BAT 31a). Jälkihoitovaiheessa seurantaa ja tarkkailua jatketaan tarpeelliseksi katsotun ajan, huomioiden jäljelle jäävän riskin luonne ja kesto.

BAT 35b Pohjarakenteena tiivis vettä läpäisemätön keinotekoinen materiaali

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja maan päälle rakennetuille kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä ei-pysyville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Ympäristönsuojelurakenteena käytettävän pohjarakenteen kokonaisvaltaiseen suunnitteluun sisällytetään geosynteettisten materiaalien käyttö sekä kuivatusjärjestelmä, jolloin saavutetaan erittäin alhainen pohjarakenteen vedenjohtavuus $<10^{-9}$ m/s (BAT 15b, BAT 16e ja BAT 17c). Pohjarakenteen suunnittelu perustuu kriteereihin, joita saadaan mm. pohjakerroksen vedenjohtavuuteen, kaivannaisjätteen karakterisointiin (BAT 2), vesitasetarkasteluun (BAT 18) sekä patomateriaalien (BAT 14) ja jätealueen geoteknisiin ominaisuuksiin (BAT 22) keskittyvien päätelmien tekniikoiden käytöstä.

Toimintavaihe

Rakennetaan vettä läpäisemätön geosynteettinen tiivispohjarakenne, jonka kuntoa tarkkaillaan ja seurataan soveltaen samalla yleisiä hallintajärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa tarkkaillaan, seurataan ja huolletaan jätealueen tiiviin pohjarakenteen kuntoa sekä sovelletaan asiaan kuuluvia hallintajärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12). Jälkihoitovaiheen seuranta jatketaan niin kauan kuin sen katsotaan olevan tarpeellista, huomioiden jäljelle jäävien riskien luonteet ja kestot.

BAT 35c Suotautumisesteet

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja maan päälle rakennetuille kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä ei-pysyville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitevaiheessa kartoitetaan sulkukaivantojen, betoniseinämien tai injektointiverhojen käyttökohteet sekä suunnitellaan niiden toteutus.

Toimintavaihe

Rakennetaan suotautumisesteet, joita huolletaan ja joiden kuntoa tarkkaillaan ja seurataan soveltaen samalla yleisiä hallintajärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Tarkkaillaan, seurataan ja ylläpidetään suotautumisesteiden kuntoa samalla soveltaen yleisiä hallintajärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 35 -päätelmän tekniikka soveltuu alueille, padoille ja kasoille, joille läjitetään ei-pysyvää kaivannaisjätettä. Eri menetelmien käyttö pohjautuu asianmukaiseen ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointiin (BAT 5). Pohjarakenteiden soveltamisessa on huomioitava pohjatutkimukset (BAT 13), vaikutukset patorakenteiden materiaalien valintaan (BAT 14) sekä pitkän ja lyhyen ajan rakenteellisen vakavuuden tarkkailuun ja seurantaan (BAT 22). Lisäksi tiiviit pohjarakenteet (BAT 35a ja BAT 35b.) soveltuvat uusille maan päälle rakennettaville kaivannaisjätteen sijoitusalueille sekä laajennusosille, jotka valtaavat uutta maata. Ne soveltuvat erityisesti potentiaalisesti happea tuottaville (PAG) kaivannaisjätteille ja jätteille, joista mahdollisesti liukenee metalleja, syanidia tai muita haitta-aineita. Lisäksi ne soveltuvat kaivannaisjätteelle, jonka on tarkoitus pysyä sulkemisen jälkeen vedenkylästäjänä (jätealtaat). Pohjarakenteelta vaadittavat ominaisuudet riippuvat myös kaivannaisjätteen geokemiallisesta karakterisoinnista saaduista tiedoista, kuten neutralointikyvyistä, haitta-ainepitoisuuksista ja materiaalin liukenevuudesta lyhyen ja pitkän ajanjakson aikana, sekä kohteen pohjaveden ominaisuuksista ja hydrogeologisista piirteistä (Kerr & Ulrich 2011, Kauppila et al. 2013).

Yhteisten ominaisuuksiensa lisäksi luonnonmaan ja keinotekoisien pohjarakenteiden soveltuvuudesta on myös eroja. BAT 35a -päätelmä on erityisen käyttökelpoinen, mikäli vettä heikosti läpäisevää luonnonmaata on saatavissa suuria määriä. Usein helpoimmin saatavilla oleva materiaali on kuitenkin heterogeenista ja siten vaikeata tiivistää tarpeeksi alhaisen läpäisevyyden saavuttamiseksi. Päätelmässä 35a kuvattu tekniikka ei kuitenkaan ole tarpeellinen, mikäli kaivannaisjätteen sijoitusalueen pohjan yhtenäinen luonnonmaakerros on luontaisessa tilassa yli 0,5 m paksu ja vedenjohtavuus on alle 10^{-9} m/s. Luonnonmaan vedenjohtavuus voi kasvaa rakoilun seurauksena, savimineraalien rakenteen muutosten myötä tai maaperän mineraalien liukenemisen seurauksena. Tästä syystä pohjarakenne suojataan yleensä eroosiolta, kuivumisrakoilulta sekä jäätymis- ja osmoosivaikutuksilta. Materiaalin liukoisuutta edistää happamien tai emäksisten liuosten kanssa kosketuksissa oleminen. Lisäksi fysikaalinen vakavuus voi muuttua, mikäli etenkin savea sisältävä yli 0,3 m paksu pohjarakenne sijaitsee jyrkällä pinnalla. Suunnitteluvaiheessa on huomioitava, että etenkin laajoilla sijoitusalueilla voi esiintyä suotautumista pohjarakenteen läpi.

BAT 35b -päätelmän mukainen tiivis geosynteettinen pohjarakenne puolestaan soveltuu kohteisiin, joissa on tärkeätä estää jätealueen vesien suotautuminen maaperään tai pitää vesi altaassa esim. prosessiveden kierrättämiseksi tai pitämällä altaan reunaosat veden kyllästäminä pölyämisen estämiseksi. Geosynteettinen kalvorakenne ei välttämättä sovellu kohteelle rakenteellisten vakavuusongelmien takia, joten sen soveltuvuus tutkitaan ja todetaan asianmukaisten geoteknisten analyysien avulla (BAT 22). Tekniikan soveltuvuus riippuu maa- ja kallioperän sekä läjitettävän jätteen ominaisuuksista ja läjitysmenetelmistä. Kalvot eivät pysty koskaan estämään kaikkia vuotoja ja elinkaaren pituutta on vaikea ennustaa tarkasti. Tiiviiden keinotekoisien pohjarakenteiden geoteknisten

ominaisuuksien ja ympäristöominaisuuksien muuttumisesta pitkäaikaisessa käytössä ei ole riittävästi tietoa kenttäolosuhteissa. Materiaalin käyttöikä on usein arvioitu geosyn-teettisistä materiaaleista tehtyjen laboratoriotulosten pohjalta. Kalvojen saumausongelmat, UV-säteily ja alhainen lämpötila aiheuttavat haurautta tai rakoilua, jotka mahdollisesti heikentävät geosyn-teettisten materiaalien suorituskykyä. Paikoilleen asennettua kalvoa on jälkikäteen hyvin vaikeaa korjata tai korvata. Esimerkiksi bentoniitti-injektointi on jälke-päin vaikeaa ja kallista. Muita vaihtoehtoja ovat mm. jätealueen ympärille rakennettava kaivanto tai hydrauliset seinämät, jotka yhtä lailla ovat kalliita etenkin jätealueen laajen-tuessa. Kaivannot ja seinämät ovat myös syvyysrajoitteisia, jolloin niiden vaikutus kalliope-rään voi olla rajoittunut. Geosyn-teettisillä savitiivisteillä on matala leikkauslujuus ja alhai-nen valumavesien pidätyskyky. Lisäksi niiden suorituskykyyn voivat vaikuttaa haitallisesti esim. liukenemisreaktioiden äärimmäiset pH-arvot, huokosrakenne sekä korkeissa lämpö-tiloissa tapahtuva kutistuminen.

Esimerkkikohteita Suomessa

BAT 35a Pohjarakenteena tiivis vettä läpäisemätön luonnonmaa

- Pampalon ja Rämepuron kaivokset
 - Rikastushiekka-altaan pohjalla on moreenia, hiekkaa tai silttiä, jonka päällä 1–2 m paksu turvekerros. Pohjan moreenin paksuus vähintään 2 m ja vedenjohtokyky $\leq 10^{-7}$ m/s.
- Boliden Kevitsa Mining Oy:n kaivos

BAT 35b Pohjarakenteena tiivis vettä läpäisemätön keinotekoinen materiaali

- Agnico Eagle Finland Oy:n Kittilän kaivos
 - Pohjarakenne koostuu moreenin ja geomembraanin yhdistelmästä. Alimpana on vähintään metrin paksuinen moreenikerros (5×10^{-8} m/s), jonka päälle on asennettu bitumikalvo.

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.1.1, 4.3.1.1.2, 4.3.1.1.3, 5.4.1.1 ja 6.2.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- Davies, M., Lighthall, P. & Martin, T. 2002. Design of tailings dams and impoundments. AGM Phoenix 2002 SME. Keynote address tailings and mine waste practices 18.
- Kauppila, P., Räisänen, M. L. & Myllyoja, S. (toim.) 2013. Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristö-käytännöt, Ympäristön suojelu, Suomen ympäristö 29/2011. 213 s.
- Kerr, T. & Ulrich, B. 2011. Tailings Impoundments and Dams. SME Mining Engineering Handbook. P. Darling, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc, 645–665.
- Kossoff D., Dubbin W. E., Alfredsson M., Edwards S. J., Maclin M. G. & Hudson-Edwards K. A. (2014). Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. Applied Geochemistry 51, 229–245.

- OH EPA 2014. Constructing Recompacted Soil Liners and Soil Barrier Layers. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- Tuomela, A. 2016. Synteettiset materiaalit kaivosten allasrakenteiden tiiviskerroksena. Oulun yliopisto, Teknillisen Tiedekunnan Vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmän. 51 s.
- US EPA 2016. Guide for Industrial Waste Management - Protecting Land, Ground Water, Surface Water, Air, United States Environmental Protection Agency.

8.2 BAT-päätelmä 37 – Vesijakeiden hallinta

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa pohjaveden tilan huononemisen tai maaperän pilaantumisen ehkäisemiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuva tekniikka seuraavista:

- BAT 37a. Vedenpoistojärjestelmien eriyttäminen toiminnan aikana (ks. BAT 42b)
- BAT 37b. Altaiden ja patojen kuivatusjärjestelmät (ks. BAT 21a)
- BAT 37c. Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmät (ks. BAT 21b)
- BAT 37d. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d).

BAT 37 – yleiskuvaus

BAT 37 -päätelmässä on kuvattu tekniikoita pohjaveden ja maaperän pilaantumisen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi kaivosalueen vesijakeiden hallinnan avulla. BAT-tekniikkaa on käyttää näitä menetelmiä tai niiden yhdistelmiä kaivannaisjätealueilta aiheutuvien maasemallisten ja jalanjälkivaikutusten ehkäisemiseksi tai minimoimiseksi.

Tarkoituksena on vähentää visuaalisia vaikutuksia, pinta- ja pohjavesiin kohdistuvia päästöjä sekä hallita meluhaittoja ja sääilmiöiden aiheuttamaa eroosiota. Muiden sulkemistoimenpiteiden tehokkuus ja lyhyen tai pitkän aikavälin geotekninen vakavuus eivät kuitenkaan saa heiketä. Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden rinteet ja kasat muotoillaan näyttämään luonnollisilta kummuilta, optimoiden samalla tarvittavan maarakennustyön laajuutta. Geomorfisessa kunnostuksessa louhinta ja jälkihoito on yhdistetty tarkoituksena hyödyntää louhinnassa muodostuvaa kaivannaisjätettä sijoittamalla sitä suoraan valmiiksi suunniteltuun muotoon.

BAT 37a Vedenpoistojärjestelmien eriyttäminen toiminnan aikana (ks. BAT 42b)

Tekniikka perustuu erillisten vedenpoistojärjestelmien rakentamiseen altaiden, patojen tai kasojen ympärille tai sisään, jotta luonnolliset ja puhtaat valumavedet eivät joutuisi

kosketuksiin kaivannaisjätteiden kanssa. Rakennelmat voivat vaihdella yksinkertaisista vesiä ohjaavista ojista monimutkaisiin pinta- ja pohjarakenteisiin. Ympäröiviin vesistöihin kohdistuvien haittojen hallinnan lisäksi vedenpoistojärjestelmät ovat oleellinen osa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden fysikaalisen vakavuuden hallintaa.

BAT 37b Altaiden ja patojen kuivatusjärjestelmät (ks. BAT 21a)

Tekniikka perustuu asianmukaisesti kaivannaisjätealtaista ja -padoista suotautuvien vesien keruujärjestelmiin, joiden tarkoituksena on varmistaa rakenteiden fysikaalinen vakavuus ja estää tai vähentää suotoveden pääsyä maaperään. Vesienkeruujärjestelmiä voidaan rakentaa esimerkiksi patojen alle, sisään tai juurelle, tai osaksi kaivannaisjätteen sijoitusalueiden pohjarakenteita, kuten vettä keräävä putkisto tai sorakerros vettä pidättävän kerroksen päälle.

BAT 37c Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmät (ks. BAT 21b)

Tekniikka perustuu asianmukaisesti kiinteän jätteen sijoitusalueilta suotautuvien vesien keruujärjestelmiin, joiden tarkoituksena on varmistaa rakenteiden fysikaalinen vakavuus ja estää tai vähentää suotoveden pääsyä maaperään. Esimerkkejä vesienkeruujärjestelmistä ovat kokoojaojat kasojen ulkoreunoilla ja kasojen alle rakennettavat vettä keräävät putkistot tai sorakerrokset.

BAT 37d Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d)

Tekniikka perustuu alueen luonnollisen maiseman ja toiminnallisuuden palauttamiseen, ottaen huomioon alueen ja ympäristön maantieteelliset erityisominaisuudet.

Päätelmien soveltaminen, soveltamisessa huomioitavat asiat ja esimerkkikohteet

BAT 37 -päätelmän soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa, sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat ja esimerkkikohteet on kuvattu päätelmän sisältämiä tekniikoita kuvaavissa BAT-päätelmissä:

- BAT 37a. Vedenpoistojärjestelmien eriyttäminen toiminnan aikana (ks. BAT 42b)
- BAT 37b. Altaiden ja patojen kuivatusjärjestelmät (ks. BAT 21a)
- BAT 37c. Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmät (ks. BAT 21b)
- BAT 37d. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d).

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.2.1, 4.3.1.2.2.1, 4.3.1.2.2.2, 4.3.1.2.3 ja 5.4.1.2. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

BAT 37a: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.2.1.2 ja 5.4.2.1

BAT 37b: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.3.5.1 ja 5.3.1.1.3.5

BAT 37c: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.3.5.2 ja 5.3.1.1.3.5

BAT 37d: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.2.1.4 ja 5.4.2.1

8.3 BAT-päätelmä 38 – Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden peittäminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa pohjaveden tilan huononemisen tai maaperän pilaantumisen ehkäisemiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 38a. Vaiheittainen kunnostus
- BAT 38b. Väliaikaiset peitot
- BAT 38c. Kasvillisuuspeitot
- BAT 38d. Läpäisevät kuivapeitot
- BAT 38e. Läpäisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot
- BAT 38f. Happea kuluttavat kuivapeitot
- BAT 38g. Vesipeitot
- BAT 38h. Märkäpeitot.

BAT 38 – yleiskuvaus

BAT 38 -päätelmässä on kuvattu kaivannaisjätteen sijoitusalueiden peittämiseen liittyviä tekniikoita pohjaveden laadun heikkenemisen ja maaperän pilaantumisen ehkäisemiseksi tai vähentämiseksi. BAT-päätelmän tekniikoilla voidaan lisätä kaivannaisjätteen sijoitusalueiden lyhyt- ja pitkäaikaista vakavuutta sekä vähentää jätealueiden hajuhaittoja sekä päästöjä pintavesiin ja ilmaan, kuten pölypäästöjä. Valittava tekniikka riippuu läjitettävän jätteen laadusta.

BAT 38a Vaiheittainen kunnostus

Tekniikka kuvaa kaivannaisjätealtaiden, padoilla rajattujen jätealueiden, kiinteän jätteen sijoitusalueiden sekä louhostilojen, joihin kaivannaisjätettä on sijoitettu takaisin, vaiheittaisen kunnostamisen, joka aloitetaan jo toiminnan aikana niiltä osin kuin se on mahdollista. Kiinteän jätteen sijoitusalueiden rinteiden kunnostaminen voidaan esimerkiksi aloittaa vaiheittain toiminnan aikana pölyämisen estämiseksi, jos kasat läjitetään alhaalta-ylös -tekniikalla. Toiminnan aikainen kunnostaminen voi olla esimerkiksi alueen kasvittamista, jossa voidaan käyttää nopeasti leviäviä pioneerikasveja kuten heiniä, pensaita ja puita.

Kasvillisuuden kasvuun lähtöä ja leviämistä voidaan edesauttaa eri keinoilla, kuten muokkaamalla rinteiden kaltevuutta kasveille sopivaksi tai parantamalla kasvuoloja käyttämällä kasvukerrosta, maanparannusaineita, lannoitteita tai orgaanista ainesta. Vaiheittaisella kunnostamisella voidaan päätelmän johdannossa mainittujen vaikutusten lisäksi vähentää kaivannaisjätteiden maisema- ja jalanjälkivaikutuksia.

BAT 38b Väliaikaiset peitot

Tekniikassa rinteet ja/tai kaivannaisjätteen sijoitusalueen kuivavara peitetään väliaikaisesti orgaanisilla tai epäorgaanisilla aineksilla. Kaivannaisjätteen pinnat voidaan lisäksi kyllästää kemikaaleilla tai bitumiseoksilla, jotka hylkivät vettä tai sitovat partikkeleita. Yhtenä vaihtoehtona on kiinteyttää mineraalien rikastusprosessissa muodostunut kaivannaisjäte hyödyntämällä sen kemiallisia ominaisuuksia. Tekniikalla voidaan vähentää toiminnan aikana kaivannaisjätteistä pohjavesiin ja maaperään aiheutuvia negatiivisia vaikutuksia ehkäisemällä tai minimoimalla kaivannaisjätteissä tapahtuvaa sulfidimineraalien hapettumista ja happamien valumavesien muodostumista.

BAT 38c Kasvillisuuspeitot

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen sijoitusalueen pinnan peittämiseen kasvillisuuspeitolla. Peiton rakenne koostuu yhdestä tai useammasta maakerroksesta, jotka varmistavat kasvien juurten kasvuun lähdon sekä pidättävät riittävästi kosteutta kasvien kasvuun varten. Maakerroksen päälle sijoitetaan kasvillisuuskerros, joka sisältää kasvukerroksen, ja tarvittaessa myös maanparannusainetta sekä kasvien tarvitsemat mikro- ja makroravinteet. Ravinteita voidaan käyttää joko tilapäisesti tai pysyvästi. Tekniikalla voidaan vähentää kaivannaisjätteen sijoitusalueiden vaikutuksia pohja- ja pintavesiin sekä maaperään vähentämällä pilaantuneiden suotovesien muodostumista jätteessä. Kasvillisuuspeitto lisää yllä kuvattujen hyötyjen lisäksi alueen biodiversiteettiä sekä vähentää kaivannaisjätteen sijoitusalueista aiheutuvia maisemavaikutuksia. Kasvillisuuspeittoa voidaan käyttää omana rakenteenaan tai yhdistettynä toiseen peittorakenteeseen.

BAT 38d Läpäisevät kuivapeitot

Tekniikassa kaivannaisjätteen sijoitusalue peitetään yhdestä tai useammasta maakerroksesta tai vastaavasta materiaalista koostuvalla, vettä ja happea läpäisevällä peittorakenteella, jonka vedenjohtavuus on $\geq 10^{-7}$ m/s. Rakenteessa käytettävä maa-aines voi olla esim. moreenia, savea, karkeaa soraa tai kiviä. Tekniikka ei ole käyttökelpoinen potentiaalisesti happoa tuottavien kaivannaisjätteiden peittämiseen, sillä se ei ehkäise hapen ja veden kulkeutumista jätteeseen. Jos läpäisevää kuivapeittoa käytetään potentiaalisesti happoa tuottaville jätteille, rakenteen tulee olla teknisesti vaativa yhdistelmä rakenne, johon sisällytetään happea kuluttava kerros (BAT 38f).

Veden imeytymistä jätteeseen voidaan vähentää käyttämällä materiaaleja, joilla on alhainen vedenläpäisevyys tai hyvä veden pidätyskyky (esim. savinen moreeni). Vastaavasti hapen kulkeutumista jätteeseen voidaan vähentää käyttämällä materiaaleja, jotka kyllästyvät lähes täysin vedellä (esim. savet, savinen moreeni).

BAT 38e Läpäisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen sijoitusalueen peittämiseen useista toiminnallisista kerroksista koostuvalla rakenteella. Rakenteen tavoitteena on estää hapen virtaaminen ja rajoittaa sadeveden kulkeutumista kaivannaisjätteeseen. Tekniikka soveltuu sekä potentiaalisesti happoa tuottavien kaivannaisjätteiden että sellaisten kaivannaisjätteiden peittämiseen, joista voi liueta metalleja, syanideja tai muita haitta-aineita. Lisäksi tekniikkaa voidaan käyttää myös uraania sisältävien kaivannaisjätteiden radonpäästöjen hallintaan.

Tekniikassa on tavoitteena estää hapen virtaaminen kaivannaisjätteeseen ja rajoittaa sadeveden kulkeutumista jätteeseen, jotta voidaan ehkäistä sulfidien hapettumisesta aiheutuvien happamien valumavesien muodostuminen. Peiton rakenne voi vaihdella suhteellisen yksinkertaisista peitoista monimutkaisiin peittorakenteisiin, jotka koostuvat useista erilaisista toiminnallisista kerroksista. Kerrokset tiivistetään rakenteeseen yksittäin. Rakenteessa käytetyn läpäisemättömän kerroksen vedenjohtavuuden tulee olla $< 10^{-9}$ m/s.

BAT 38f Happea kuluttavat kuivapeitot

Tekniikassa käytetään orgaanista ainesta potentiaalisesti happoa tuottavan kaivannaisjätteen peittämisessä. Tekniikan tavoitteena on kuluttaa jätealueeseen kulkeutuva happi ja estää näin sen imeytyminen kaivannaisjätteeseen. Tekniikka ei sovellu sellaisille ei-happoa tuottaville tai potentiaalisesti happoa tuottaville kaivannaisjätteille, joiden sisältämien metallien liukoisuus voisi lisääntyä peittorakenteesta peräisin olevan liuenneen orgaanisen hiilen vaikutuksesta.

Happea kuluttavassa kuivapeitossa käytetään orgaanisesta aineksestä koostuvaa kerrosta vähentämään hapen kulkeutumista jätteeseen ja siten ehkäisemään sulfidimineraalien hapettumisesta aiheutuvaa happamien valumavesien muodostumista sekä pohjaveden ja maaperän pilaantumista. Hapen kulkeutuminen jätteeseen vähenee hapen kuluessa orgaanisen aineksen biologisissa hajoamisreaktioissa. Lisäksi orgaaninen aines pidättää vettä ja lisää näin peittorakenteen vedellä kyllästyneisyyttä, mikä hidastaa edelleen hapen kulkeutumista jätteeseen. Happamien valumavesien muodostumisen (AMD, ARD) estyessä myös kaivannaisjätteen sijoitusalueen vaikutukset pintavesiin vähenevät. Happea kuluttavan kuivapeiton tehokkuus riippuu käytetyn orgaanisen aineksen kapasiteetista kuluttaa happea, kosteuspitoisuudesta, tiivistymisasteesta sekä kemiallisesta vakaudesta.

BAT 38g Vesipeitot

Tekniikassa kaivannaisjäte peitetään vapaalla vesikerroksella haitta-aineiden eristämiseksi, eroosion ja pölyämisen vähentämiseksi sekä hapen kulkeutumisen ehkäisemiseksi jätteesseen. Vesipeiton tavoitteena on ehkäistä tai minimoida pohjaveden ja maaperän pilaantumisen vähentämällä hapen kulkeutumista kaivannaisjätteesseen ja näin vähentää potentiaalisesti happoa muodostavien kaivannaisjätteiden sisältämien sulfidimineraalien hapettumista ja happamien valumavesien muodostumista. Lisäksi tavoitteena on eristää jätteen sisältämät haitta-aineet sekä vähentää jätteen eroosiota, pölyämistä ja hajupäästöjä. Menetelmä perustuu siihen, että hapen määrä ja kulkeutumisnopeus ovat vedessä pienempiä kuin ilmassa. Matalaa vesipeittoa (< 2 m) käytettäessä hapen kulkeutumista kaivannaisjätteesseen voidaan vähentää peittämällä kaivannaisjäte lisäksi esim. hienorakeisella moreenilla.

Louhostiloihin sijoitettavalle kaivannaisjätteelle muodostetaan vesipeitto antamalla vesipinnan palautua luonnollisesti pumppauksen lopettamisen jälkeen. Pohjaveden pilaantumisen ehkäisemiseksi voidaan käyttää moreenista rakennettua peittokerrosta lisäeristeenä kaivannaisjätteen päällä tai tiiviskerroksia kaivannaisjätteen ja kallioperän rakojen väleissä. Lisäksi potentiaalisesti happoa tuottava jäte voidaan tarvittaessa kapseloida happoa tuottamattomalla jätteellä.

BAT 38h Märkäpeitot

Tekniikassa veden annetaan imeytyä kaivannaisjätteesseen niin, että jätteen pintaan muodostuu pysyvästi vedellä kyllästynyt vyöhyke/märkäkerros. Jätteen pinnalle lisätään orgaanista ainesta kosteikkokasvillisuuden muodostamiseksi jätealueen pintaosaan. Märkäpeiton tavoitteena on ehkäistä pohjaveden ja maaperän pilaantumista vähentämällä hapen kulkeutumista kaivannaisjätteesseen vastaavalla periaatteella kuin vesipeitossakin, ja siten vähentää happamien valumavesien muodostumista jätteestä. Vedellä kyllästyneen kerroksen ohella hapen kulkeutuminen kaivannaisjätteesseen vähentyy märkäpeitossa orgaanisessa aineksessa tapahtuvien happea kuluttavien reaktioiden myötä. Märkäpeitto lisää kaivannaisjätteen sijoitusalueen lyhyt- ja pitkäaikaisvakavuutta vähentämällä veden eroosiota. Lisäksi se vähentää kaivannaisjätteistä aiheutuvia hajupäästöjä. Vesipeittoon verrattuna se on fyysikaalisesti turvallisempi ratkaisu, koska altaassa varastoidaan vähemmän vettä.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 38 -päätelmässä kuvatut peittotekniikat suunnitellaan toiminnan suunnitteluvaiheessa ja toteutetaan väliaikaisia peittoja lukuun ottamatta pääsääntöisesti toiminnan sulkemisvaiheessa. Osa peittotekniikoista, kuten kasvillisuuspeitot, vesi- ja märkäpeitot, voidaan kuitenkin ottaa käyttöön jo toimintavaiheessa osana kaivannaisjätteen sijoitusalueiden vaiheittaista sulkemista. Peittotekniikoiden toimivuus sulkemisvaiheessa varmistetaan seurannalla ja ylläpidolla.

BAT 38a Vaiheittainen kunnostus

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille, kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä

Suunnitteluvaihe

Suunnitellaan toiminnan aikana toteutettavat kunnostustoimenpiteet.

Toimintavaihe

Toteutetaan vaiheittain suunnitellut kunnostustoimenpiteet samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

BAT 38b Väliaikaiset peitot

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille, kiinteän jätteen sijoitusalueille, louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä, ja kaivannaisjätteen väliaikaiseen varastointiin tyhjissä louhoksissa.

Suunnitteluvaihe

Suunnitellaan väliaikaiset peittorakenteet, jotka toteutetaan toimintavaiheessa. Väliaikaista peittoa voidaan käyttää kasojen ulkoreunojen tai kaivannaisjätealtilaiden reunoilla sijaitsevan kuivavararan (beach) peittämisessä joko epäorgaanisella tai orgaanisella materiaalilla. Lisäksi kaivannaisjätteen pinnat voidaan kyllästyä kemikaaleilla tai bitumiseoksilla, jotka hylkivät vettä tai sitovat partikkeleita. Yhtenä vaihtoehtona on kiinteyttää mineraalien rikastusprosessissa muodostuva kaivannaisjäte hyödyntämällä sen kemiallisia ominaisuuksia.

Toimintavaihe

Väliaikaisia peittorakenteita käytetään suunnitelman mukaisesti samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

BAT 38c Kasvillisuuspeitot

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille, kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä.

Suunnitteluvaihe

Kaivannaisjätteen sijoitusalueen pinta suunnitellaan peitettäväksi sulkemisvaiheessa kasvillisuuspeitolla. Peiton rakenne koostuu yhdestä tai useammasta maakerroksesta, jotka varmistavat kasvien juurten kasvuun lähdon sekä pidättävät riittävästi kosteutta kasvien kasvua varten. Maakerroksen päälle sijoitetaan kasvillisuuskerros, joka sisältää kasvukerros ja tarvittaessa maanparannusainetta kuten kompostia sekä kasvien tarvitsemat

mikro- ja makroravinteet. Kasvukerroksen käytössä varmistetaan, ettei siitä aiheudu negatiivisia vaikutuksia ympäristöön tai ihmisten terveyteen esim. haitta-aineiden liukenemisen vuoksi jätteestä tai itse kasvukerroksen materiaalista.

Jos kasvillisuuspeittoa käytetään potentiaalisesti happoa tuottavien kaivannaisjätteiden peittorakenteessa pintakerroksena, tulee käyttää ainoastaan matalajuurisia kasveja, jotta juuret eivät riko alla olevaa rakennekerrosta, kuten alhaisen virtaaman tai vettä läpäisemättömyyttä kerrosta.

Toimintavaihe

Kasvillisuuspeitot otetaan käyttöön suunnitelman mukaisesti samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Jälkihoitovaiheessa kuivapeiton toimintaa seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin on tarpeellista. Seurantaan ja ylläpitoon tarvittava aika arvioidaan jäljelle jäävien riskien tai vaarojen luonteen ja keston perusteella.

BAT 38d Läpäisevät kuivapeitot

Tekniikka soveltuu ei-vaarallisille kaivannaisjätealueille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä.

Suunnitteluvaihe

Ei-vaarallista kaivannaisjätettä sisältävän kaivannaisjätteen sijoitusalueen sulkemiseksi suunnitellaan yhdestä tai useasta maakerroksesta tai vastaavasta materiaalista koostuva vettä läpäisevä peittorakenne. Rakenteessa käytettävä maa-aines voi olla esim. moreenia, savea, karkeaa soraa tai kiviä. Maakerroksen tulee olla koostumukseltaan sellainen, ettei siitä aiheudu negatiivisia vaikutuksia ympäristöön tai ihmisten terveyteen, johtuen esim. haitta-aineiden liukenemisestä jätteestä tai itse peittokerroksen materiaalista. Peittorakenne koostuu tavallisesti kasvillisuuspeitosta (BAT 38 c) sekä maakerroksesta esimerkiksi karkeasta sorasta. Peittorakenteen paksuus vaihtelee tyypillisesti 0,3–1,5 m. Paksuus riippuu kaivannaisjätteen ominaisuuksista sekä kohdekohtaisista vaatimuksista. Lisäksi sen tulee olla riittävän paksu kasvien kasvamiseksi.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Tekniikkaa toteutetaan suunnitteluvaiheessa kuvatulla tavalla niin, että se täyttää sulkemiselle asetetut tavoitteet. Jälkihoitovaiheessa kasvillisuuspeiton toimintaa seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin on tarpeellista. Seurantaan ja ylläpitoon tarvittava aika arvioidaan jäljelle jäävien riskien tai vaarojen luonteen ja keston perusteella.

BAT 38e Läpäisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot

Tekniikka soveltuu ei-pysyville kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä.

Suunnitteluvaihe

Ei-pysyvää kaivannaisjätettä sisältävälle kaivannaisjätteen sijoitusalueelle suunnitellaan alueen sulkemista varten peittorakenne, joka koostuu useista toiminnallisista kerroksista. Rakenteen tavoitteena on estää hapen virtaus kaivannaisjätteeseen ja rajoittaa sadeveden pääsyä jätteesseen. Rakenne koostuu yleensä kahdesta tai useammasta kerroksesta, jotka voivat koostua:

- karkearakeisesta kerroksesta yhdistettynä vettä läpäisemättömään kerrokseen ja kaivannaisjätteeseen
- kapillaarisen nousun katkaisevasta kerroksesta, joka koostuu joko karkearakeisesta kerroksesta tai karkearakeisten kerrosten välissä olevasta hienorakeisesta maakerroksesta
- tiiviskerroksesta, joka koostuu kahdesta tai useammasta kerroksesta rakeista luonnonmaata (esim. savea, moreenia, lössiä tai bentoniittia)
- geotekstiilistä (maarakennuskankaasta),
- tarvittaessa geosynteettisistä kerroksista (esim. geomembraaneista, geosynteettisistä savikerroksista tai bitumigeomembraaneista); geosynteettinen kerros sijoitetaan yleensä tiiviskerroksen ja salaojakerroksen väliin
- kuivatus-/salaojakerroksesta
- pintamaakerroksesta ja/tai
- rakenteen ylimmäisenä olevasta kasvillisuuskerroksesta.

Alhaisen virtaaman peittorakenne ei sisällä geosynteettistä kerrosta.

Peittorakenteen paksuus voi vaihdella 0,5–3,0 m ja sen tiiviskerroksen vedenläpäisevyys on yleensä $<10^{-9}$ m/s.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Suunniteltu peittorakenne rakennetaan kaivannaisjätteen sijoitusalueelle samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12). Jälkihoitovaiheessa vettä läpäisemättömän kuivapeiton toimintaa seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin on tarpeellista. Seurantaan ja ylläpitoon tarvittava aika arvioidaan jäljelle jäävien riskien tai vaarojen luonteen ja keston perusteella.

BAT 38f Happea kuluttavat kuivapeitot

Tekniikka soveltuu potentiaalisesti happoa tuottaville kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä.

Suunnitteluvaihe

Potentiaalisesti happoa tuottavan kaivannaisjätteen pohjavesi- ja maaperävaikutusten ehkäisemiseksi suunnitellaan jätealueen sulkemista varten orgaanisesta aineksesta kuivapeittokerros, joka kuluttaa hapen ja vähentää siten hapen kulkeutumista jätteeseen. Orgaanisena materiaalina voidaan käyttää esim. puujätettä, turvetta, jätevesilietettä, kompostia, lantaa tai heinää/olkia/säilörehua. Orgaanisen materiaalin käytössä ja valinnassa varmistetaan, ettei siitä aiheudu negatiivisia vaikutuksia ympäristöön tai ihmisten terveyteen, johtuen esim. haitta-aineiden liukenemista jätteestä tai itse orgaanisesta materiaalista. Lisäksi tulee huomioida materiaalikohtaisesti orgaanisen aineksen kosteuspitoisuus ja kokoonpainuvuus, jotka vaikuttavat materiaalin kapasiteettiin kuluttaa happea.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Suunniteltu happea kuluttava peittorakenne rakennetaan kaivannaisjätteen sijoitusalueelle siten, että se tukee yrityksen ympäristöhallintakokonaisuuden, eri hallintatyökalujen ja sulkemiseen tähtäävän suunnittelun toteuttamista (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12). Jälkihoitovaiheessa happea kuluttavan kuivapeiton toimintaa seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin on tarpeellista. Seurantaan ja ylläpitoon tarvittava aika arvioidaan jäljelle jäävien riskien tai vaarojen luonteen ja keston perusteella.

BAT 38g Vesipeitot

Tekniikka soveltuu potentiaalisesti happoa tuottaville kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä. Tekniikka on tarkoitettu erityisesti potentiaalisesti happoa tuottaville kaivannaisjätteille tilanteissa, joissa kuivapeittoa ei voida käyttää.

Suunnitteluvaihe

Kaivannaisjätteen sijoitusalue suunnitellaan peitettäväksi vesikerroksella niin, että jätteen sisältämät haitta-aineet voidaan eristää sekä vähentää jätteen eroosiota, pölyämistä ja hapen kulkeutumista jätteeseen. Vesipeittoa käytetään kaivannaisjätteille, jotka on sijoitettu rakennettuihin altaisiin, joissa on yleensä vettä ja kiintoainesta pidättävät patorakenteet (BAT 15) sekä vettä läpäisemätön pohjarakenne (BAT 35). Vesipeittoa käytetään myös koh-teissa, joissa kaivannaisjäte on sijoitettu takaisin louhostilaan ja peitetty vedellä.

Toimintavaihe

Toimintavaiheessa vesipeitto otetaan käyttöön samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Jälkihoitovaiheessa vesipeiton toimintaa seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin on tarpeellista. Seurantaan ja ylläpitoon tarvittava aika arvioidaan jäljelle jäävien riskien tai vaarojen luonteen ja keston perusteella.

BAT 38h Märkäpeitot

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä. Tekniikka soveltuu erityisesti kaivannaisjätteille, joilla on alhainen hapontuottopotentiaali, sekä pastamaisille potentiaalisesti happoa tuottaville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Kaivannaisjäte suunnitellaan peitettäväksi niin, että annetaan veden imeytyä kaivannaisjätteeseen siten, että jätteen pintaan muodostuu pysyvästi vedellä kyllästynyt vyöhyke/märkäkerros. Jätteen pinnalle lisätään orgaanista ainesta kosteikkokasvillisuuden muodostamiseksi jätealueen pintaosaan. Orgaanista ainesta käytettäessä tulee huolehtia, ettei sen käytöstä aiheudu negatiivisia vaikutuksia ympäristöön tai ihmisten terveyteen, johtuen esim. metallien liukenemista kaivannaisjätteestä tai itse orgaanisesta materiaalista.

Kosteikon muodostaminen kaivannaisjätteen sijoitusalueelle vastaa periaatteiltaan vesipeittoa, mutta veden syvyys on matalampi kuin vesipeitossa, sillä kasvillisuuspeitto estää kaivannaisjätteen liettymisen veteen esim. tuulen vaikutuksesta.

Toimintavaihe

Märkäpeitto otetaan käyttöön samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Jälkihoitovaiheessa märkäpeiton toimintaa seurataan ja ylläpidetään niin kauan kuin on tarpeellista. Seurantaan ja ylläpitoon tarvittava aika arvioidaan jäljelle jäävien riskien tai vaarojen luonteen ja keston perusteella.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Kaikkien BAT 38 -päätelmässä kuvattujen tekniikoiden käyttö perustuu ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioimiseen (BAT 5). Tämä tarkoittaa sitä, että suunnitellun peittorakenteen toimivuus pitkällä aikavälillä kaivannaisjätteestä ympäristöön kohdistuvien vaikutusten ehkäisemisessä ja vähentämisessä osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta.

Peittorakenteissa vettä läpäisevien peittojen vedenjohtavuus on $\geq 10^{-7}$ m/s ja vettä läpäisemättömien kerrosten vedenjohtavuuden tulee olla $< 10^{-9}$ m/s. Alhaisen vedenläpäisevyyden omaavien kerrosten vedenjohtavuus on välillä $> 10^{-9} - < 10^{-7}$ m/s.

BAT 38a -päätelmässä kuvattua vaiheittaista kunnostamista voidaan soveltaa altaisiin, padoilla rajatuille alueille, kasoihin ja louhostiloihin takaisin sijoitetuille kaivannaisjätteille. Tekniikka ei sovellu kasoille, jotka rakennetaan ylhäältä alas -menetelmällä. Tekniikkaa ei myöskään voida käyttää ei-vaaralliselle kaivannaisjätteelle, jota aiotaan hyödyntää tai kiertää toiminnan aikana sulkemis- ja jälkihoitosuunnitelman mukaisesti.

BAT 38b -päätelmän väliaikaiset peitot soveltuvat altaisiin, padoilla rajatuille alueille ja kasoihin sekä louhostiloihin takaisin sijoitetuille kaivannaisjätteille sekä kaivannaisjätteen väliaikaiseen varastointiin. Väliaikaisia peittoja ei voida käyttää, jos alaiden kuivavaraa käytetään jatkuvasti patojen korottamiseen, tai jos kaivannaisjätettä poistetaan kasoista säännöllisesti toiminnan aikana ja jätteen poistaminen edellyttäisi peittorakenteen poistamista. Kuvattu tekniikka ei välttämättä ole käyttökelpoinen jyrkkärinteisille kiinteän jätteen sijoitusalueille johtuen fyysikaalisen vakavuuden asettamista rajoitteista (BAT 22).

Tekniikan käyttö edellyttää, että kuivavara on riittävän vakaa, jotta sen päälle päästään levittämään koneilla väliaikainen peitto.

BAT 38c -päätelmässä kuvattua kasvillisuuspeittoa voidaan käyttää altaisiin, padoilla rajatuille alueille, kasoihin ja louhostiloihin takaisin sijoitetuille kaivannaisjätteille. Tekniikan käyttöä voi rajoittaa kiinteän jätteen sijoitusalueen korkeus ja rinteiden jyrkkyys. Lisäksi kasvillisuuspeiton toimivuus voi edellyttää kasvinsiementen uudelleen kylvöä kasvillisuuden kasvuun lähtemiseksi. Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden peittorakenteissa tulisi välttää syväjuuristen kasvien käyttöä, etteivät peittorakenteet vaurioidu.

BAT 38d -päätelmän läpäisevää kuivapeittotekniikkaa voidaan käyttää altaisiin, padoilla rajatuille alueille, kasoihin ja louhostiloihin takaisin sijoitetuille kaivannaisjätteille. Tekniikka ei ole käyttökelpoinen potentiaalisesti happoa tuottavien kaivannaisjätteen peittämiseen, paitsi jos teknisesti vaativaan komposiittirakenteeseen sisällytetään happea kuluttava kerros. Tällöin rakenne vastaa happea kuluttavaa kuivapeittoa (BAT 38f). Päätelmässä kuvatut kuivapeitot eivät välttämättä sovellu jyrkkärinteisille kiinteän jätteen sijoitusalueille johtuen

fysikaalisen vakavuuden asettamista rajoitteista, jotka on osoitettu geoteknisillä määrittäyksillä (BAT 22). Peittokerroksen paksuuden tulee olla riittävän paksu kasvien kasvulle.

Kuivapeitot voivat edellyttää pitkäaikaista ylläpitoa, koska rakenne voi rikkoutua esim. kasvillisuuden, eliöiden, ajoneuvojen tai eroosion vaikutuksesta. Lisäksi savikerrokset ovat herkkiä rakoilemaan. Tekniikan tehokkuus estää hapen kulkeutuminen kaivannaisjätteen seen riippuu peittorakenteessa käytettyjen materiaalien kyvystä pidättää kosteutta.

BAT 38e -päätelmän läpäisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot soveltuvat käytettäväksi altaisiin, padoilla rajatuille alueille, kasoihin ja louhostiloihin takaisin sijoitetuille ei-pysyville kaivannaisjätteille. Tekniikka soveltuu sekä potentiaalisesti happaota tuottavien kaivannaisjätteiden että sellaisten kaivannaisjätteiden peittämiseen, joista voi liueta metalleja, syanideja tai muita haitta-aineita. Lisäksi tekniikkaa voidaan käyttää myös urania sisältävien kaivannaisjätteiden radonpäästöjen hallintaan.

Tekniikassa kuvattujen peittokerrosten käytettävyys riippuu useista tekijöistä, kuten kohteen sijainnista ja sääolosuhteiden kausiluontoisesta vaihtelusta (esim. routa-/sulamisjaksojen tai märkien/kuivien kausien vaihtelu) sekä peittomateriaaleina käytettävien materiaalien ominaisuuksista ja saatavuudesta. Peittorakenteen toimivuus voi heikentyä ajan myötä tiiviskerroksen rakoilun seurauksena. Rakoilua voivat aiheuttaa esim. eroosio, routa, kuivuminen, epätasainen painuminen, juurien tunkeutuminen kerrokseen sekä eläinten tai ihmisten aiheuttamat häiriöt rakenteeseen. Rakoilua voi lisätä myös alhaisen vedenläpäisevyyden kerroksen kuivattaminen, joka voi johtaa hapen kulkeutumisen lisääntymiseen kaivannaisjätteen seen.

Vettä läpäisemätön kuivapeitto ei välttämättä ole käyttökelpoinen jyrkkärinteisille kasoille johtuen fysikaalisen vakavuuden asettamista rajoitteista, jotka on osoitettu geoteknisillä määrittäyksillä (BAT 22). Tiivistetyn savikerroksen sisältämät peittorakenteet soveltuvat kylmiin ilmastoihin ainoastaan, jos savikerros sijaitsee routarajan alapuolella eli tiiviskerroksen yläpuolisen peittorakenteen paksuus on suurempi kuin roudan syvyys.

Geosynteettisen kerroksen käyttö edellyttää, että sekä sen ylä- että alapuolella on sitä suojaavat kerrokset ja materiaalin saumat on tiivistetty huolellisesti. Yläpuolisen suojakerroksen tavoitteena on suojata kerros auringonvalolta, ajoneuvoilta ja kasvien juurilta, ja alapuolisen kerroksen pistekuormitukselta sekä reaktioilta kaivannaisjätteen kanssa. Geosynteettinen kerros sijoitetaan yleensä tiiviskerroksen ja salaojakerroksen väliin. Lisäksi geosynteettisten kerrosten käytössä tulee huomioida, että niiden käyttöikä voi olla rajallinen (50–100 vuotta), ne eivät sovellu jyrkkiin rinteisiin vakavuushaasteiden vuoksi ja happamat olosuhteet tai kationinvaihto voivat heikentää materiaalia. Bentoniittikerrosten käyttö voi olla rajallista kuivassa ilmastossa, jossa bentoniittiin voi muodostua kuivumisrakoilua, tai olosuhteissa, joissa kationinvaihtoreaktiot ovat mahdollisia.

Vettä läpäisemättömän peittokerroksen tehokkuus riippuu peittomateriaalien kosteuspi-toisuudesta.

BAT 38f -päätelmässä kuvattu happea kuluttava kuivapeitto on tarkoituksenmukainen peittorakenne altaisiin, padotuille alueille, kasoihin tai louhostiloihin takaisin sijoitetuille potentiaalisesti happoa tuottaville kaivannaisjätteille. Happea kuluttava kuivapeitto ei sovellu ei-happoa tuottaville tai potentiaalisesti happoa tuottaville kaivannaisjätteille, joista peittorakenteesta peräisin oleva liuennut orgaaninen hiili voi lisätä metallien liukenemista. Tekniikka on käyttökelpoinen, jos peittoon soveltuvaa orgaanista ainesta on saatavilla läheltä kaivannaisjätteen sijoitusaluetta.

Rakenteen käyttöikä riippuu orgaanisen aineksen hajoamisnopeudesta. Hapen kulkeutumisen estyminen edellyttää, että orgaanisen aineksen määrä peittorakenteessa on riittävä kuluttamaan rakenteeseen kulkeutuvan hapen tehokkaasti. Rakenteen ylläpito voi edellyttää orgaanisen aineksen lisäämistä tai vaihtamista.

BAT 38g -päätelmän vesipeittoa voidaan käyttää altaisiin ja padotuille alueille sijoitetuille kaivannaisjätteille sekä louhosalueille, joihin on sijoitettu kaivannaisjätteitä. Tekniikka on tarkoitettu erityisesti potentiaalisesti happoa tuottaville kaivannaisjätteille tilanteissa, joissa kuivapeittoa ei voida käyttää. Vesipeitto soveltuu uusille kaivannaisjätteen sijoitusalueille tai olemassa olevista sijoitusalueista hydraulisesti erotetuille osille,

- jos voidaan osoittaa, että vesipeiton käytöstä aiheutuu ihmisten terveydelle ja ympäristölle vähemmän pitkäaikaisia riskejä kuin kuivapeitosta
- jos hydrologiset olosuhteet mahdollistavat riittävän vesimäärän sopivan vesipeiton ylläpitämiseen (BAT 18).

Tekniikan käyttö ei ole mahdollista alueilla, joissa on negatiivinen vesitase, esim. kuivilla tai lähes vedettömillä alueille (BAT 18). Vesipeittoa ei ole myöskään mahdollista käyttää, jos siitä voi aiheutua sekundääristen mineraalien liukenemista, joka lisää kaivannaisjätteen hapontuottoa.

Vesipeittotekniikan käyttö edellyttää, että altaat on rakennettu niin, että patojen pitkäaikaisvakavuus voidaan varmistaa myös äärioloissa (esim. maanjäristykset, tulvat), ja että pysyvä, riittävän syvä vesipeitto on mahdollinen. Rakenne edellyttää ylivuotokanavaa tai -aukkoa. Mahdollisten pilaantuneiden vesien käsittelyyn tulee varautua joko aktiivisilla tai passiivisilla vesienkäsittelymenetelmillä. BAT-päätelmä ei koske kaivannaisjätteiden sijoittamista veden alle luonnon vesistöaltaisiin.

BAT 38h -päätelmän märkäpeitot soveltuvat käytettäväksi altaisiin ja padotuille alueille sijoitetuille kaivannaisjätteille sekä louhosalueille, joihin on sijoitettu kaivannaisjätteitä.

Tekniikka soveltuu erityisesti kaivannaisjätteille, joilla on alhainen hapontuottopotentiaali, sekä pastamaisille potentiaalisesti happoa tuottaville kaivannaisjätteille. Tekniikan käyttö ei ole mahdollista alueilla, joissa on negatiivinen vesitase, esim. kuivilla tai lähes vedettömillä alueilla (BAT 18). Jätealueen patorakenteiden tulee olla riittävän vahvat, jotka kestävät vuosittaiset vedenkorkeusvaihtelut.

Esimerkkikohteita Suomessa

Väli aikaista peittotekniikkaa on käytetty esimerkiksi Pyhäsalmi Mine Oy:n kaivoksella rikastushiekka-alueella tuulen eroosion ja pölyämisen estämiseksi. Väli aikaisena peittona on käytetty kalkkimaitoa, joka levitetään tasaiseksi kerrokseksi jätealueen pinnalle. Kalkkimaidon kuivuessa se muodostaa pintaan kovan kerroksen, joka kestää läpi kesäkauden.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3, 5.4.1.3 ja 8.7. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

8.4 BAT-päätelmä 39 – Pohjavesien ja pilaantuneen maaperän puhdistaminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa pohjaveden tilan huononemisen tai maaperän pilaantumisen ehkäisemiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 39a. Vettä läpäisevät reaktiiviset seinämät
- BAT 39b. Fytotekniikat.

BAT 39 – yleiskuvaus

BAT 39a Vettä läpäisevät reaktiiviset seinämät

Pohjaveden virtausreitille asennetaan vettä läpäisevä reaktiivinen puhdistusyksikkö poistamaan pohjavedestä puhdistettavat haitta-aineet. Puhdistusmenetelmä on passiivinen menetelmä, jonka puhdistusteho perustuu fysikaalisiin, kemiallisiin tai biologisiin prosesseihin. Puhdistusyksikkö koostuu joko yhtenäisestä, jatkuvasta reaktiivisesta seinämästä tai siihen yhdistetyistä pohjaveden virtausta ohjaavista vettä läpäisemättömistä seinästä. Reaktiivinen seinämä sisältää haitta-aineita pidättäviä materiaaleja tai haitta-ainesten kanssa reagoivia materiaaleja ja se asennetaan yhtenäisenä rakenteena poikittain

likaantuneen pohjaveden virtaussuuntaan nähden. Pohjaveden virtausta ohjaavia rakenteita käytettäessä veden virtaus kohdistetaan seinämien avulla läpi reaktiivisesta seinämästä, jolloin seinämän leveys voi olla rajatumpi kuin pelkkää seinämää käytettäessä.

Jälkimmäisissä tapauksissa seinämän puhdistusteho on yleensä parempi kuin laajemmalle alueelle rakennetuissa yhtenäisissä seinämissä. Molemmissa tapauksissa reaktiivinen seinämä ulotetaan kallion pintaan saakka ja reaktiivisen vyöhykkeen vedenläpäisevyys rakennetaan suuremmaksi kuin ympäröivän maaperän, jotta voidaan välttää ohivirtauksia.

BAT 39b Fytotekniikat

Fytotekniikat ovat passiivisia kunnostusmenetelmiä, joissa käytetään kasveja haitta-aineiden käsittelyyn tai pidättämiseen eri väliaineista, kuten maaperästä, sedimenteistä sekä pinta- ja pohjavesistä (BAT 46c ja BAT 46d). Poistettavia haitta-aineita ovat metallit ja metalloidit, erityisesti kromi ja seleeni sekä radionuklidit: uraani, cesium ja strontium.

Tekniikalla voidaan uuttaa haitta-aineita kasvien avulla maaperästä tai pohjavesistä, tai hallita pilaantuneen pohjaveden leviämistä hydraulisesti. Lisäksi fytotekniikkaa voidaan käyttää hallitsemaan esim. kasvillisuuspeittojen avulla veden aiheuttamaa eroosiota, pintavaluntaa ja vesien imeytymistä kaivannaisjätealueilla. Kaivannaisjätteiden hallinnan suunnitteluvaiheessa fytoimediaatio voidaan suunnitella esim. osaksi jätealueen peitto-rakennetta ts. kasvillisuuspeitoksi (BAT 38c).

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Molemmat tekniikat otetaan käyttöön toiminnan aikana ja niitä käytetään sekä toimintaa sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa.

BAT 39a Vettä läpäisevät reaktiiviset seinämät

Tekniikka soveltuu potentiaalisesti happoa ja metallipitoisia vesiä tuottavalle kaivannaisjätteelle.

Tekniikalla poistetaan pohjavesistä radionuklideja, metalleja ja metalleja, kuten As, Cr(VI), Ni, P, U, Fe, Mn, Se, Cu, Co, Cd ja Zn sekä anionisia haitta-aineita, kuten sulfaatteja, nitraatteja ja fosfaatteja. Sitä käytetään myös pH:n hallintaan.

Toimintavaihe

Vettä läpäisevä reaktiivinen seinämä asennetaan ja sitä käytetään puhdistamaan likaantunutta pohjavettä. Veden sisältämät haitta-aineet poistetaan passiivisesti fysikaalisilla, kemiallisilla tai biologisilla prosesseilla. Puhdistusyksikkö koostuu joko yhtenäisestä, jatkuvasta reaktiivisesta seinämästä tai siihen yhdistetyistä pohjaveden virtausta ohjaavista

vettä läpäisemättömistä seinästä. Reaktiivinen seinämä asennetaan yhtenäisenä rakenteena poikittain likaantuneen pohjaveden virtaussuuntaan nähden.

Tekniikkaa käytetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 39b Fytotekniikat

Tekniikka soveltuu potentiaalisesti happoa ja metallipitoisia vesiä tuottavalle kaivannaisjätteelle.

Tekniikalla poistetaan pohjavesistä metalleja ja metalleja, erityisesti kromia ja seleeniä sekä radionuklideja: uraani, cesium ja strontium.

Toimintavaihe

Kasveja käytetään haitta-aineiden käsittelyyn tai pidättämiseen eri väliaineista (BAT 46c ja BAT 46d). Kaivannaisjätteiden aiheuttamaa maaperän tai pohjaveden pilaantumista vähennetään joko rikastamalla haitta-aineet kasvien soluihin, hajottamalla haitta-aineet bioottisilla tai abioottisilla prosesseilla, tai kiinnittämällä haitta-aineet kasvien juuristoon. Jos haitta-aineet rikastetaan kasvien soluihin, niin erityisesti kasvien maanpäälliset osat tulee poistaa ja hävittää huolellisesti.

Tekniikkaa käytetään samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Molemmat BAT 39 -päätelmässä kuvatut tekniikat ovat tarpeellisia ja käyttökelpoisia potentiaalisesti happoa (PAG) tai metallipitoisia vesiä muodostavien kaivannaisjätteiden hallinnassa vähentämään pohjaveden ja maaperän pilaantumista.

BAT 39a -päätelmän tekniikkaa käytetään ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin tulosten perusteella (BAT 5). Reaktiiviset seinämät soveltuvat sekä happamien että emäksisten vesien käsittelyyn. Jos tekniikassa hyödynnetään bakteeritoimintaa, niin pH:n tulee olla välillä 5–7. Tekniikka ei sovellu korkeita suolapitoisuuksia sisältäville pilaantuneille pohjavesille. Tekniikan käyttökelpoisuus voi olla rajallista biologiselle likaantumiselle ja mineraalien saostuminen voi haitata seinämän toimintaa. Tekniikka voi edellyttää huoltoa 10–30 vuoden jälkeen. Toimintakyvyn parantaminen voi edellyttää lisätoimia.

Tekniikan käyttö edellyttää pohjaveden virtaussuuntien sekä haitta-aineilla pilaantuneen pohjaveden laajuuden tarkkaa tuntemusta, jotta voidaan varmistaa pohjaveden todella virtaavan seinämän läpi. Lisäksi tulee ymmärtää hydrauliset, geokemialliset ja mikrobiologiset prosessit, joihin puhdistusteho perustuu.

BAT 39b -päätelmän tekniikkaa käytetään ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin tulosten perusteella (BAT 5). Sitä voidaan käyttää yhdessä BAT 38 -päätelmässä kuvattujen peittorakenteiden kanssa. Tekniikan käyttökelpoisuutta voivat rajoittaa esim. kasvien kasvun kausiluontoisuus, tuhoeläimet, loistartunnat, kasteluveden rajallinen saatavuus, korkeat suolapitoisuudet, hyvin alhainen pH ja korkeat natriumpitoisuudet.

Fytotekniikan käyttömahdollisuudet riippuvat paikallisista olosuhteista, joita ovat mm. sääolot, maaperän laatu, hydrologiset ja hydrogeologiset olot; haitta-aineiden laadusta, pitoisuuksista ja levinneisyydestä sekä käytettävissä olevien kasvien soveltuvuudesta, kuten juurten syvyyskasvusta. Tekniikan käyttö edellyttää ylläpitoa ja seuranta useiden vuosien ajan kasvillistamisen jälkeen. Fytotekniikoiden käyttö voi edellyttää metalleja sitoneiden kasvien hävittämistä. Lisäksi tekniikan käyttöön voi liittyä kustannuksia mm. kastelusta, lannoittamista tai tuhoeläinten hävittämisestä.

Esimerkkikohteita Suomessa

Suomessa ei ole kaivoskohteissa käytössä reaktiivisia seinämiä tai fytotekniikoita. Fytoremediaatiota on testattu esim. Pyhäsalmi Mine Oy:n kaivoksella pilaantuneen maaperän puhdistamiseen. Koetutkimuksessa käytettiin pajua sitomaan kuparia ja sinkkiä rikastushiekka-aluetta ympäröivästä maaperästä (Mohsin 2016).

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.4. ja 5.4.1.4. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- Mohsin, M. 2016. Potentiality of four willow varieties for phytoremediation in a pot experiment. Master's thesis, wood materials science, Joensuu 2016. University of Eastern Finland, Faculty of Science and Forestry. 38 s.

8.5 BAT-päätelmä 40 – Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa on seurata ja tarkkailla maaperä- ja pohjavesipäästöjä seuraavasti:

- BAT 40. Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu.

BAT 40 – yleiskuvaus

BAT 40 -päätelmän tekniikka perustuu mahdollisten maaperään ja vesistöön vaikuttavien päästölähteiden tunnistamiseen ja seurantaan. Päätelmässä esitetyn tekniikan tavoitteena on estää ja vähentää pohjaveden ja maaperän pilaantumista sekä jätteiden hallinnasta johtuvia negatiivisia ympäristövaikutuksia ja onnettomuuksia, optimoida kaivannaisjätteen hallinta- ja käsittelytapoja sekä ylläpitää kaivannaisjätteiden hallintaan soveltuvia toimintoja alueen sulkemisessa ja jälkihoidossa. Tekniikka sisältää pohjaveden ominaisuuksien sekä pohjaveden ja maaperän laadun seurannan ja tarkkailun sekä päästöjen vähentämiseen ja ehkäisemiseen sovellettavien mittausten tehokkuuden. Taustatekijöinä ovat lainsäädännölliset, turvallisuus- ja ympäristövaatimukset, samoin kuin tarkkailun ja varhaisen varoituksen toteuttaminen. Etenkin laitteet, jotka mittaavat jatkuvasti ja lähettävät tulokset käyttäjälle, mahdollistavat päästöjen leviämisen havaitsemisen varhaisessa vaiheessa. Pohjaveden laatuun liittyviä mittaussparametreja ovat mm. lämpötila, sähkönjohtavuus, pH sekä redox-potentiaali eli hapetus-pelkistyspotentiaali.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Tekniikka soveltuu ei-pysyväälle kaivannaisjätteelle. Pohjavedenpinnan korkeuden seuranta soveltuu myös pysyväälle kaivannaisjätteelle, jos pohjavedenpinnan korkeus voi vaikuttaa kaivannaisjätteen sijoitusalueen rakenteelliseen vakavuuteen.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa kehitetään tarkkailusuunnitelma maaperä- ja pohjavesipäästöjä seuraaville toimenpiteille:

- Tunnistetaan mahdolliset päästölähteet, esim.:
 - päästöjen leviämisen mallinnus sekä hajapäästöjen kuten vuotojen huomioiminen
 - myös vesitaseen tulokset voidaan huomioida (BAT 18)
- Suunnitellaan maaperään ja pohjaveteen kohdistuvien päästöjen tarkkailu sekä ennaltaehkäistään ja vähennetään ko. päästöjä esim.:
 - pohjaveden ominaisuuksien ja laadun tarkkailulla ja/tai
 - maaperän laadun tarkkailulla, erityisesti vajovesivyyhykkeessä.

Tarkkailtavat parametrit ja tarkkailun frekvenssi on valittava asianmukaisesti kohdekohtaisten olosuhteiden mukaan huomioiden erityisesti geologiset ja hydrogeologiset piirteet sekä kausiluontaiset vaihtelut. Erityisesti huomiota on syytä kiinnittää mahdolliseen riskiin pohjaveden tilan heikkenemisestä tai maaperän pilaantumisesta, joka on tunnistettu ympäristöriskin ja -vaikutuksen arvioinnissa sekä huomioitu kaivannaisjätteiden jätehuoltosuunnitelmassa. Arviossa otetaan huomioon myös olemassa olevat tarkkailu- ja seuranta-toiminnot sekä yhdenmukaisuus sovellettavien säännösten kanssa.

BAT-päätelmän ehdotus tutkittavista parametreista ja mittausten toistuvuudesta:

Raportoitava tarkkailuparametri	Tarkkailuväli
Päästöt pohjaveteen	
Pohjaveden ominaisuudet	1 kk–1 v
vedenpinnan taso	
virtauksen voimakkuus ja suunta	
Pohjaveden laatu	1 kk–1 v
Suotoveden koostumus	1–4 krt vuodessa
Päästöt maaperään	
Maaperän laatu	6 kk–5 v

Yhteinen tarkkailusuunnitelma tulee kyseeseen, mikäli kaivannaisjätteiden hallintaan liittyviä pohjaveteen ja maaperään kohdistuvia päästöjä halutaan tarkastella yhdessä kaivosalueen muista toiminnoista muodostuvien vaikutusten kanssa. Tarkkailu ja seuranta tulee suunnitella EN-standardien mukaan. Mikäli soveltuva EN-standardia ei ole, otetaan avuksi ISO-, kansallinen tai muu kansainvälinen standardi, joka on kehitetty vastaavan yhteisymmärrys-, avoimuus-, läpinäkyvyys- ja kansallisen sitoutumisperiaatteen sekä EN-standardien teknisen yhtenäisyyden mukaan.

Toimintavaihe

Tuotantovaiheessa tarkkaillaan ja seurataan maaperään ja pohjaveteen kohdistuvia päästöjä samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12). Tarkkailusuunnitelmaa on syytä mukauttaa tarkkailutulosten avulla vastaamaan mahdollisesti ajan mittaan muuttuvia olosuhteita. Tämä voi tarkoittaa parametrien lisäämistä tai poistoa ja/tai muutoksia mittausiheydessä.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Päätelmän tekniikka soveltuu ei-pysyväälle kaivannaisjätteelle. Pohjavedenpinnan tason seuranta on oleellista myös pysyväälle kaivannaisjätteelle, mikäli vaihtelu voi vaikuttaa kaivannaisjätteen sijoitusalueen rakenteelliseen vakavuuteen. Tekniikka perustuu asianmukaisesti tehdyn ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin tuloksiin (BAT 5).

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.5.1, 4.3.1.5.2 ja 5.4.1.5. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- Heikkinen P. M., Räsänen M. L. & Johnson R. H. 2009. Geochemical characterisation of seepage and drainage water quality from two sulphide mine tailings impoundments: Acid mine drainage versus neutral mine drainage. *Mine Water and the Environment* 28 (1), 30-49.
- Punkkinen H., Räsänen L., Mroueh U.-M., Korkealaakso J., Luoma S., Kaipainen T., Backnäs S., Turunen K., Hentinen K., Pasanen A., Kauppi S., Vehviläinen B. & Krogerus K. 2016. Guidelines for mine water management. VTT.
- USGS:n mallinnusohjelma PHREEQC: <https://www.usgs.gov/software/phreeqc-version-3>
- Van Zweel, K. N. 2015. Development of a geochemical model to predict leachate water quality associated with coal mining practices. MSc, North-West University.

8.6 BAT-päätelmä 41 – Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa maaperä- ja pohjavesivaikutusten seurantaan ja tarkkailuun on käyttää seuraavia tekniikoita:

- BAT 41a. Lämpöemättömän pohjarakenteen vuodontarkkailujärjestelmä

- BAT 41b. Lämpäisevän pohjarakenteen suotovesien tarkkailujärjestelmä
- BAT 41c. Tarkkailukaivot.

BAT 41 – yleiskuvaus

BAT 41 -päätelmän tekniikka perustuu suotovesien tunnistamiseen tiiviin pohjarakenteen alapuolisen vuodontarkkailujärjestelmän, vettä lämpäisevän suotovesien tarkkailujärjestelmän tai tarkkailukaivon (esim. pietsometrikaivojen) avulla. Vuodontarkkailu voi olla automaattista tai manuaalista. Päästöjen tarkkailu ja seuranta ehkäisevät ja vähentää pohjaveden ja maaperän pilaantumista, samoin negatiivisia ympäristövaikutuksia ja onnettomuuksia.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 41a Lämpäisemättömän pohjarakenteen vuodontarkkailujärjestelmä

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen sijoitusalueille. Tekniikka soveltuu ei-pysyville kaivannaisjätteille ja rikastusjätteille.

Suunnitteluvaihe

Vuodontarkkailujärjestelmä, joko manuaalinen tai automaattinen, sisällytetään vuotojen tunnistamista varten lämpäisemättömän pohjarakenteen alapuolelle.

Toimintavaihe

Tuotantovaiheessa käytetään vuodontarkkailujärjestelmää lämpäisemättömän pohjarakenteen alapuolelle samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 41b Lämpäisevän pohjarakenteen suotovesien tarkkailujärjestelmä

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen sijoitusalueille. Tekniikka soveltuu ei-pysyville kaivannaisjätteille ja rikastusjätteille.

Toimintavaihe

Tuotantovaiheessa käytetään suotovesien tarkkailujärjestelmää läpäisemättömän pohjarakenteen alapuolelle samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 41c Tarkkailukaivot

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealtille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen sijoitusalueille. Tekniikka soveltuu ei-pysyville kaivannaisjätteille ja rikastusjätteille.

Suunnitteluvaihe

Suunnitellaan tarkkailukaivojen kairaus ja sijainnit tai hyödynnetään jo olemassa olevia reikiä, joiden avulla seurataan maaperään ja pohjaveteen suotautuvan veden laatua.

Toimintavaihe

Asennetaan tarkkailukaivot tai hyödynnetään olemassa olevia reikiä tai putkia samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 41 -päätelmässä esitetyt tekniikat soveltuvat altille, padoille ja kasoille, joille läjitetään ei-pysyvää jätettä louhinnasta tai rikastusjätettä. Tekniikan soveltuvuus perustuu asianmukaisen ympäristöriskin ja -vaikutusten arvioinnin tuloksiin (BAT 5).

Vuodontarkkailujärjestelmä soveltuu tiiviille, vettä läpäisemättömille pohjarakenteille. Suotovesien tarkkailu soveltuu puolestaan läpäiseville pohjarakenteille.

Vuodontarkkailun suunnittelussa on huomioitava järjestelmän kunnossapidon vaatimukset. Etenkin suurten rakenteiden kohdalla tämä voi tarkoittaa tunnistimen asettamista jätealueen läheisyyteen, kuitenkin oletetun alavirtauksen puolelle, ennemmin kuin suoraan allasrakenteen alle, jossa kunnossapito on mahdotonta. Tekniikka soveltuu ainoastaan uudelle kaivannaisjätteen sijoitusalueelle tai olemassa olevan sijoitusalueen laajennukseen sen levittäytyessä uudelle maa-alueelle.

Suotovesien tarkkailujärjestelmä ei sovellu, mikäli sen asentaminen vettä läpäisevän pohjarakenteen alapuolelle on teknisesti mahdotonta.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappale 4.3.1.5.3 ja 5.4.1.5. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

9 Pintavesien tilan huononemisen ehkäiseminen ja vähentäminen

9.1 BAT-päätelmä 42 – Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien muodostumisen ehkäiseminen tai vähentäminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa pintavesien tilan heikkenemisen ehkäisemiksi tai vähentämiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 42a. Louhinnasta, rikastuksesta ja/tai kaivannaisjätteiden hallinnasta peräisin olevien ylijäämävesien uudelleen käyttö tai kierrätys
- BAT 42b. Vedenpoistojärjestelmien eriyttäminen toiminnan aikana
- BAT 42c. Kaivannaisjätteiden peittäminen (ks. BAT 38b-f)
- BAT 42d. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen
- BAT 42e. Vähäisiä ympäristövaikutuksia omaavien reagenssien ja kemikaalien käyttö.

BAT 42 – yleiskuvaus

BAT 42 -päätelmässä on kuvattu eri tekniikoita pintavesien tilan heikkenemisen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi vesien hallinnan, kaivannaisjätteen sijoitusalueiden peittämisen tai muotoilun, sekä ympäristöystävällisten kemikaalien käytön avulla.

BAT 42a Louhinnasta, rikastuksesta ja/tai kaivannaisjätteiden hallinnasta peräisin olevien ylijäämävesien uudelleen käyttö tai kierrätys

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteiden hallinnasta peräisin olevien ylijäämävesien varastointiin ja uudelleen käyttöön (ilman käsittelyä) tai kierrätykseen (käsittelyn jälkeen). Ylijäämävesiä varastoidaan yleensä altaisiin, joita voidaan kutsua talteenotto-, sedimentoitumis-, laskeutus-, dekantointi-, selkeytys- vesienkäsittely- ja/tai säätelyaltaiksi. Vettä voidaan

hyödyntää louhinnassa, rikastuksessa tai kaivannaisjätteiden käsittelyssä, joko puhdistettuna tai sellaisenaan, riippuen veden laadusta ja teknisistä vaatimuksista. Ylijäämävesien uusiokäyttö vähentää mm. yleistä vedenkulutusta.

BAT 42b Vedenpoistojärjestelmien eriyttäminen toiminnan aikana

Tekniikka perustuu erillisten vedenpoistojärjestelmien rakentamiseen altaiden, patojen tai kasojen ympärille tai sisään, jotta luonnolliset ja puhtaat valumavedet eivät joutuisi kosketuksiin kaivannaisjätteiden kanssa. Rakennelmat voivat vaihdella yksinkertaisista vesiä keräävistä ja ohjaavista ojista monimutkaisiin pinta- ja pohjarakenteisiin. Ympäröiviin vesistöihin kohdistuvien haittojen hallinnan lisäksi vedenpoistojärjestelmät ovat oleellinen osa kaivannaisjätteen sijoitusalueiden fysikaalisen vakavuuden hallintaa.

BAT 42c Kaivannaisjätteiden peittäminen

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteiden vaikutuksesta pilaantuneiden vesien muodostumisen ehkäisyyn tai vähentämiseen kaivannaisjätteiden peittoratkaisujen avulla. Peittomenetelmiin kuuluvat väliaikaiset peitot, kasvillisuuspeitot, vettä läpäisevät kuivapeitot, vettä läpäisemättömät ja alhaisen virtaaman kuivapeitot, happea kuluttavat kuivapeitot, vesi-peitot ja märkäpeitot. Peittomenetelmiä on kuvattu tarkemmin päätelmässä BAT 38 b–f.

BAT 42d Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen

Tekniikka perustuu alueen luonnollisen maiseman ja toiminnallisuuden palauttamiseen ottaen huomioon alueen ja ympäristön maantieteelliset erityisominaisuudet. Tarkoituksena on vähentää visuaalisia vaikutuksia, pinta- ja pohjavesiin kohdistuvia päästöjä sekä hallita meluhaittoja ja sääilmiöiden aiheuttamaa eroosiota. Muiden sulkemistoimien tehokkuus ja lyhyen tai pitkän aikavälin geotekninen vakavuus ei kuitenkaan saa heiketä. Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden rinteet ja kasat muotoillaan näyttämään luonnollisilta kummuilta, optimoiden samalla tarvittavan maarakennustyön laajuutta. Geomorfisessa kunnostuksessa louhinta ja jälkihoito on yhdistetty ja tarkoituksena on hyödyntää louhinnassa muodostuvaa kaivannaisjätettä sijoittamalla sitä suoraan valmiiksi suunniteltuun muotoon.

BAT 42e Vähäisiä ympäristövaikutuksia omaavien reagenssien ja kemikaalien käyttö

Tekniikka perustuu sellaisten reagenssien ja kemikaalien käyttöön, jotka ovat biohajoavia, myrkyttömiä, tai joilla ei ole lainkaan tai on todistettusti vähäisesti haitallisia vaikutuksia ympäristöön ja ihmisten terveyteen. Joitakin esimerkkejä tällaisista reagensseista tai kemikaaleista on esitetty MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleessa 4.3.2.2.3.

Menetelmien soveltuvuus kohteeseen pintavesien tilan heikkenemisen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi tulee ottaa huomioon toiminnan suunnitteluvaiheessa ja hyödyntää soveltuvia menetelmiä tuotanto- ja sulkemisvaiheessa.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 42a Louhinnasta, rikastuksesta ja/tai kaivannaisjätteiden hallinnasta peräisin olevien ylijäämävesien uudelleen käyttö tai kierrätys

Tekniikka soveltuu kaivosalueen ylijäämävesille.

Suunnitteluvaihe

Kaivannaisjätteiden hallinnasta peräisin olevien ylijäämävesien varastointi altaisiin tai säiliöihin sekä varastoidun veden kierrätys sisällytetään toiminnan suunnitteluun. Toiminnan suunnitteluun voidaan sisällyttää myös ylijäämäveden hyödyntäminen louhinnassa, rikastuksessa, tai kaivannaisjätteiden käsittelyssä, joko puhdistettuna tai sellaisenaan, riippuen veden laadusta ja teknisistä vaatimuksista.

Toimintavaihe

Varastoitua ylijäämävettä hyödynnetään louhinnassa, rikastuksessa ja/tai kaivannaisjätteiden hallinnassa soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1 ja BAT 12).

BAT 42b Vedenpoistojärjestelmien eriyttäminen toiminnan aikana

Suunnitteluvaihe

Vesijakeita erillään pitävät rakennelmat sisällytetään toiminnan suunnitteluun, jotta luonnolliset ja puhtaat valumavedet eivät joutuisi kosketuksiin kaivannaisjätteiden kanssa. Rakennelmat voivat olla yksinkertaisia, vesijakeita erottavia ojia tai monimutkaisia rakennelmia kaivannaisjätteen sijoitusalueiden pinta- (esim. peittorakenteet, kanavaverkostot) tai pohjarakenteissa (esim. johtavat kerrokset tai putkistot, vettä pidättävät seinämät).

Toimintavaihe

Eri valumavesijakeita pidetään erillään soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1 ja BAT 12).

BAT 42c Kaivannaisjätteiden peittäminen

BAT 42c -päätelmän soveltaminen toiminnan eri elinkaaren vaiheissa on kuvattu päätelmän sisältämää tekniikan kuvaavissa BAT-päätelmissä 38b–38f.

BAT 42d Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätealaille, padoilla rajatuille jätealueille ja kiinteän jätteen sijoitusalueille sekä louhostiloille, joihin on takaisin sijoitettu kaivannaisjätettä.

Suunnitteluvaihe

Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen sisällytetään toiminnan suunnitteluun. Tekniikan käytön tarkoituksena on alueen luonnollisen maiseman ja toiminnallisuuden palauttaminen ottaen huomioon alueen ja ympäristön maantieteelliset erityisominaisuudet. Tekniikkaa käytetään visuaalisen vaikutuksen sekä pinta- ja pohjavesiin joutuvien päästöjen vähentämiseksi. Lisäksi tarkoituksena on hallita tuulen ja veden aiheuttamaa eroosiota ja meluhaittoja. Kaikki maisemointi ja geomorfinen kunnostus suunnitellaan siten, että muiden sulkemistoimintapiteiden tehokkuus ei heikkene, eikä lyhyen tai pitkän aikavälin geotekninen vakavuus (BAT 22) vähene.

Toimintavaihe

Tekniikkaa sovelletaan yhdessä yleisten johtamisjärjestelmien kanssa (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 42e Vähäisiä ympäristövaikutuksia omaavien reagenssien ja kemikaalien käyttö

Suunnitteluvaihe

Reagenssien tai kemikaalien, jotka ovat biohajoavia, myrkyttömiä, tai joilla ei ole lainkaan tai on todistetusti vähäisesti haitallisia vaikutuksia ympäristöön ja ihmisten terveyteen, käyttö sisällytetään toiminnan suunnitteluun.

Toimintavaihe

Tekniikkaa sovelletaan yhdessä yleisten johtamisjärjestelmien kanssa (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12). Toimintavaiheessa voidaan myös korvata käytössä olevia reagensseja tai kemikaaleja vaihtoehdoilla, joilla on vähemmän ympäristöhaittoja, mutta joiden käyttö riittää varmistamaan tarvittavan teknisen suorituskyvyn.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 42 -päätelmässä kuvattujen tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5). Kuvattujen tekniikoiden käytössä tulee myös huomioida menetelmiä koskevat edut ja rajoitteet.

BAT 42a -päätelmän tekniikka on sovellettavissa, mikäli uudelleen käytettävän tai kierrätettävän veden sisältämien reagenssien tai ainesosien pitoisuudet ovat sellaisenaan tai ympäristön kannalta kestävä puhdistusprosessin jälkeen niin alhaisia, että ne eivät aiheuta haittaa prosesseille. Mikäli kierrätettävän veden laatu ei ole tarpeeksi hyvä, voidaan vettä käsitellä esimerkiksi poistamalla suspensiossa olevia partikkeleita (BAT 45) tai prosessissa kertyneitä haitta-aineita (BAT 48).

BAT 42b -päätelmän tekniikka soveltuu altaalle, padoille ja kasoille, ja on hyödynnettävissä useilla erityyppisillä kohteilla. Tekniikka on hyödynnettävissä yhdessä vesitaseen laskennan ja hallinnan kanssa (BAT 18). Luonnollisten valumavesien pois johtaminen liittyy erityisesti patorakenteiden ja kaivannaisjätealtaiden vakavuuden säilyttämiseen sekä käsittelyä vaativien jätevesien määrän vähentämiseen.

Joissakin tapauksissa tekniikka ei sovellu käytettäväksi yksinään, erityisesti jos puhtaiden vesijakeiden ja kaivannaisjätteiden välistä vuorovaikutusta ei pystytä kokonaan estämään. Tällöin tekniikkaa on yleensä hyödynnetty yhdessä erilaisten vesienkäsittelytekniikoiden kanssa.

BAT 42c -päätelmän tekniikan sovellettavuudessa ja soveltamisessa huomioitavat asiat on kuvattu yksityiskohtaisemmin päätelmän sisältämää tekniikkaa kuvaavissa BAT-päätelmässä 38b–38f.

BAT 42d -päätelmän tekniikkaa voidaan hyödyntää yhdessä rakenteellista vakavuutta parantavien tekniikoiden (BAT 22 ja BAT 24), ARD:n ehkäisyyn tai minimointiin soveltuviin tekniikoiden (BAT 31) ja itsesyttymisen ehkäisyyn tai minimointiin soveltuviin tekniikoiden (BAT 32) kanssa. Hyödynnettävyyttä voi haitata maa-aineksen heikko saatavuus kaivoskohteessa.

BAT 42e -päätelmän tekniikassa käytettäviä vähäisiä ympäristövaikutuksia omaavia reagensseja ja kemikaaleja kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisen vesien käsittelyyn on esitetty BAT-päätelmässä 45c.

Esimerkkikohteita Suomessa

BAT 42a Louhinnasta, rikastuksesta ja/tai kaivannaisjätteiden hallinnasta peräisin olevien ylijäämävesien uudelleen käyttö tai kierrätys

Agnico Eagle Finland Oy:n Kittilän kaivos
Boliden Kevitsa Mining Oy:n kaivos
Outokumpu Chrome Oy:n Kemin kaivos.

BAT 42b Vedenpoistojärjestelmien eriyttäminen toiminnan aikana

Outokumpu Chrome Oy:n Kemin kaivos.

Suomalaisia esimerkkikohteita on esitelty tarkemmin BAT 42c -tekniikan osalta päätelmän sisältämää tekniikkaa kuvaavassa BAT-päätelmässä 38b–38f.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.2.1.1, 4.3.2.1.2, 4.3.2.1.3, 4.3.2.1.4, 4.3.2.1.5 ja 5.4.2.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
BAT 42c: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.2, 4.3.1.3.3, 4.3.1.3.4.1.1, 4.3.1.3.4.1.2, 4.3.1.3.4.1.3 ja 5.4.1.3
BAT 42e: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.2.2.2.3 ja 5.4.2.2.2

9.2 BAT-päätelmä 43 – kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien kerääminen ja käsittely

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa pintavesien tilan heikkenemisen ehkäisemiksi tai vähentämiseksi on käyttää seuraavaa tekniikkaa:

- BAT 43. Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien kerääminen ja käsittely.

BAT 43 – yleiskuvaus

BAT 43 -päätelmässä on kuvattu tekniikka pintavesien tilan heikkenemisen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi kaivannaisjätealueilta muodostuvien suotovesien keräämisen ja käsittelyn avulla. Tekniikan avulla voidaan ehkäistä tai vähentää suotovesien kontrollomatonta kulkeutumista pintavesiin sekä pohjavesien ja maaperän pilaantumista estämällä ja vähentämällä haitta-ainepitoisen suotoveden kulkeutumista maa- ja kallioperään.

Menetelmä soveltuu etenkin ei-pysyvistä kaivannaisjätteistä peräisin oleville suotovesille ja niiden hallinnalle toiminnan suunnitteluvaiheesta jälkihoitoon. Tekniikka perustuu suotovesien palautus- ja keräysjärjestelmien käyttöön. Palautusjärjestelmät voivat koostua keräysojista, kaivoista ml. suojapumppaukset sekä pumppaamoista. Keräysajat soveltuvat erilaisille kaivannaisjätealueille ja ovat kustannustehokkaita ratkaisuja. Erilaisten kaivojen, kuten suojapumppauskaivojen avulla voidaan hallita pohjavesivaikutuksia ja estää pohjaveden pilaantumista. Niiden tehokkuus riippuu pohjavesimuodostuman ominaisuuksista. Pumppaamojen avulla voidaan ohjata suotovedet vesienkäsittely-, selkeytys- tai vesivarastoaltille, jotka toimivat suotovesien keräysjärjestelminä.

Kerätyt suotovedet voidaan puhdistaa, sekoittaa muihin alueen vesijakeisiin tai johtaa takaisin kaivannaisjätealueille. Joissakin tapauksissa keräys- ja käsittelyjärjestelmän rakentaminen saattaa olla tarkoituksenmukaisempaa kuin vettä pidättävän seinämän (ml. reaktiivisen seinämän) asentaminen.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Tekniikka soveltuu ei-pysyvien kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Suunnitteluvaihe

Tekniikka perustuu kaivannaisjätealueilta muodostuvien suotovesien keräämiseen ja johtamiseen vesienkäsittelyyn toiminnan elinkaaren eri vaiheissa. Suotovesien keräämisessä hyödynnetään patojen ja altaiden kuivatusjärjestelmiä (BAT 21a), kiinteän jätteen sijoitusalueiden (BAT 21b) ojitusta tai salaojitusta keräysputkiston tai kaivojen avulla, sekä erilaisista kerroksista koostuvia yhdistelmäpohjarakenteita (BAT 15b, BAT 16e ja BAT 17c). Vesienkäsittelyssä hyödynnetään palautusjärjestelmiä, kuten pumppaamoita, tai keräysjärjestelmiä, kuten selkeytys- ja vesienkäsittelyaltaita sekä vesivarastoaltaita.

Sisällytetään toiminnan suunnitteluun suotautuvien vesien kerääminen ja käsittely.

Toimintavaihe

Suotovesiä hallitaan keräämällä, käsittelemällä tai takaisin pumppaamalla samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 43 -päätelmässä kuvatus tekniikan soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5).

Kylmässä ilmastossa vettä johtavien putkistojen jäätyminen pitää estää.

Esimerkkikohteita Suomessa

Suotovesien keräys ja käsittely on käytössä useilla suomalaisilla kaivoksilla.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.2.2.1.1 ja 5.4.2.2.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

9.3 BAT-päätelmä 45 – Suspensiossa olevan kiintoaineksen tai (orgaanisten) nesteiden poistaminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa pintavesien tilan heikkenemisen ehkäisemiseksi tai vähentämiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 45a. Painovoimainen erotus laskeutusaltaissa
- BAT 45b. Selkeytys tankeissa
- BAT 45c. Koagulaatio ja flokkulaatio
- BAT 45d. Vaahdotus ilmalla
- BAT 45e. Väliainesuodatus
- BAT 45f. Suspensiossa olevien partikkelien kalvosuodatus
- BAT 45g. Hydrosyklonointi (ks. BAT 27b).

BAT 45 – yleiskuvaus

BAT 45 -päätelmässä on kuvattu pintaveden laadun heikentymisen ehkäisemiseksi tai minimoimiseksi käytettäviä tekniikoita. Parasta ympäristökelpoista tekniikkaa on käyttää päätelmässä kuvattuja menetelmiä tai niiden yhdistelmiä kaivannaisjätteistä aiheutuvan pintaveden laadun heikentymisen ehkäisemiseksi tai minimoimiseksi. Kuvattujen tekniikoiden avulla voidaan poistaa kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä suspensiossa olevaa kiintoainesta. Lisäksi suurimmalla osalla tekniikoista voidaan poistaa myös suspensiossa olevia orgaanisia nesteitä (suspended liquid particles), kuten öljyjä ja rasvoja.

Osalla tekniikoista voidaan lisäksi poistaa vesistä kolloideja, emulsioita tai happea kuluttuvia komponentteja, kuten orgaanista ainesta.

Kaikki BAT-päätelmässä kuvatut tekniikat huomioidaan kohteessa jo sen suunnitteluvaiheessa ja toteutetaan toiminnan aikana. Sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa käytetään kaikkia muita tekniikoita paitsi hydrosyklonointia. Kaikkien tekniikoiden tavoitteena on poistaa kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä suspensiossa olevaa kiintoainesta ja vähentää siten kaivannaisjätteistä aiheutuvaa kiintoainekuormitusta alapuolisiin vesiin. Lisäksi kaikilla muilla tekniikoilla paitsi väliainesuodatuksella voidaan myös poistaa suspensiossa olevia orgaanisia nesteitä, kuten öljyjä ja rasvoja. Osalla tekniikoista voidaan vesistä poistaa myös kolloideja, emulsioita tai happea kuluttuvia komponentteja, kuten orgaanista ainesta. Kiintoaineksen poisto helpottaa ylimääräisten vesienhallintaa ja mahdollistaa niiden uudelleen käytön tai kierrätyksen.

Kaikkien tekniikoiden käytön suunnittelussa huomioidaan kohdekohtaiset olosuhteet, kuten sisään tulevan veden laatu, uloslähtevän veden laatuvaatimukset, sisään- ja ulostulevan veden virtaamat sekä ilmasto-olosuhteet.

BAT 45a Painovoimainen erotus laskeutusaltaissa

Tekniikka perustuu hienorakeisten materiaalien poistamiseen vedestä laskeuttamalla ne painovoimaisesti laskeutusaltaissa. Laskeutuksessa käytettävien altainen koko voi vaihdella tarpeesta riippuen muutamasta sadasta kuutiometristä satoihin tuhansiin kuutiometriin. Altaan koon mitoittaminen riippuu tulvasuunnittelusta, alueen topografiasta, virtausnopeudesta ja laskeutettavan aineksen rakeisuudesta. Altainen gradientti suunnitellaan niin, että vesi virtaa niistä läpi. Altaissa kiintoainesta poistetaan vesifaasista painovoimaisesti ajan kanssa. Pienemmät partikkelit tarvitsevat pidemmän laskeutusajan kuin suuremmat partikkelit, ja siten myös suuremman altaan laskeutukseen. Laskeuttamista voidaan käyttää neutraloinnin tai saostuksen jälkeen erottamaan muodostuneet saostumat kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä. Laskeutusaltaita voidaan käyttää useita sarjassa tai rinnan, jotta päästään haluttuun veden puhdistustehokkuuteen.

Laskeutusaltaita käytetään tiiviitä pohjarakenteita, esim. vettä läpäisemätöntä luonnonmaata tai keinoalustoita rakennetta (BAT 35a ja BAT 35b), salaojajärjestelmiä (BAT 21a), ylivuotokanavia (BAT 20j) ja veden korkeuden säätelyä veden suotautumisen vähentämiseksi ja säätelemiseksi.

Laskeutusaltaita käytetään usein jonkun toisen vesienkäsittelytekniikan kanssa yhdessä, esimerkiksi suodatuksen tai koagulaation ja flokkulaation kanssa.

Painovoimaisessa erotuksessa laskeutusaltaisiin muodostuu lietettä ja sedimenttiä, jotka vaativat asianmukaisen käsittelyn.

BAT 45b Selkeytys tankeissa

Tekniikassa poistetaan vedestä suspensiossa oleva kiintoainese sekä nesteet, kuten öljyt ja rasvat, erottamalla ne mekaanisesti tehostetulla painovoimaisella erotuksella tankeissa, joissa säädelään laskeutumisaikaa ja ominaispinta-alaa. Tekniikassa voidaan käyttää apuna reagensseja, kuten koagulantteja tai flokkulantteja.

Käsiteltävien vesien virtausnopeudet voivat vaihdella muutamista kymmenistä useisiin tuhansiin kuutiometriin tunnissa (m³/h). Tekniikkaa voidaan käyttää painovoimaisen laskeuttamisen yhteydessä. Tekniikassa muodostuu lietettä, joka on käsiteltävä asianmukaisesti.

BAT 45c Koagulaatio ja flokkulaatio

Tekniikalla voidaan poistaa kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä suspensiossa oleva kiintoainese, nesteet (esim. öljyt ja rasvat) ja kolloidit. Tekniikassa käytetään sedimentaatiota lisääviä aineita lisäämään suspensiossa olevan kiintoaineksen ja nesteiden, kuten öljyjen ja rasvojen, kasaantumista laskeuttamiskelpoisiksi flokeiksi eli nk. sakoiksi tai kasautumiksi. Tekniikan tavoitteena on nopeuttaa partikkelien laskeuttamista ja siten tehostaa hienoaineksen poistamista vesifaasista sekä alapuolisten vesien käsittelyä. Tekniikan avulla saadaan parannettua pienien partikkelien erottamista vesifaasista pelkkään laskeutukseen verrattuna. Tekniikka ehkäisee ja minimoi kaivannaisjätteiden hallinnan maisema- ja jälkivaikutusta, kun hienoaineksen laskeuttamiseen tarvitaan pienempiä altaita. Lisäksi se vähentää kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä aiheutuvia ympäristöriskejä.

Koagulaatiossa estetään kolloidien (0,01–0,1 µm partikkelit) pyrkimys pysyä erillisinä partikkeleina ja muodostetaan niistä kasaumia kiinteään ja nestefaasin erottamiseksi toisistaan. Koagulaatiota tehostetaan flokkulaatiolla, jossa koaguloituneita partikkeleita sekoitetaan hitaasti, jotta saadaan muodostettua yhä suurempia kasaumia ts. flokkeja. Partikkelien koon kasvu nopeuttaa niiden laskeutumista altaan pohjalle. Muodostuneet kasaumat poistetaan vedestä laskeuttamalla, selkeyttämällä tai suodattamalla.

Yleisesti käytettäviä koagulantteja ja flokkulantteja ovat esimerkiksi epäorgaaniset koagulantit, kuten alumiini- ja ferrisulfaatti, alumiini- tai ferrikloridi sekä natriumaluminaatti; orgaaniset koagulantit esim. polyamiinit sekä anioniset ja kationiset flokkulantit eli nk. polyelektrolyytit. Käytettävien flokkulanttien tulee olla toksisuudeltaan vähäisiä. Flokkulanteista aiheutuvan toksisuuden vähentämiseksi voidaan käyttää biohajoavia tai myrkyttömiä flokkulantteja, jos niiden käytöstä voi aiheutua negatiivisia vaikutuksia ihmisten terveydelle tai ympäristölle, tai veden laadun heikentymistä (BAT 42e).

BAT 45d Vaahdotus ilmalla

Tekniikassa vähennetään kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä suspensiossa olevaa kiintoainesta, nesteitä (esim. öljyt, rasvat), emulsioita ja kemiallista hapen kulutusta (COD) lisääviä komponentteja, kuten orgaanista ainesta, kiinnittämällä ne ilmakupliin ja erottamalla siten vedestä. Vaahdotusta tehostetaan usein koagulanteilla tai flokkulanteilla. Esikäsittely flokkulanteilla voi olla tarpeen ennen vaahdotusta. Tekniikka vähentää kiintoaineksen lisäksi myös liuenneiden aineiden määriä, esimerkiksi metalleja, ehkäisten näin hapanta kaivosvalumaa. Happea kuluttavien komponenttien vähentäminen vedestä lisää vedessä olevan liuenneen hapen määrää. Ilmalla vaahdotuksessa kuluu vähemmän reagensseja verrattuna koagulaatioon ja flokkulaatioon. Tekniikka poistaa tehokkaasti kiintoainesta ja lisää veden kierrätysmahdollisuuksia. Tekniikalla voidaan käsitellä suuria vesimääriä, jopa 10 000–20 000 m³/h.

BAT 45e Väliainesuodatus

Tekniikassa poistetaan suspensiossa oleva kiintoaines partikkelien kokoon pohjautuvalla erottelulla eli nk. syvä- tai kerrossuodatuksella, ja /tai adsorptiolla suodattimena toimivaan väliaineeseen eli nk. pintasuodatuksella. Suodatuksessa voidaan käyttää yhtä tai useampaa suodatinta ja väliainetta kiintoaineksen poistamiseksi.

Väliaineena voidaan käyttää esim. hiekkaa, turvetta, antrasiittia tai magnetiittia. Suodatin koostuu yleensä suodatinkuoresta, tukipedistä, kuivatusventtiilistä ja säiliöstä sekä seurantalaitteesta. Suodatinkuori on tavallisesti avoin betonista tai teräksestä tehty astia painovoimaisissa yksiköissä ja suljettu astia paine-eroon perustuvissa yksiköissä. Väliaine voi koostua useista kerroksista, jolloin karkeat ja vähemmän tiheet partikkelit ovat suodattimen yläosassa, ja hienommat ja tiheimmät alaosassa. Tekniikka edellyttää väliaineen säännöllistä puhdistamista.

BAT 45f Suspensiossa olevien partikkelien kalvosuodatus

Tekniikassa erotetaan suspensiossa oleva kiintoaines, nesteet (esim. öljyt ja rasva) sekä kolloidit paine-eroon pohjautuen kalvolla, joka pidättää partikkelit kalvon huokoskoon perusteella. Kiintoaineksen poiston ohella tekniikalla on mahdollista vähentää kaivannaisjätteiden hallinnan maisema- ja jalanjälkivaikutuksia, sillä tekniikalla on itsessään melko pieni maankäytöstä aiheutuva jalanjälki. Kalvosuodatusta käytetään yleensä primäärisuodatuksen jälkeen poistamaan jäljelle jääneet partikkelit. Sillä voidaan puhdistaa kiintoaineksen määrä < 1 mg/l. Kalvosuodatusta voidaan käyttää esikäsittelymenetelmänä nanosuodatukselle ja käänteisomoosille.

Paine-eroon perustuvissa kalvotekniikoissa käytetään puoliläpäiseviä kalvoja vähentämään suspensiossa olevan kiintoaineksen määrää liuoksessa. Kalvo sallii liuenneiden aineiden ja

liuottimien kulun selektiivisesti kalvon läpi. Kiintoaineksen poistossa käytetään mikro- ja ultrasuodatusta. Mikrosuodatus soveltuu vesille, jotka on helppo käsitellä. Ultrasuodatuksella voidaan suodattaa vedestä pienempiä partikkeleita kuin mikrosuodatuksella.

BAT 45g Hydro syklonointi (ks. BAT 27b)

Tekniikassa erotetaan hienojakoinen kiintoaineksen vesifaasista hydro syklonien avulla. Hydro syklonointia käytetään vähentämään kaivannaisjätteestä vettä ennen sen pumppaamista lietteenä kaivannaisjätteen jätealueelle. Lisäksi sitä käytetään kiintoaineksen erottamiseen kairausnesteestä, jotta voidaan vähentää läjitettävän kaivannaisjätteen määrää ja lisätä kairausnesteen kierrättämistä. Hydro syklonoinnilla voidaan lisätä kaivannaisjätteiden fyysikaalista vakautta ja vähentää pintavesien laadun heikentymistä. Lisäksi se pienentää toiminnan maisemavaikutusta ja maankäytöstä aiheutuvaa jalanjälkeä. Hydro syklonoinnilla voidaan erottaa lietemäisestä kaivannaisjätteestä noin 50–60% vedestä.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 45a Painovoimainen erotus laskeutusaltaiissa

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Painovoimaisen erotuksen tavoitteena on poistaa kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä suspensiossa oleva kiintoaineksen sekä suspensiossa olevat nesteet, kuten öljyt ja rasvat.

Suunnitteluvaihe

Altaiden mitoitukseen sisällytetään suunnitteluvaiheessa hienorakeisten materiaalien painovoimainen laskeuttaminen. Laskeuttamista voidaan tehostaa dekantoimalla ensin orgaaniset faasit, kuten öljyt tai rasvat. Laskeuttamisessa voidaan käyttää yhtä tai useampaa allasta joko peräkkäin tai rinnakkain. Allasrakenteisia kaivannaisjätealtaita voidaan käyttää laskeutusaltaina.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 45b Selkeytys tankeissa

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Tankeissa selkeytyksen tavoitteena on poistaa kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä suspensiossa oleva kiintoaine sekä suspensiossa olevat nesteet, kuten öljyt ja rasvat.

Suunnitteluvaihe

Suspensiossa olevan kiintoaineksen ja suspensiossa olevien nesteiden poistamiseksi suunnitellaan mekaanisesti tehostettu painovoimainen erotus tehtäväksi tankeissa, joissa voidaan säädellä laskeutumisaikaa ja ominaispinta-alaa. Laskeuttamisessa voidaan käyttää apuna reagensseja, kuten koagulantteja tai flokkulantteja.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 45c Koagulaatio ja flokkulaatio

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Tekniikalla voidaan poistaa kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä suspensiossa oleva kiintoaine ja nesteet, kuten öljyt ja rasvat, sekä kolloidit.

Suunnitteluvaihe

Suspensiossa olevan kiintoaineksen, nesteiden ja kolloidien poistamiseksi suunnitellaan vesienpuhdistamisessa käytettäväksi sedimentaatiota lisääviä aineita lisäämään suspensiossa olevan kiintoaineksen, nesteiden (esim. öljyt ja rasvat) ja kolloidien kasaantumista laskeuttamiskelpoiksi flokeiksi eli sakoiksi. Käytettävillä aineilla tulee olla vähäiset ympäristövaikutukset (BAT 42e).

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 45d Vaahdotus ilmalla

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Tekniikalla voidaan poistaa kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä suspensiossa oleva kiintoaines ja nesteet (esim. öljyt ja rasvat), emulsiot ja happea kuluttavat komponentit, kuten orgaaninen aines.

Suunnitteluvaihe

Vesienpuhdistukseen suunnitellaan sisällyttäväksi suspensiossa olevien kiintoaineksen ja nesteiden poistamiseksi vaahdotusyksikkö, jossa kiintoaines ja nesteet poistetaan kiinnittämällä ne ilmakupliin.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 45e Väliainesuodatus

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille erityisesti ei-pysyvän kaivannaisjätteen vaikutusten alaisille vesille.

Tekniikalla voidaan poistaa kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä suspensiossa oleva kiintoaines. Tekniikka soveltuu erityisesti ei-pysyvien kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisille vesille.

Suunnitteluvaihe

Vedenpuhdistukseen suunnitellaan sisällytettäväksi kiintoaineen poistamiseksi suodatusyksikkö, jossa kiintoaines voidaan poistaa joko partikkelien kokoon pohjautuvalla

erottelulla eli nk. syvä- tai kerrossuodatuksella ja/tai adsorptiolla suodattimena toimivaan väliaineeseen eli nk. pintasuodatuksella. Menetelmän erotuskyky pohjautuu joko painovoima- tai paine-eroon. Tekniikassa käytettävän väliaineen paksuus on yleensä 0,3–0,7 m.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 45f Suspensiossa olevien partikkelien kalvosuodatus

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille erityisesti ei-pysyvän kaivannaisjätteen vaikutusten alaisille vesille.

Tekniikalla voidaan poistaa kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä suspensiossa oleva kiintoaines, nesteet (öljyt ja rasvat) ja kolloidit. Tekniikka soveltuu erityisesti ei-pysyvien kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisille vesille.

Suunnitteluvaihe

Vedenpuhdistukseen suunnitellaan sisällytettäväksi suspensiossa olevien kiintoaineen, nesteiden ja kolloidien puhdistamiseksi kalvosuodatinyksikkö, jossa paine-ero ohjaa puhdistettavan veden kalvon läpi. Kalvo poistaa vedestä partikkelit riippuen kalvon huokoskoosta. Kalvosuodatin sisältää mikro- ja ultrasuodatuksen. Mikro-suodatus poistaa vedestä 0,1–10 µm:n partikkelit, esim. patogeenit, bakteerit ja muut kyseistä kokoluokkaa olevat haitta-aineet. Ultrasuodatus poistaa vedestä 0,0025–0,1 µm:n partikkelit, kuten vaahdotus-kemikaalit, pinta-aktiiviset aineet ja organometallikompleksit.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 45g Hydrosyklonointi (ks. BAT 27b)

Tekniikalla voidaan poistaa vesistä hienoaines hydrosyklonilla. Tekniikka soveltuu prosessoinnissa muodostuvien kaivannaisjätteiden käsittelyyn ja erityisesti prosessoinnissa muodostuvien altaisiin sijoitettavien rikastushiekkojen käsittelyyn, mutta myös kairaussoijalle. Tekniikka on kuvattu tarkemmin BAT-päätelmässä 27b.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Kaikki BAT 45 -päätelmässä kuvatut tekniikat ovat käyttökelpoisia kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisille vesille, jotka sisältävät suspensiossa olevaa kiintoainesta. Kaikkien kuvattujen tekniikoiden käyttö perustuu ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioimiseen (BAT 5). Kuvattujen tekniikoiden käytössä tulee myös huomioida menetelmäkohtaiset edut ja rajoitteet.

BAT 45a -päätelmän painovoimaerotus laskeutusaltaissa -tekniikka soveltuu suspensiota sisältävien kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien ohella myös vesille, jotka sisältävät suspensiossa olevia nesteitä, kuten öljyjä ja rasvoja. Tekniikan käyttöä voi rajoittaa kohteen sijainti ja käytettävissä olevien maa-alueiden pinta-ala. Tekniikka edellyttää ylläpitoa, mm. ruoppausta altaaseen kertyneen jätteen keräämiseksi. Selkeytyksessä muodostuvat lietteet ja sedimentit edellyttävät tarkoituksenmukaista käsittelyä ja hallintaa.

BAT 45b -päätelmässä kuvattu selkeytys tankeissa soveltuu suspensiota sisältävien kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien ohella myös vesille, jotka sisältävät suspensiossa olevia nesteitä, kuten öljyjä ja rasvoja. Tekniikka kuluttaa energiaa ja siinä muodostuu lietettä, joka edellyttää tarkoituksenmukaista käsittelyä ja hallintaa.

BAT 45c -päätelmässä kuvattu koagulaatio ja flokkulaatio soveltuu suspensiota sisältävien kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien ohella myös vesille, jotka sisältävät suspensiossa olevia nesteitä, kuten öljyjä ja rasvoja, sekä kolloideja. Käyttävillä kemikaaleilla tulee olla vähäiset ympäristövaikutukset (BAT 42e), joten tekniikassa tulisi käyttää biohajoavia ja myrkyttömiä kemikaaleja. Tekniikan käytön jälkeen vesissä voi olla edelleen metallien jäännöspitoisuuksia. Lisäksi tekniikan käytössä muodostuu lietettä, joka edellyttää tarkoituksenmukaista käsittelyä ja hallintaa. Tekniikka kuluttaa energiaa.

BAT 45d -päätelmän vaahdotus ilmalla -tekniikka soveltuu suspensiota sisältävien kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien ohella myös vesille, jotka sisältävät suspensiossa olevia nesteitä, kuten öljyjä ja rasvoja, sekä emulsioita ja kemiallista hapen kulutusta lisääviä komponentteja, kuten orgaanista ainesta. Tekniikkaa voidaan hyödyntää vain sellaisille partikkeleille, jotka kiinnittyvät ilmakehään. Tekniikka on herkkä vaahtoaville aineille, jotka tulee poistaa ennen vaahdotusta.

BAT 45f -päätelmässä kuvattu suspensiossa olevien partikkelien kalvosuodatus -tekniikka soveltuu suspensiota sisältävien kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien ohella myös vesille, jotka sisältävät suspensiossa olevia nesteitä, kuten öljyjä ja rasvoja, sekä kolloideja. Tekniikka soveltuu erityisesti ei-pysyvien kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisille vesille. Menetelmän käyttöä voivat rajoittaa kalvosuodattimeen johdettavan veden laadun vaihtelut ja veden korkea kiintoaineksen määrä. Tekniikka voi edellyttää kiintoaineksen vähentämistä vedestä ennen sen käyttöä. Kalvosuodatus edellyttää kalvojen säännöllistä puhdistusta ja huuhtelua sekä kuluttaa energiaa. Puhdistuksessa muodostuva rejekti voi olla haastava käsiteltävä.

BAT 45g -päätelmän hydrosyklonointi soveltuu prosessoinnissa muodostuvien kaivannaisjätteiden käsittelyyn ja erityisesti prosessoinnissa muodostuvien altaisiin sijoitettavien rikastushiekköjen käsittelyyn, mutta myös kairaussoijalle. Tekniikkaa voidaan käyttää, kun BAT 14 ja BAT 22 -päätelmissä esitetyt suunnittelukriteerit täyttyvät. Tekniikkaa käytetään yhdessä BAT 2 -päätelmässä kuvatun kaivannaisjätteiden karakterisoinnin kanssa.

Esimerkkikohteita Suomessa

Laskeuttamista käytetään mm. Boliden Kevitsa Mining Oy:n kaivoksella, jossa puhdistettavista vesistä laskeutetaan hydroksidisaostuksessa muodostuneet saostumat selkeytysaltaalla. Agnico Eagle Finland Oy:n Kittilän kaivoksella on käytössä kalkkisaostukseen perustuva vesienkäsittelylaitos prosessivedelle.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.2.1.2, 4.3.2.2.2 ja 5.4.2.2.2. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

9.4 BAT-päätelmä 46 – Liuenneiden aineiden poistaminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa pintavesien tilan heikkenemisen ehkäisemiksi tai vähentämiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 46a. Ilmastus ja aktiivinen kemiallinen hapettaminen
- BAT 46b. Aktiivinen aerobinen biologinen hapettaminen
- BAT 46c. Aerobiset kosteikot
- BAT 46d. Anaerobiset kosteikot
- BAT 46e. Hapettomat biokemialliset reaktorit (Anoxic BCR).

- BAT 46f. Hydroksidi- ja karbonaattisaostus
- BAT 46g. Sulfidisaostus
- BAT 46h. Kerasaostus kloridilla tai sulfaattimetallisuoloilla
- BAT 46i. Adsorptio
- BAT 46j. Ioninvaihto
- BAT 46k. Nanosuodatus
- BAT 46l. Käänteisosmoosi.

BAT 46 – yleiskuvaus

BAT 46 -päätelmässä on kuvattu pintaveden laadun heikentymisen ehkäisemiseksi tai minimoimiseksi käytettäviä tekniikoita. Parasta käyttökelpoista tekniikkaa on käyttää päätelmässä kuvattuja menetelmiä tai niiden yhdistelmiä pintaveden laadun heikentymisen ehkäisemiseksi tai minimoiseksi. Kuvattujen tekniikoiden avulla voidaan kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä poistaa tai vähentää liuenneita aineita.

Kaikkien BAT-päätelmässä kuvattujen tekniikoiden käytön suunnittelussa huomioidaan kohdekohtaiset olosuhteet, kuten sisään tulevan veden laatu, ulos lähtevän veden laatuvaatimukset, sisään ja ulos tulevan veden virtaaman määrät sekä ilmasto-olosuhteet.

BAT 46a Ilmastus ja aktiivinen kemiallinen hapettaminen

Ilmastuksessa ja kemiallisessa hapettamisessa vähennetään liuenneiden metallien määrää hapettamalla ne heikkoliukoisempaan, saostuvaan muotoon, esim. hydroksideiksi.

Ilmastuksessa lisätään liuennutta ilmaa ja happea kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisiin vesiin joko painovoimaisesti, esim. vesiputouksilla, tai mekaanisesti, kuten sekoittamalla, ilmapuhalluksella tai suihkupumpulla. Tekniikkaa käytetään esim. ferroraudan (Fe^{2+}) hapettamiseen ferriraudaksi (Fe^{3+}) ja sen saostamiseksi rautahydroksidina ($\text{Fe}(\text{OH})_3$). Ilmastustekniikan etuna muihin hapetustekniikoihin verrattuna on se, että ilman käyttö hapettimena ei edellytä samankaltaista luvitusta kuin mahdolliset muut kemialliset reagenssit. Lisäksi ilman käsittelyyn tai hävittämiseen ei liity samankaltaisia erityistoimenpiteitä kuin muihin kemikaaleihin. Ilmastuksella voidaan liuenneen raudan määrä vähentää $< 0,3$ mg/l, kun veden pH on 7,5–8,0 (MEND 2014).

Kemiallisessa hapettamisessa liuenneet metallit hapetetaan heikkoliukoisempaan muotoon vahvoilla hapettimilla joko sekoitussäiliöissä tai altaissa. Hapetuksessa käytettävän kemikaalin valinta riippuu käsiteltävien vesien pH:sta ja kohteena olevasta metallista. Sitä käytetään yleensä mangaanin (Mn^{2+}) hapettamiseen ja saostamiseen mangaanioksidina (MnO_2). Kemiallisella hapetuksella veden mangaanipitoisuus voidaan alentaa $< 0,5$ mg/l (MEND 2014).

Molempia tekniikoita käytetään ennen kiinteän ja nestefaasin erottamista esim. suodattamalla, koagulaatiolla ja flokkulaatiolla, laskeutusaltaissa (BAT 45) ja/tai saostuksen tai neutraloinnin (BAT 47) yhteydessä.

BAT 46b Aktiivinen aerobinen biologinen hapettaminen

Aktiivinen aerobinen biologinen hapettaminen perustuu hiilen ja typen yhdisteiden vähentämiseen vesistä aerobisella bakteeritoiminnalla. Tekniikassa puhdistettavat vedet virtaavat mikrobeja sisältävän suspension tai mikrobeja sisältävän kiinteän kannakkeen läpi. Lisäksi on mahdollista käyttää myös näiden yhdistelmää. Käytettäviä menetelmiä voivat olla aktiivilietteprosessi, ilmastettu jätevesiallas, peräkkäiset sarjareaktorit, kalvobioreaktori, biologisesti ilmastettu suodin, biologinen suodin, bioroottori tai liikkuvapetinen biofilmireaktori.

BAT 46c Aerobiset kosteikot

Aerobiset kosteikot ovat rakennettuja kosteikkoja, joissa vedessä olevien liuenneiden aineiden kokonaismäärää, suspensiossa olevaa kiintoainesta, happea kuluttavia yhdisteitä ja metalleja vähennetään kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä pidentämällä veden viipymäaikaa ja lisäämällä sen ilmastusta. Rakennetut kosteikot ovat matalia altaita, joissa on kasvillisuutta. Tekniikka on nk. passiivinen menetelmä, mikä tarkoittaa, että tekniikka tarvitsee vähemmän ylläpitoa ja huoltoa kuin aktiiviset vesienkäsittelymenetelmät. Vesipäästöjen vähentämisen ohella tekniikka vähentää myös kaivannaisjätteiden hallinnan ilmapäästöjä sekä maisema- ja jalanjälkivaikutuksia.

Rakennettu aerobinen kosteikko koostuu a) vettä läpäisemättömästä pohjarakenteesta suotautumisen ehkäisemiseksi (keinotekoinen tai luonnollinen tiivisrakenne); b) salaojaverkostosta, jolla hallitaan veden virtausta, viipymäaikaa ja korkeutta; c) orgaanisesta kasvukerroksesta kasvillisuutta ja mikrobitoimintaa varten; sekä d) kasvillisuudesta, joiden juurien kautta happi kulkeutuu veteen. (US EPA 2000a, b)

Aerobinen rakennettu kosteikko voi olla joko pintavirtauskosteikko tai kosteikko, jossa vesi virtaa kosteikon pinnan alla. Pintavirtauskosteikossa vesi virtaa kasvitetun maanpinnan yläpuolella ja vesi on koko ajan alttiina ilmakehille. Kosteikon pinnan alla tapahtuvassa virtauksessa vesi virtaa huokoisessa kasvualustassa ja vedenpinta säilytetään kasvualustan pinnan alla. Veden virtaus kosteikossa voi tapahtua pinnan suuntaisesti joko pystysuoraan (pinnasta pohjalle) tai vaakasuoraan. Aerobisessa kosteikossa hyödynnetään sekä mikrobeja että kosteikkokasveja liuenneiden metallien ja suspensiossa olevan kiintoaineksen poistamisessa. Reaktiot tapahtuvat suhteellisen hitaasti, joten puhdistus voi kestää keskimäärin 1–5 päivää. Aerobisessa kosteikossa puhdistusreaktiot perustuvat ioninvaihtoon, adsorptioon, absorptioon sekä saostumiseen yhdessä geokemiallisen ja mikrobihapettumisen ja pelkistymisen kanssa.

Boreaalisella ilmastovyöhykkeellä esiintyy yleisesti luontaisia suoalueita, jotka voivat toimia luonnollisina kosteikkoina tai pintavalutuskenttinä. Niissä turpeen paksuuden tulee olla vähintään 0,5 m. Pintavalutuskentät soveltuvat vain turvetuotannon vesien käsittelyyn.

Aerobisen kosteikon suunnittelussa keskeisiä muuttujia ovat tavoiteltavat biokemialliset prosessit, veden kuormitusnopeus ja viipymäaika, kosteikon kaltevuus, kasvualusta, kasvilisuus ja pinnan muodot sekä sedimentaation hallinta ja vuodenaikaisvaihtelu. Esimerkiksi talvikaudella kosteikon puhdistusteho voi alentua oleellisesti. Kosteikkojen arvioitu käyttöikä on noin 20–30 vuotta.

BAT 46d Anaerobiset kosteikot

Anaerobiset kosteikot vastaavat toimintaperiaatteiltaan aerobisia kosteikkoa, mutta niissä ylläpidetään anaerobisia oloja sulfaatinpelkistäjäbakteerien avulla. Vastaavasti kuin aerobisissa kosteikoissa, niin myös anaerobisissa kosteikoissa veden virtaus voi tapahtua joko pysty- tai vaakasuoraan. Vesipäästöjen vähentämisen ohella tekniikka vähentää myös kaivannaisjätteiden hallinnan ilmapäästöjä sekä maisema- ja jalanjälkivaikutuksia.

Anaerobisissa kosteikoissa puhdistusprosessit perustuvat pääosin kemiallisiin ja mikrobiin pelkistysreaktioihin, jotka muodostavat kasvualustaan hapettomat olosuhteet ja lisäävät veden alkalisuutta. Veden alkalisuus lisääntyy myös rakenteessa käytetyn kalkkikiven liukenemisessä. Niiden ohella kosteikossa tapahtuu myös muodostuneiden metallisulfidisaostumien pidättymistä fysikaalisella suodattumisella, kun vesi virtaa läpi huokoisen kasvualustan.

BAT 46e Hapettomat biokemialliset reaktorit

Tekniikassa vähennetään kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä haitta-aineita biokemiallisilla pelkistysreaktioilla.

Biokemiallisissa reaktoreissa on tyypillisesti neljä vyöhykettä:

- vapaan veden vyöhyke reaktorissa ylimmäisenä (< 20 cm)
- hapettava vyöhyke, jossa tapahtuu orgaanisen aineksen hajoamista
- vaihettumisvyöhyke, jossa liuenneet metallit muodostavat väliaikaisesti karbonaattisaostumia metallikationien reagoiessa kalkkikiven kanssa
- sulfaatinpelkistysvyöhyke, jossa sulfaatit pelkistyvät aluksi sulfidi-ioneiksi, jotka reagoivat metallien kanssa ja muodostavat sulfidisaostumia.

BAT 46f Hydroksidi- ja karbonaattisaostus

Tekniikassa vähennetään kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä liuenneita metalleja saostamalla ne pH:ta säätämällä metallihydroksideina ja/tai -karbonaatteina. pH:n säätö tehdään joko lisäämällä happoa tai emästä. Tavoitteena oleva pH-alue riippuu saostettavasta metallista, joten eri metallien saostaminen kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä tehdään yleensä sarjassa eri pH-arvoissa. Saostamisen jälkeen kiinteä faasi erotetaan nestefaasista käyttäen BAT 45 -päätelmässä kuvattuja tekniikoita, ja lopuksi säädetään veden lopullinen pH (BAT 47a) ennen veden johtamista uudelleen käytettäväksi, kierrätykseen tai vesistöön.

Saostumisen tehokkuutta voidaan parantaa käyttämällä hydroksidisaostuksen rinnalla ilmastusta (BAT 46a), raudan ja/tai arseenin kersaostamista (BAT 46h) ja/tai tekniikoita, jotka lisäävät käydettyjen kemikaalien sekoittumista sekä liukenemista.

Tekniikassa käytetyt kemikaalit ja niiden annostukset ovat kohdekohtaisia ja riippuvat saatavilla olevista kemikaaleista, kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien laadusta sekä tavoitteena olevasta veden laadusta.

BAT 46g Sulfidisaostus

Tekniikassa vähennetään kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä liuenneita metalleja saostamalla ne sulfidireagenssien avulla metallisulfideina. Muodostuneet saostumat poistetaan käyttäen kiinteän faasin ja nesteen erottamiseen soveltuvia tekniikoita (BAT 45).

BAT 46h Kersaostus kloridilla tai sulfaattimetallisuoloilla

Tekniikassa vähennetään kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä liuenneita hivenmetalleja (esim. As, P tai Se tai 226Ra) kersaostamalla ne kloridi- tai sulfaattisuoloilla happamassa pH:ssa.

Tekniikassa liuenneet metallit kersaostetaan vesistä ferrirauta- tai alumiinisuoloilla. Prosessissa muodostuu rauta- tai alumiinihydroksidisaostumia, jotka adsorboivat vedestä pinnalleen liuenneita metalleja. Muodostuneet saostumat poistetaan vedestä kiinteän ja nestefaasin erottamiseen soveltuvilla tekniikoilla (BAT 45). Tyypillinen esimerkki kersaostuksesta on arseenin poisto vesistä joko kalsium- tai ferriarsenaattina.

Ra-226 poistamisessa käytetään bariumkloridia. Barium kersaostuu radiumin kanssa barium-radiumsulfaattina. Tekniikan käyttö edellyttää riittävän korkeita sulfaattipitoisuuksia. Riittävän sulfaatin määrän saavuttamiseksi voidaan tarvittaessa lisätä prosessiin ferri- tai alumiinisulfaattia.

BAT 46i Adsorptio

Adsorptio perustuu liuenneiden metallien ja muiden haitta-aineiden pidättymiseen pinta-adsorptiolla väliaineeseen kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä. Väliaine on tyyppillisesti hienorakeista, jolloin sillä on suuri ominaispinta-ala. Väliaineena voidaan käyttää monenlaisia materiaaleja, mukaan lukien erilaisia jättemateriaaleja tai sivutuotteita.

Tekniikassa väliaine voidaan joko sekoittaa puhdistettavan veden joukkoon tai johtaa puhdistettava vesi kolonnin läpi, joka sisältää adsorboivaa väliainetta. Ensimmäisessä tapauksessa adsorptiossa muodostunut kiinteä faasi erotetaan nestefaasista adsorption jälkeen (esim. BAT 27 ja BAT 45) ja jälkimmäisessä adsorboiva väliaine huuhdellaan puhtaaksi.

BAT 46j Ioninvaihto

Tekniikka perustuu pintavarautuneiden yhdisteiden tai ionien vaihtumiseen sisään tulevan veden ja kiinteän väliaineen välillä. Yhdisteenä tai ionina esiintyvä haitta-aine absorboituu väliaineeseen ja korvautuu sisään tulevassa vedessä väliaineesta vapautuvalla ympäristölle haitattomalla ionilla, joka voi olla kationi tai anioni. Ioninvaihdolla voidaan tuottaa kierrätykseen tai uudelleen käyttöön sopivia vesijakeita.

Tekniikassa voidaan käyttää väliaineena kaupallisia hartseja tai luonnonmateriaaleja, kuten turvetta tai zeoliitteja. Synteettiset orgaaniset hartsit voidaan räätälöidä soveltuvaksi tiettyille yhdisteille funktionaalisten ryhmien avulla. Hartsit suunnitellaan yleensä poistamaan yksi tai muutama haitta-aine. Tämän vuoksi voidaan tarvita useita eri hartseja poistamaan eri yhdisteitä. Synteettisissä polymeereissä on tavallisesti funktionaalisina ryhminä Na^+ , H^+ , Cl^- ja OH^- -ionit. Käytettävä väliaine valitaan kohdekohtaisesti poistettavien haitta-aineiden ja kohteen kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien laadun perusteella. Väliaineen ioninvaihdon kapasiteetti riippuu väliaineessa olevien vaihtopaikkojen määrästä sekä sisään virtaavan veden laadusta. Toiminnan aikana pH säädetään yleensä välille 4–8.

BAT 46k Nanosuodatus

Tekniikassa vähennetään haitta-aineita vedestä paineen käyttöön perustuvalla puoliläpäisevällä kalvotekniikalla joko niiden kokoon tai varaukseen perustuen. Nanosuodatusta käytetään erityisesti alhaisen liuenneiden aineiden kokonaismäärän (~ 500–15 000 mg/l) sisältävien vesien puhdistamiseen.

Tekniikka perustuu puoliläpäisevien kalvojen käyttöön. Kalvot läpäisevät koon ja varauksen perusteella vesimolekyylit ja yksivalenssiset ionit, mutta eivät monivalenssisia ioneja. Vesipäästöjen vähentämisen ohella tekniikalla voidaan vähentää kaivannaisjätteiden hallinnan maisema- ja jalanjälkivaikutusta, sillä nanosuodatuksella itsellään on suhteellisen pieni maankäytöstä aiheutuva jalanjälki.

BAT 46l Käänteisosmoosi

Käänteisosmoosissa käytetään vesien puhdistuksessa puoliläpäisevää suodatuskalvoa. Se perustuu paineen käyttämiseen osmoottisen paineen voittamiseksi ja liuenneiden erottamiseen liuottimesta. Käänteisosmoosilla puhdistettuja vesiä voidaan kierrättää takaisin prosesseihin, jotka edellyttävät hyvälaatuista vettä.

Käänteisosmoosissa säädellään kalvon huokoskoolla ja kemialla sitä, millaisia molekyylejä tai ioneja kalvo läpäisee. Puhdistuksen seurauksena kalvon läpäisee lähes puhdas vesi, kun kalvon toiselle puolelle jää suolainen neste. Kalvot voivat koostua selluloosa-asetaatista tai polymeereistä, kuten esim. polyamidista, polyimidista, polykarbonaateista, polyvinykloridista, polysulfonista, polyasetaalista tai polyakrylaateista.

Tekniikan käyttö edellyttää, että vedet esikäsitellään ennen käänteisosmoosia suspensiossa olevan kiintoaineksen poistamiseksi, jottei kalvo tukkeudu. Esikäsitelyssä käytetään yleensä selkeytystä (BAT 45b) tai ultrasuodatusta (BAT 45f).

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Kaikki BAT-päätelmässä kuvatut tekniikat huomioidaan kohteessa jo sen suunnitteluvaiheessa ja toteutetaan toiminnan aikana sekä sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa. Tekniikoiden tavoitteena on vähentää kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä liuenneita aineita ja näin vähentää vaikutusta alapuolisiin vesiin.

BAT 46a Ilmastus ja aktiivinen kemiallinen hapettaminen

Tekniikka soveltuu kiintoainesta sisältäville kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Ilmastuksen ja aktiivisen kemiallisen hapettamisen tavoitteena on vähentää kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä liuenneita metalleja joko ilmastuksella (esim. Fe^{2+}) tai kemiallisella hapetuksella (Fe^{2+} , Mn^{2+}).

Suunnitteluvaihe

Vesienkäsittelyssä suunnitellaan käytettäväksi aktiivista vesienkäsittelymenetelmää, jossa hapetetaan liuenneet metallit kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä heikkoliukoiseen muotoon siten, että ne lopulta saostuvat. Tekniikka sisältää vesien ilmastuksen ja kemiallisen hapetuksen. Hapetuksessa käytetään vahvoja hapettimia, kuten klooria, peroksidia (esim. Fenton), otsonia tai permanganaattia.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 46b Aktiivinen aerobinen biologinen hapettaminen

Tekniikka soveltuu erityisesti biologisesti hajotettavissa olevien liuenneiden aineiden, kuten öljyjen, rasvojen ja typen yhdisteiden (ammonium, nitraatit), syanaattien, kemiallista ja biologista hapen kulutusta lisäävien yhdisteiden/aineiden sekä metallien, vähentämiseen kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä.

Suunnitteluvaihe

Vesikäsittelyssä suunnitellaan erityisesti hiilen ja typen yhdisteiden vähentämiseksi puhdistusyksikkö, jossa em. yhdisteet hajotetaan hapettamalla aerobisella bakteeritoiminnalla biologisten prosessien kautta. Käytettävät menetelmät voivat olla:

- aktiivilieteprosesseja
- ilmastettuja jätevesialtaita
- peräkkäisiä sarjareaktoreita
- kalvobioreaktoreita
- biologisia ilmastettuja suodattimia
- biologisia suodattimia
- bioroottoreita eli pyörökoskettimia (*rotating contactors*) tai
- liikkuvapetisiä biofilmireaktoreita (*Moving Bed Biofilm Reactors*).

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT46c Aerobiset kosteikat

Tekniikka soveltuu kiintoainesta sisältäville kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Tekniikkaa käytetään vähentämään liuenneiden aineiden kokonaismäärää, suspensiossa olevaa kiintoainesta, happea kuluttavia yhdisteitä/aineita ja metalleja kaivannaisjätealueiden vaikutuksen alaisista vesistä.

Suunnitteluvaihe

Passiivista vesienkäsittelyä varten suunnitellaan rakennettu matala allas. Turvetuotannossa voidaan myös valita tarkoitukseen sopiva luontainen kasvillisuutta kasvava kosteikkoalue pintavalutuskentäksi, esim. turvesuo. Kosteikon tavoitteena on pidentää veden viipymää ja lisätä sen ilmastumista. Aerobiset kosteikot koostuvat läpäisemättömästä pohjasta, sala-ojasta, orgaanisesta kerroksesta sekä kasvillisuudesta.

Aerobinen kosteikko voidaan rakentaa joko pintavirtauskosteikkona tai kosteikkona, jossa virtaus tapahtuu pinnan alla. Vesi voi virrata kosteikoissa joko vaakasuoraan tai pystysuoraan. Kosteikkoaltaan syvyys on yleensä alle 1 m.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 46d Anaerobiset kosteikot

Tekniikka soveltuu kiintoainesta sisältäville kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille. Tekniikka soveltuu erityisesti happaman kaivosvaluman käsittelyyn.

Anaerobiset kosteikot soveltuvat happamuuden, liuenneiden metallien ja metalloidien sekä sulfaattien vähentämiseen kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä.

Suunnitteluvaihe

Vesienpuhdistukseen suunnitellaan sisällyttäväksi anaerobinen kosteikko, joka vastaa muuten rakenteeltaan aerobista kosteikkoa, mutta sisältää lisäksi kalkkikivistä tehdyn pohjakerroksen orgaanisen aineksen kerroksen alapuolella. Lisäksi orgaanisen aineksen kerros on paksumpi kuin aerobisessa kosteikossa ja se sisältää sulfaattia pelkistäviä bakteereita, jotka ylläpitävät anaerobisia oloja kosteikossa. Anaerobisen kosteikon koko määräytyy asiditeettikuormituksen perusteella. Suositeltu kuormituksen määrä on 2 000–7 000 mg CaCO₃/m²/päivä.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 46e Hapettomat biokemialliset reaktorit

Tekniikka soveltuu kiintoainesta sisältäville kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Tekniikka soveltuu erityisesti happaman kaivosvaluman käsittelyyn.

Tekniikan tavoitteena on vähentää kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä asidiitteitä, liuennaita metalleja ja metalleja sekä sulfaatteja.

Suunnitteluvaihe

Vedenpuhdistukseen suunnitellaan sisällytettäväksi biokemiallinen reaktori, joka on vastaava kuin anaerobinen kosteikko, mutta ilman kasvillisuutta. Biokemiallisia reaktoreita on sekä aktiivisia että passiivisia. Aktiiviset bioreaktorit vaativat toimiakseen energiaa sekä reagenssien lisäämistä. Passiivisissa reaktoreissa vesi suodattuu painovoimaisesti kiinteän väliaineen läpi.

Tekniikassa hyödynnetään mikrobien soluhengitystä katalysoimaan liuennoiden metallien saostumista, vähentämään vedestä sulfaatteja ja lisäämään veden alkalisuutta. Optimaaliset olot pelkistysreaktioille ovat pH-välillä 6,5–7,5 ja 25–45 °C:een lämpötilassa.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 46f Hydroksidi- ja karbonaattisaostus

*Tekniikka soveltuu kiintoainesta sisältäville kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.
Tekniikka soveltuu erityisesti vesille, joissa on liuenneita metalleja.*

Tekniikassa vähennetään kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä liuenneita metalleja.

Suunnitteluvaihe

Vedenpuhdistukseen suunnitellaan sisällytettäväksi aktiivinen vesienpuhdistusmenetelmä, jolla saostetaan liuenneet metallit metallihydroksideina ja/tai -karbonaatteina pH:ta säätämällä. pH:ta voidaan säätää joko lisäämällä happoa tai emästä. Reagensseina pH:n säädössä voidaan käyttää esim. kalsiumoksidia (CaO), natriumhydroksidia (NaOH), kalkkikiveä (CaCO₃), kalsiumhydroksidia (Ca(OH)₂), soodaa (Na₂CO₃), magnesiumoksidia (MgO) ja magnesiumkarbonaattia (MgCO₃). pH:n säädön lisäksi reagensseista muodostuu liuokseen hydroksidi- tai karbonaattianioneita. Kalkkisaostus yhdessä koagulaation/flokkulaation ja selkeytyksen kanssa tunnetaan tiheän lietteen tekniikkana (HDS, *High-Density Sludge process*).

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 46g Sulfidisaostus

*Tekniikka soveltuu kiintoainesta sisältäville kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.
Tekniikka soveltuu erityisesti vesille, joissa on liuenneita metalleja.*

Tekniikalla voidaan vähentää kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä liuenneita metalleja ja metalloideja, kuten Pb, Cu, Cr(VI), Ag, Hg, Ni, Th, Sb ja V.

Suunnitteluvaihe

Vesienkäsittelyssä suunnitellaan liuenneiden metallien ja metalloidien pitoisuuksien vähentäminen kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä aktiivisella vesienkäsittelyllä, jossa liuenneet metallit saostetaan metallisulfideina lisäämällä veteen sulfidireagenssia. Reagensseina voidaan käyttää esim.

- natriumsulfidia (Na₂S)

- natriumvetysulfidia (NaHS)
- vetysulfidia (H₂S)
- rautasulfidia (FeS)
- kalsiumsulfidia (CaS)
- polymeeristä organosulfidia.

Metallisulfidit saostuvat yleensä pH-välillä 7,0–9,0.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 46h Kerasaostus kloridilla tai sulfaattimetallisuoloilla

Tekniikka soveltuu kiintoainesta sisältäville kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille. Tekniikka soveltuu erityisesti Ra-226:n vähentämiseen vesistä.

Tekniikassa voidaan vähentää kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä liuenneita hivenmetalleja (esim. arseeni, fosfori, seleeni tai radium-226).

Suunnitteluvaihe

Vedenpuhdistukseen suunnitellaan sisällytettäväksi kerasaostusprosessi, jossa käytetään ferrisuolaa, kuten ferrikloridia (FeCl₃) ja ferrisulfaattia (Fe₂(SO₄)₃); alumiinisulfaattia, kuten alumiinikloridia (AlCl₃) ja alumiinisulfaattia (Al₂(SO₄)₃) tai bariumkloridia (BaCl₂) poistamaan vesistä esim. liuenneita hivenmetalleja (esim. As, P, Se tai Ra-226).

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 46i Adsorptio

Tekniikka soveltuu kiintoainesta sisältäville kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Tekniikalla voidaan vähentää kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä liuenneita metalleja, orgaanista hiiltä, hiilivetyjä, öljyä ja rasvoja.

Suunnitteluvaihe

Vedenpuhdistukseen suunnitellaan sisällytettäväksi adsorptioyksikkö, joka adsorboi käytettävän väliaineen pintaominaisuuksien perusteella haitta-aineita. Väliaineena voidaan käyttää zeoliittia, aktiivihiihtä, luonnon mineraaleja ja organosavia, tavanomaisia teollisuusjätteitä tai sivutuotteita, luonnon biologisia materiaaleja, tavanomaista biologista jätettä tai rautaoksidea ja -hydroksidea. Adsorptiolle optimaalinen pH on välillä 4,0 – ~10,0.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 46j Ioninvaihto

Tekniikka soveltuu kiintoainesta sisältäville kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Tekniikalla voidaan vähentää kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä kalsiumia (Ca), mangaania (Mn), bariumia (Ba), strontiumia (Sr), radiumia (Ra), booria (B), nitraatteja, fluori-deja, arsenaatteja, kromaatteja, uraanikomplekseja ja ympäristölle haitallisia metalleja.

Suunnitteluvaihe

Vedenpuhdistukseen suunnitellaan sisällytettäväksi ioninvaihtoyksikkö. Tekniikka perustuu pintavarautuneiden yhdisteiden tai ionien vaihtumiseen sisään tulevan veden ja kiinteän väliaineen välillä. Väliaine voi olla kaupallinen hartsi tai luonnonmateriaali, kuten turve tai zeoliitit. Tekniikassa yhdiste tai ioni absorboituu väliaineeseen ja korvautuu sisään tulevassa vedessä väliaineesta vapautuvalla ionilla.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 46k Nanosuodatus

Tekniikka soveltuu kiintoainesta sisältäville kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Tekniikalla voidaan vähentää kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä monivalenssisia ioneja.

Suunnitteluvaihe

Vedenpuhdistukseen suunnitellaan sisällytettäväksi nanosuodatus, joka on paineen käyttöön perustuva puoliläpäisevä kalvotekniikka. Tekniikalla vähennetään haitta-aineita joko niiden kokoon tai varaukseen perustuen. Nanosuodatuksessa on kalvossa tyypillisenä huokoskokona 1,5–2,5 nm. Tekniikan puhdistusteho on 75–90 %.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 46l Käänteisosmoosi

Tekniikka soveltuu kiintoainesta sisältäville kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Tekniikalla voidaan vähentää kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä liuenneita metalleja, suoloja ja makromolekyylejä.

Suunnitteluvaihe

Vedenpuhdistukseen suunnitellaan sisällytettäväksi käänteisosmoosipuhdistus, joka perustuu puoliläpäisevän suodatuskalvon käyttöön. Tekniikassa osmoottinen paine ylitetään ja liuenneet aineet erotetaan liuottimesta paineen avulla. Käänteisosmoosissa käytetään yleensä kalvon huokoskokona < 1,5 nm.

Toimintavaihe

Tekniikkaa käytetään suunnitelman mukaisesti noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää ja ympäristöjärjestelmiä sekä johtamisjärjestelmien työkaluja (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Kaikki BAT 46 -päätelmässä kuvatut tekniikat, paitsi pintavalutuskentät, ovat käyttökelpoisia kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisille vesille, jotka sisältävät liuenneita aineita. Pintavalutuskenttiä ei hyväksytty BREF-prosessissa BAT-tekniikaksi kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisen vesien käsittelyyn. Ne soveltuvat vain turvetuotannon vesien käsittelyyn. Esitetyillä tekniikoilla kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä vähennettävissä haitta-aineet riippuvat käytettävästä tekniikasta. Kaikkien kuvattujen tekniikoiden käyttö perustuu ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioimiseen (BAT 5). Kuvattujen tekniikoiden käytössä tulee myös huomioida menetelmäkohtaiset edut ja rajoitteet.

BAT 46a -päätelmän tekniikka "*ilmastus ja aktiivinen kemiallinen hapettaminen*" soveltuu esim. Fe²⁺ vähentämiseen ilmastuksella, sekä Fe²⁺ sekä Mn²⁺ vähentämiseen kemiallisella hapettamisella kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä. Tekniikka ei sovellu yksinään käytettäväksi tekniikaksi, vaan sitä tulee käyttää yhdessä muiden tekniikoiden, kuten saostuksen (BAT 46f ja BAT 46g), kiintoaine-/nestesuhteen hallinnan (BAT 27 ja BAT 45) sekä pH:n säädön (BAT 47a), kanssa. Kemiallisella hapettamisella ei voida vähentää vesistä mangaania, jos pH on < 9,5. Tekniikka edellyttää energiaa ja kemikaalien käyttöä.

BAT 46b -päätelmässä kuvattu aktiivinen aerobinen biologinen hapettaminen soveltuu erityisesti biologisesti hajotettavissa olevien liuenneiden aineiden, kuten öljyjen, rasvojen ja typen yhdisteiden (ammonium, nitraatit), syanaattien, kemiallista ja biologista hapen kulutusta lisäävien yhdisteiden/aineiden sekä metallien vähentämiseen kaivannaisjätealuiden vaikutuksen alaisista vesistä. Tekniikan käyttömahdollisuuksia rajoittavat korkea kemiallinen tai biologinen hapen kulutus, korkeat öljypitoisuudet tai korkeat suolapitoisuudet, jotka estävät täysimittaisen mikrobitoiminnan. Tekniikassa muodostuu lietettä, joka edellyttää käsittelyä.

Muita tekniikan käytössä huomioitavia asioita ovat (esim. MEND 2014):

- Nitrifikaation optimaalinen pH on 7,0–9,0 ja Ca-pitoisuus 50–200 mg/l.

- Reaktio kuluttaa veden alkaliniteettiä, joten tekniikka voi edellyttää alkalisuuden lisäämistä.
- Lämpötilan tulisi olla 10–30 °C. Jos sisään tulevan veden lämpötila on < 5 °C, niin vettä täytyy lämmittää ennen kuin se voidaan johtaa biologiseen puhdistusyksikköön.
- Aerobiset olot ylläpidetään tekniikassa ilmastuksella.
- Liuenneen hapen määrän tulee olla > 2 mg/l. Hapen määrää tulee nostaa ilmastuksella, jos se on < 2 mg/l.
- Syanidi tulee hapettaa syanaatiksi ennen kuin vesi johdetaan biologiseen puhdistusyksikköön, sillä syanidi on myrkyllistä bakteereille.
- Biologisesta yksiköstä poislähtevä vesi edellyttää vielä kiintoaine-nesteerotusta (esim. selkeyttimien käyttöä BAT 45 b).
- Biologisen puhdistusyksikön toimintaolosuhteet täytyy säätää puhdistuksessa käytettävien bakteerien mukaiseksi.

BAT 46c -päätelmässä kuvattua aerobiset kosteikot -tekniikkaa käytetään vähentämään liuenneiden aineiden kokonaismäärää, suspensiossa olevaa kiintoainesta, happea kuluttavia yhdisteitä/aineita sekä metalleja kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä. Tekniikan käytettävyyttä voivat rajoittaa:

- veden korkea asiditeetti/happamuus (voi edellyttää vesien neutralointia ennen kosteikkokäsittelyä)
- korkeat suolapitoisuudet, jotka voivat estää mikrobien hapetusreaktiot
- suuri virtaama
- matalien painanteiden saatavissa olo kohteessa
- ajan myötä heikkenevä toimintateho
- korkea lämpötila ja virtaaman vaihtelut
- toimintaa haittaavat paikalliset ilmasto-olot (esim. kylmyys)
- herkkyys suurille poikkeamille läpikulkevan aineen määrissä ja kuormituksessa.

Edellä mainituista syistä johtuen rakennetut aerobiset kosteikot eivät sovellu yksinään käytettäväksi tekniikaksi. Toiminnan aikana niitä voidaan käyttää yhdessä muiden tekniikoiden kanssa viimeistelytekniikkana. Sulkemisen ja jälkihoidon aikana rakennetut kosteikot soveltuvat alhaisen virtaaman omaavien, vähän haitta-aineita sisältävien ts. pienen kuormituksen omaavien kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien käsittelyyn.

Aerobinen kosteikko voi edellyttää huoltoa ja ylläpitoa. Lisäksi aerobiset kosteikot edellyttävät laajoja alueita ja kosteikoille kertyneiden metallipitoisten sakkujen poistamista ja käsittelyä. Ne eivät siten sovellu pysyväksi menetelmäksi. Aerobisten kosteikkojen

puhdistusteho on parhaimmillaan alhaisille vesimäärille ja puhdistusprosessi on hitaampi verrattuna muihin vesienkäsittelymenetelmiin.

Luonnon kosteikot ja pintavalutuskentät soveltuvat vain turvetuotannon vesien käsittelyyn. Niitä ei hyväksytty BREF-vertailuasiakirjan laadintamenettelyssä BAT-tekniikaksi kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien käsittelyyn.

BAT 46d -päätelmän anaerobiset kosteikot -tekniikka soveltuu happamuuden, liuenneiden metallien ja metalloidien sekä sulfaattien vähentämiseen kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä. Tekniikka soveltuu erityisesti happaman kaivosvaluman käsittelyyn. Tekniikan käytettävyyttä voivat rajoittaa:

- veden korkea asiditeetti (pH:n tulisi olla $>2,5$)
- veden korkeat suolapitoisuudet, jotka voivat estää mikrobien hapetusreaktiot
- veden korkea liuenneen hapen määrä (liuenneen hapen määrän tulisi olla 2–5 mg/l)
- suuri virtaama
- matalien painanteiden saatavuus kohteessa
- ajan myötä heikkenevä toimintateho
- korkea lämpötila ja virtaamat vaihtelut
- toimintaa haittaavat paikalliset ilmasto-olot
- herkkyys suurille poikkeamille läpikulkevan aineen määrissä ja kuormituksessa.

Vastaavasti kuin aerobiset kosteikot, niin myöskään anaerobiset kosteikot eivät yllä mainituista rajoitteista johtuen sovellu yksinään käytettäviksi. Toiminnan aikana ne soveltuvat yhdessä muiden vesienkäsittelytekniikoiden kanssa viimeistelytekniikaksi. Sulkemisen ja jälkihoidon yhteydessä anaerobisia kosteikkoja voidaan käyttää alhaisen virtaaman omaaville, vähän haitta-aineita sisältäviin ts. pienen kuormituksen omaavien kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien käsittelyyn. Anaerobinen kosteikko voi edellyttää huoltoa ja ylläpitoa, mm. kosteikoille kertyneiden metallipitoisten sakkujen poistamista ja käsittelyä. Lisäksi anaerobiset kosteikot edellyttävät laajoja alueita ja voivat aiheuttaa hajuhaittoja. Niiden puhdistusteho on parhaimmillaan alhaisille vesimäärille ja puhdistusprosessi on hitaampi verrattuna muihin vesienkäsittelymenetelmiin.

BAT 46e -päätelmässä kuvatut hapettomat biokemialliset reaktorit soveltuvat vähentämään kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä asiditeettia, liuenneita metalleja ja metalloideja sekä sulfaatteja. Tekniikka soveltuu erityisesti happaman kaivosvaluman käsittelyyn. Tekniikka on käyttökelpoinen kohteissa, joissa on vähän tilaa tarjolla ja hyvin tiukat päästörajat. Verrattuna muihin sulfaattia pelkistäviin vesienkäsittelymenetelmiin (esim. reaktiiviset seinämät, bioreaktorit) tekniikka edellyttää erikoisvälineistöä sekä toiminnan

ylläpitämistä (mm. kasvualustan tukkeutumisen ehkäisemiseksi) ja seurantaa. Biokemialliset reaktorit eivät sovellut vesille, joissa on korkeita suolapitoisuuksia, jotka voivat estää mikrobihapettumisen toteutumisen. Tekniikka voi aiheuttaa orgaanisten aineiden ja ravinteiden vapautumista bioreaktorista ja aiheuttaa hajuhaittoja.

BAT 46f -päätelmässä kuvattu hydroksidi- ja karbonaattisaostus soveltuu vähentämään liuenneita metalleja kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä, erityisesti vesistä, joissa on liuenneita metalleja. Tekniikka soveltuu sekä happamille että neutraaleille vesille. Hydroksidi- ja karbonaattisaostus on käyttökelpoinen ainoastaan yhdistettynä johonkin muuhun tekniikkaan, kuten kiintoaine-/nestefaasin erottamiseen (BAT 27 ja BAT 45) tai pH:n lopulliseen säätöön (BAT 47a). Hydroksidi- ja karbonaattisaostus eivät sovellu kromin, seleenin tai uraanin poistamiseen vesistä. Tekniikan käytettävyyttä voivat rajoittaa kelaattien (esim. ammonium) tai metalleja kompleksoivien aineiden/yhdisteiden (esim. syanidit) esiintyminen vesissä.

BAT 46g -päätelmän sulfidisaostus soveltuu vähentämään kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä liuenneita metalleja ja metalloideja, erityisesti sellaisista vesistä, jotka sisältävät liuenneita metalleja. Tekniikka on käyttökelpoinen ainoastaan yhdistettynä johonkin muuhun tekniikkaan, kuten kiintoaine-/nestefaasin erottamiseen (BAT 27 ja BAT 45). Tekniikka soveltuu myös arvometallien talteenottamiseen kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä. Sulfidisaostuksessa muodostuu metallisulfidisakkoja, jotka edellyttävät käsittelyä pelkistävässä oloissa. Prosessissa vapautuu rikkivetyä (H₂S), joka voi aiheuttaa hajuhaittoja.

BAT 46h -päätelmässä kuvattu kersaostus kloridilla tai sulfaattimetallisuoloilla soveltuu liuenneiden hivenmetallien (esim. As, P, Se tai Ra-226) vähentämiseen kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä. Tekniikka soveltuu erityisesti Ra-226:n poistamiseen vesistä bariumkloridilla. Tekniikka on käyttökelpoinen ainoastaan yhdistettynä johonkin muuhun tekniikkaan, kuten kiintoaine-/nestefaasin erottamiseen (BAT 27 ja BAT 45). Käytettävyyttä voivat rajoittaa suuret vaihtelut kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien laadussa.

BAT 46i -päätelmässä esitetty adsorptio soveltuu liuenneiden metallien, orgaanisen hiilen, hiilivetyjen, öljyjen ja rasvojen vähentämiseen kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisista vesistä. Tekniikan käyttöä rajoittavat korkeat suolapitoisuudet, jotka estävät täysimittaisen adsorption. Tekniikka voi lisäksi edellyttää pH:n säätöä, jotta saavutetaan adsorptiossa käytettävälle väliaineelle ja kohteena oleville haitta-aineille sopiva pH, jota voidaan joutua säätämään myös adsorption jälkeen. Mikäli käytettävää väliainetta ei regeneroida, tulee suunnitella muodostuvan kiinteän jätteen käsittely.

BAT 46j -päätelmässä kuvattu ioninvaihto soveltuu Ca, Mn, Ba, Sr, Ra, B, nitraattien, fluoridien, arsenaattien, kromaattien, uraanikompleksien ja/tai ympäristölle haitallisten metallien

vähentämiseen kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä. Tekniikkaa ei voida käyttää, jos veden pH on alhainen (< 4). Ioninvaihto on käyttökelpoinen ainoastaan yhdistettynä esikäsittelymenetelmään, esim. mikro- tai ultrasuodatuksen, jolla poistetaan ioninvaihtoyksikköön menevästä vedestä ensin suspensiossa oleva kiintoainne ja partikkelit. Ilman esikäsittelyä ioninvaihdossa käytettävä väliaine voi tukkeutua. Ioninvaihtotekniikka edellyttää ylläpitoa, sillä kun väliaineen kationinvaihtokapasiteetti täyttyy, väliaine tulee vaihtaa tai regeneroida. Raudan, alumiinin, mangaanin sekä suolojen korkeat pitoisuudet voivat haitata ioninvaihdon toimivuutta. Lisäksi ioninvaihdossa on sitä haastavampaa saavuttaa hyvä puhdistusteho, mitä monimutkaisempi on puhdistettavien vesien laatu.

BAT 46k -päätelmässä kuvattu nanosuodatus soveltuu monivalenssisten ionien vähentämiseen kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä. Nanosuodatus ei sovellu yksivalenssisille ioneille eikä kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille, joissa on korkea kiintoainepitoisuus. Tekniikkaa käytetään yleensä yhdistettynä pH:n ja lämpötilan säädön kanssa, ja yleensä sitä edeltää suspensiossa olevan kiintoaineksen poistaminen (BAT 45), sillä tekniikka ei sovellu korkeita kiintoainepitoisuuksia (> 100 mg/l) sisältäville vesille. Tekniikan käytettävyyttä voivat rajoittaa suodatuksen seurauksena muodostuneen suolaisen veden käsittelyvaatimukset ja korkeat käsiteltävän veden suolapitoisuudet, jotka voivat estää täysimittaisen nanosuodatuksen. Nanosuodatusta voidaan käyttää yhdessä käänteisosmoosin kanssa. Tekniikka kuluttaa energiaa ja sen toiminta sekä ylläpito (esim. kalvojen puhdistus) on kallista. Lisäksi muodostuvan rejektin käsittely voi olla vaikeaa.

BAT 46l -päätelmän käänteisosmoositekniikka soveltuu liuenneiden metallien, suolojen ja makromolekyylien vähentämiseen kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisista vesistä. Tekniikkaa ei voida käyttää korkeissa lämpötiloissa (> 45 °C). Käänteisosmoosi soveltuu erityisesti suolaisten vesien käsittelyyn. Tekniikan käytettävyyttä voivat rajoittaa a) vaatimukset vesien esikäsittelylle ja kemiallisten lisäaineiden käytölle, jotta voidaan vähentää kalvojen tukkeutumista; b) vaatimukset käänteisosmoosissa muodostuneen suolaisen veden käsittelylle ja c) edellytys lämpötilan säätämiseksi, jotta voidaan vähentää viskositeettivaikutusta. Tekniikassa käytettävien polymeerikalvojen kestävyttä voivat heikentää hapettavat kemikaalit, kuten peroksidit, kloori ja kromihappo. Kalvojen kunto voi edellyttää jatkuvaa seurantaa. Lisäksi tekniikassa muodostuu rejektia, jonka käsittely voi olla vaikeaa.

Esimerkkikohteita Suomessa

Aerobisia kosteikkoja käytetään vesien puhdistuksessa suljetuilla kaivoskohteilla rikastushiekka-alueilta purkautuvien vesien puhdistamiseen esim. Vihannissa, Enonkoskella ja Luikonlahdella.

Hydroksidi-/karbonaattisaostusta käytetään Boliden Kevitsa Mining Oy:n kaivoksella, Terrafame Oy:n Sotkamon kaivoksella sekä Pyhäsalmi Mine Oy:n Pyhäsalmen kaivoksella

metallien poistamiseen. Kevitsan kaivoksella käytetään kalsiumhydroksidia saostamaan metallit (mm. Ni) säiliössä. Saostamisen jälkeen vedestä laskeutetaan muodostuneet saostumat selkeytysaltaassa. Terrafamen kaivoksella lisätään kalkkimaitoa ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) puhdistettavaan veteen keskusvedenpuhdistamon reaktoreissa metallien (mm. Ni, Zn, Al, Fe, Mn, Mg) saostamiseksi hydroksideina. Vesi selkeytetään laskeuttamalla kipsisakka-altailla. Pyhäsalmen kaivoksella kalkkia lisätään rikastushiekka-altaalle pumpattavaan rikastushiekkalietteeseen, jolloin metallit saostuvat rikastushiekka-altaalla. Agnico Eagle Finland Oy:n Kittilän kaivoksella metallien (Fe, As) saostus tehdään hydraattisaostuksena säiliöissä.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.2.2.3 ja 5.4.2.2.3. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

MEND 2014. Study to Identify BATEA for the Management and Control of Effluent Quality from Mines. MEND report 3.50.1. 527 s. <http://mend-nedem.org/wp-content/uploads/MEND3.50.1BATEAppAD.pdf>

US EPA 2000a. Wastewater technology fact sheet. Free water surface wetlands. Washington, D.C., United States Environmental Protection Agency, Office of Water.

US EPA 2000b. Wastewater technology fact sheet. Wetlands: subsurface flow. Washington, D.C., United States Environmental Protection Agency, Office of Water.

9.5 BAT-päätelmä 47 – Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien neutralointi ennen purkua

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa pintavesien tilan heikkenemisen ehkäisemiksi tai vähentämiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 47a. Aktiivinen käsittely
- BAT 47b. Hapelliset kalkkikiviojat (OLD) ja avoimet kalkkikiviuomat (OLC)
- BAT 47c. Hapettomat kalkkikiviojat (ALD)
- BAT 47d. Perättäiset alkalisuutta lisäävät järjestelmät (SAPS)
- BAT 47e. Anaerobiset kosteikot (BAT 46d).

BAT 47 – yleiskuvaus

BAT 47 -päätelmässä esitetyt tekniikat auttavat säätämään jätealueen ja sen suotovesien pH-arvoa toivottuun suuntaan. Tavoitteena on ehkäistä ja vähentää happamista tai emäksistä vesipäästöistä aiheutuvaa pintavesien pilaantumista. Tekniikan valinnan taustalla on lainsäädölliset tai ympäristölliset vaatimukset.

BAT 47a Aktiivinen käsittely

Kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien aktiivinen käsittely perustuu happaman tai emäksisten reagenssin sekoittamiseen jätteeseen joko altaassa tai säiliössä. Neutralointiprosessi perustuu happo-emäsreaktioiden periaatteisiin. Tarkoituksena on nostaa tai laskea pH-arvoa haluttuun suuntaan. pH-arvon halutaan usein olevan välillä 6–7 tai 9–10. Saostumisprosessin avulla voidaan myös poistaa veteen liuenneita metalleja.

Aktiivinen käsittely vaatii neutralointialtaan tai -säiliön, neutraloivan reagenssin ja sen syöttöjärjestelmän sekä sekoitusjärjestelmän. Neutralointi kuluttaa jatkuvasti reagensseja (hapan/emäs). Kulutus on kohdekohtaista, riippuen käsiteltävien vesien laadusta ja kemiasta. Taulukkoon 5 on koottu yleisimpiä neutraloinnissa käytettäviä alkaleja ja niiden teoreettinen neutralointikyky (Gusek & Figueroa 2009, INAP 2014):

Taulukko 5. Yleiset neutralointiin käytettävät alkalit ja niiden teoreettinen neutralointikyky (Gusek & Figueroa 2009, INAP 2014)

Emäksinen reagenssi	Teoreettinen materiaalityö neutraloimaan 1 t happamuutta (ilmaistuna t CaCO ₃)
Kalsiumkarbonaatti (CaCO ₃), kalsiitti	1,00
Magnesiumkarbonaatti (MgCO ₃), magnesiitti	1,19
Dolomiitti (CaMg(CO ₃) ₂)	1,08
Natriumkarbonaatti (Na ₂ CO ₃), sooda	1,06
Natriumhydroksidi (NaOH), lipeä	0,80
Kalsiumhydroksidi (Ca(OH) ₂), sammutettu kalkki	0,74
Kalsiumoksidi (CaO), poltettu kalkki	0,56
Magnesiumoksidi (MgO), magnesia	0,40

BAT 47b Hapelliset kalkkikiviojat (OLD) ja avoimet kalkkikiviuomat (OLC)

Kalkkikiviojat ja -uomat (OLD/OLC ja ALD) ovat yksinkertaisesti rakennettuja passiivisia käsittelymenetelmiä, joiden soveltamisen tavoitteita ovat alkalisuuden lisääminen, pH-arvon nostaminen ja liuenneiden metallien saostumisen edistäminen hapellisissa olosuhteissa. Maaperä- ja pohjavesikontaminaation välttämiseksi kalkkikivestä koostuvan ojan pohja ja sivut rakennetaan tiiviiksi joko synteettisellä kalvolla tai luonnonmaalla. Kalkkikiviojasta ulosvirtaava vesi ohjataan selkeytsaltaaseen ennen juoksutusta ympäristöön tai ennen veden uudelleen hyödyntämistä tai kierrätystä. Prosessissa Ca- ja Mg-karbonaatit liukenevat, pH nousee ja metallit, jotka ovat vähemmän liukoisena pH-välillä 6,0–8,0 alkavat saostua hydroksideiksi. Reaktio koskee useimmiten ferrirautaa (Fe³⁺) ja alumiinia (Al³⁺).

Kalkkikiviojiin perustuvat tekniikat (OLD/OLC ja ALD) ovat riippuvaisia kalkkikiven ja veden välisestä kontaktista ja viipymäajasta. Oleellisinta on vedenvirtauksen nopeus, johon

voidaan vaikuttaa uoman mittasuhteiden ja rinteen kaltevuuden suunnittelulla, lisäksi tekniikan soveltaminen vaatii tilaa verrattuna aktiiviseen neutralointitekniikkaan. Kalkkikiven kalsiumkarbonaattipitoisuus on yleensä yli 90 %, jolloin sen liukoisuus on suuri ja veden alkaliniteettipitoisuus kohoaa nopeasti. Veden viipymäaika suunnitellaan kalkkikivi-uomassa useaksi tunniksi menetelmän tehokkuuden parantamiseksi (Taylor et al. 2005, Ziemkiewicz et al. 2003). Tarvittavan kalkkikiven määrä on riippuvainen kaivannaisalueen vesien ominaisuuksista.

BAT 47c Hapettomat kalkkikiviojat (ALD)

Tekniikan tavoitteena on alkalisuuden lisääminen, pH-arvon nostaminen ja liuenneiden metallien saostumisen edistäminen hapettomissa olosuhteissa. ALD-tekniikka perustuu OLD/OLC-tekniikasta poiketen uoman koteloimiseen myös pintaosasta saven tai muun tiiviin peittorakenteen avulla hapettomien olosuhteiden aikaansaamiseksi. Rakenteen eroosiokestävyyttä parannetaan kasvillisuuden ja/tai muun päällyskerroksen avulla. Peitto ehkäisee myös veden imeytymistä ja prosessissa muodostuvia hiilidioksidipäästöjä. Hapettomat olosuhteet ja kalkkikiven pH:n nostaminen välille 6–8 ehkäisee metalli-ionien hapettumista, kuten ferroraudan saostumista ferriraudaksi. Kalkkikiviojan läpi virrannut vesi ohjataan hapelliseen altaaseen, jossa liuenneet metallit pääsevät veden virtauksen hidastuessa saostumaan hapellisissa olosuhteissa. Tekniikan toiminnan elinkaaren arvioidaan olevan tyypillisesti 25–30 vuotta.

BAT 47d Perättäiset alkalisuutta lisäävät järjestelmät (SAPS)

Tekniikka perustuu yhdistelmään, jossa veden virtaus ohjataan orgaanisen aineksen läpi, jolloin se muuttuu bakteerien avulla hapettomaksi. Samanaikaisesti orgaanisen kerroksen sulfaattia pelkistävät bakteerit nostavat veden alkalisuutta sekä poistavat liuenneita metalleja kuten alumiinia (hydroksidisaostuminen). Rauta ei kuitenkaan saostu; ferrorautaa esiintyy suurina määrinä ja bakteeritoiminta pelkistää ferriraudan. Painegradientin avulla vesi ohjataan edelleen alkaliniteettia nostavan kalkkikivikerroksen läpi. Suunnitteluarvo veden viipymälle kalkkikivikerroksessa tulisi olla ainakin 15 tuntia (US EPA 2014). Lopulta vesi ohjataan putkien avulla hapelliseen selkeytysaltaaseen, jossa rauta saostuu ja partikkelit painuvat altaan pohjalle. Orgaanisen kerroksen materiaali vaihdetaan tukkeutumisen välttämiseksi 2–3 vuoden välein. Vedenläpäisykykyyn vaikuttavat myös virtausnopeus, rakenteen huokoisuus ja metallipitoisuus (Demchak et al. 2001).

BAT 47e Anaerobiset kosteikot (ks. BAT 46d)

Tekniikan puhdistusprosessit perustuvat pääasiassa kemiallisiin ja mikrobisiin pelkistysreaktioihin, jotka muodostavat kasvualustaan hapettomat olosuhteet ja lisäävät veden alkalisuutta.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Kaikki BAT-päätelmässä kuvatut tekniikat huomioidaan kohteessa jo sen suunnitteluvaiheessa ja toteutetaan toiminnan aikana sekä sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa.

BAT 47a Aktiivinen käsittely

Tekniikka soveltuu happamille ja emäksisille kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisille vesille.

Tekniikan tavoitteena on säätää vesien pH:ta: happamuutta ja alkalisuutta.

Suunnitteluvaihe

Sisällytetään suunnitteluvaiheeseen aktiivinen käsittely. Tekniikassa neutraloivaa reagenssia lisätään altaaseen tai säiliöön. Neutraloidessa emäksisiä vesiä reagenssi voi olla esim. rikkihappoa tai hiilidioksidikaasua. Happamien vesien neutraloinnissa käytetään puolestaan mm. natrium- tai magnesiumhydroksidia, kalkkia tai ammoniakkia. Altaan tai säiliön ja soveltuvan reagenssin lisäksi tarvitaan reagenssin syöttömenetelmä ja sekoituslaitteisto.

Toimintavaihe

Tuotantovaiheessa toteutetaan aktiivista käsittelyä sekä sovelletaan samanaikaisesti hallintajärjestelmiä (BAT 1 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 47b Hapelliset kalkkikiviojat (OLD) ja avoimet kalkkiviuomat (OLC)

Tekniikka soveltuu happamille kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Tekniikalla poistetaan happamuutta ja metalleja, kuten Mn, Al, Fe, Cu, Pb, Zn ja Se.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa selvitetään kalkkikiviojien ja -uomien tarve. Hapelliset kalkkiviojat ja avoimet kalkkiviuomat ovat päältä avoimia kaivantoja, joiden vettä läpäisemätön pohja ja sivut ovat vuorattu kalkkikivellä. Käsiteltävät vedet juoksutetaan rakennelman kalkkimurskeen läpi, jolloin kalkkikivestä liukenee veteen karbonaattia lisäten veden alkalisuutta. Veden pH-arvon nousu hapellisissa olosuhteissa edistää veteen liuenneiden metallien saostumista.

Toimintavaihe

Tuotantovaiheessa toteutetaan OLD/OLC-tekniikka sekä sovelletaan hallintajärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 47c Hapettomat kalkkikiviojat (ALD)

Tekniikka soveltuu happamille kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisille vesille.

Tekniikan tavoitteena on vähentää vesien happamuutta.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa arvioidaan ALD-tekniikan tarpeellisuus sekä suunnitellaan käyttökohteet ja toteuttaminen. Hapettomat kalkkikiviojat ovat päältä peitetyjä kaivantoja, joiden vettä läpäisemätön pohja ja sivut on vuorattu kalkkikivellä. Käsiteltävät vedet juoksetetaan rakennelman läpi, jolloin kalkkikivestä liukenee veteen karbonaattia lisäten veden alkalisuutta. Veden pH-arvon nousulla edistetään hapettomissa olosuhteissa tiettyjen veteen liuenneiden metallien saostumista.

Toimintavaihe

Tuotantovaiheessa toteutetaan ALD-tekniikkaa sekä sovelletaan hallintajärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 47d Perättäiset alkalisuutta lisäävät järjestelmät (SAPS)

Tekniikka soveltuu happamille kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisille vesille.

Tekniikan tavoitteena on vähentää vesien happamuutta ja poistaa kohonneita metallipitoisuuksia, kuten Al-, Cu-, Fe-, Mn- ja Zn-pitoisuuksia.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa arvioidaan SAPS-tekniikan tarve sekä suunnitellaan käyttökohteet ja toteutus. SAPS-tekniikka on hapettoman kalkkikiviojan ja läpäisevän orgaanisen kasvualustan yhdistelmä, jossa muodostuu anaerobiset olosuhteet ennen kuin vesi pääsee kosketuksiin kalkkikiven kanssa. Menetelmä koostuu vesitiiviistä kalkkikivellä ja orgaanisella aineksella, esimerkiksi kompostilla tai turpeella täytetystä altaasta tai solusta, joka on useamman metrin syvyydessä vedenpinnan alapuolella.

Toimintavaihe

Tuotantovaiheessa toteutetaan SAPS-tekniikka soveltaen samalla hallintajärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 47e Anaerobiset kosteikot

Tekniikka soveltuu sekä happamille että emäksisille kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisille vesille.

Anaerobisten kosteikkojen soveltaminen ja esimerkkikohteet on kuvattu BAT 46d -päätelmässä.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Tekniikoiden sovellettavuus perustuu asianmukaiseen ympäristöriskin ja -vaikutusten arviointiin (BAT 5). Kuvattujen tekniikoiden käytössä tulee myös huomioida menetelmäkohtaiset edut ja rajoitteet.

BAT 47a -päätelmän tekniikka "aktiivinen käsittely" soveltuu happamille ja emäksisille kaivannaisalueen vesille, jotka ovat liian happamia tai emäksisiä. Neutralointi- ja selkeytysjärjestelmän suunnittelussa tulee huomioida veden määrän kausittaiset vaihtelut poikkeuksellisissakin tilanteissa, jotta järjestelmän käsittelykapasiteetti on riittävä.

BAT 47b -päätelmän tekniikka "hapelliset kalkkikiviojat (OLD) ja avoimet kalkkikiviuomat (OLC)" soveltuu happamille kaivannaisalueen vesille, joissa on happamuuden lisäksi kohonneet Mn-, Al-, Fe-, Cu-, Pb-, Zn- tai Se-pitoisuudet. Menetelmä ei ole soveltuva vesille, joissa on korkea metallipitoisuus kuten Fe- tai Al-pitoisuus, suuri virtausnopeus tai jotka ovat hyvin happamia. Tästä johtuen tekniikka soveltuu erityisesti pitoisuuksiltaan alhaisten vesien käsittelyyn viimeistelytekniikaksi tuotantovaiheessa tai sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa.

Menetelmän soveltamista voi rajoittaa myös soveltuvan maa-alueen riittävyys sekä alueen topografia. Tekniikan suunnittelussa ja toimeenpanossa on huomioitava kausittaiset vaihtelut, kuten rankat myrskysateet, joiden hallintaan tarvitaan puskurointikykyä varastointikapasiteetin riittämiseksi. Tekniikka ei sovellu käytettäväksi yksinään ja voi vaatia ylläpitoa.

BAT 47c -päätelmän tekniikka "*hapettomat kalkkikiviojat (ALD)*" soveltuu happamille kaivannaisalueen vesille, joissa ongelma on nimenomaan happamuus. Tekniikka ei sovellu sellaisten kaivannaisvesien käsittelyyn, joilla on korkea happipitoisuus (DO), alhainen pH tai runsaasti kationimuodossa olevaa alumiinia (Al^{3+}) tai rautaa (Fe^{3+}). Tästä johtuen se soveltuu erityisesti pitoisuuksiltaan alhaisten vesien käsittelyn viimeistelytekniikaksi tuotantovaiheessa tai sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa. Tekniikka ei sovellu käytettäväksi yksinään ja voi vaatia ylläpitoa.

BAT 47d -päätelmän tekniikka "*perättäiset alkalisuutta lisäävät järjestelmät (SAPS)*" soveltuu happamille kaivannaisalueen vesille, joiden ongelmana on happamuus ja/tai kohonneet Al-, Cu-, Fe-, Mn- ja Zn-pitoisuudet. Se ei kuitenkaan sovellu kaivannaisvesien käsittelyyn, joiden ominaisuutena on korkea happipitoisuus (DO), virtaama tai happamuus ja/tai alhainen pH. Tästä johtuen se soveltuu erityisesti pitoisuuksiltaan alhaisten vesien käsittelyn viimeistelytekniikaksi tuotantovaiheessa tai sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa. Käsittelyn jälkeen vaaditaan liuenneiden metallien saostamiseksi lisäksi aerobinen eli hapellinen allas. Tekniikka ei sovellu käytettäväksi yksinään ja voi vaatia ylläpitoa.

Esimerkkikohteita Suomessa

Kalkkikiviojia ja -uomia on käytetty Suomessa Kotalahden kaivoksen kunnostuksessa, Luikonlahden rikastushiekka-alueen vesien kunnostamiseen sekä Kylylahden kaivoksella.

Lähteet ja lisätietoa

- MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.2.2.4.1, 4.3.2.2.4.2.1, 4.3.2.2.4.2.2, 4.3.2.2.4.2.3 ja 4.3.2.2.4.2.4. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.
- Demchak, J., Morrow, T. & Skousen, J. 2001. Treatment of acid mine drainage by four vertical flow wetlands in Pennsylvania. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* 2.
- Gusek, J. & Figueroa, L. 2009. SME Management Technologies for Metal Mining Influenced Water. SME Mitigation of Metal Mining Influenced Water. J. Gusek and L. Figueroa, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. 2.
- INAP 2014. Chapter 7 - Drainage Treatment. GARD Global Acid Rock Drainage Guide, INAP International Network for Acid Prevention. 125 s.
- Taylor, J., Pape, S. & Murphy, N. 2005. A Summary of passive and active treatment technologies for acid and metalliferous drainage (AMD). Fifth Australian Workshop on acid drainage. Fremantle, Western Australia, Australian Centre for Minerals Extension and Research (ACMER).
- US EPA 2014. Reference Guide To Treatment Technologies For Mining-Influenced Water, United States Environmental Protection Agency, Office of Superfund Remediation and Technology Innovation.
- Ziemkiewicz, P. F., Skousen, J. G. & Simmons, J. 2003. Long-term Performance of Passive Acid Mine Drainage Treatment Systems. *Mine Water and the Environment* 22, 118-12.

9.6 BAT-päätelmä 48 – Pintavesiin kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa on seurata ja tarkkailla pintavesiin kohdistuvia päästöjä seuraavasti:

- BAT 48. Pintavesipäästöjen tarkkailu

BAT 48 – yleiskuvaus

BAT 48 -päätelmä keskittyy pintavesipäästöjen tarkkailuun, joka sisältää kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien puhdistustehokkuuden tarkkailun ja veden laadun tarkkailun kaivannaisjätteen jätealueen ympäristössä. Pintavesipäästöjen tarkkailu on avuksi arvioitaessa vesienpuhdistuksen tehokkuuden riittävyttä suhteessa ympäristölupaan ja asetettuihin tavoitteisiin. Sen avulla kerätään riittävästi tietoa pintavesipäästöistä ja niiden ympäristövaikutuksista. Lisäksi sen avulla voidaan tunnistaa mahdollisia prosessihäiriöitä, kuten vuotoja vesien keräilyjärjestelmistä tai kaivannaisjätteen jätealueelta.

Pintavesipäästöjen tarkkailussa tulee kiinnittää erityistä huomiota soveltuvimpien mittausparametrien valintaan ja mittaustiheyden määrittämiseen. Oleellista on myös olosuhteissa tapahtuvien muutosten huomioiminen ja soveltaminen tarkkailutoimenpiteisiin.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Tekniikka soveltuu ei-pysyväälle kaivannaisjätteelle. Pysyväälle kaivannaisjätteelle vain kiintoaineen seuranta ja tarkkailu on olennaista.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa laaditaan pintavesipäästöjen tarkkailusuunnitelma. Tarkkailtavat parametrit ja tarkkailuväli on valittava asianmukaisesti kohdekohtaisten olosuhteiden mukaan huomioiden erityisesti geologiset ja hydrogeologiset piirteet sekä kausiluontaiset vaihtelut. Erityisesti huomiota on syytä kiinnittää mahdolliseen riskiin pintaveden tilan heikkenemisestä, joka on tunnistettu ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnissa sekä huomioitu kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmassa. Arviossa otetaan huomioon myös olemassa olevat tarkkailutoiminnot sekä yhdenmukaisuus sovellettavien (lain)säädösten kanssa. Tässä voidaan käyttää apuna parametrien ja mittaustiheyden valintaan MWEI BREF -vertailuasiakirjan taulukkoa 4.56 sekä standardin CEN/TR 16376 liitteitä B.3.8, 3.9 ja 3.10 (CEN 2012).

Koko toiminnan yhteinen tarkkailusuunnitelma tulee kyseeseen, mikäli kaivannaisjätteiden hallintaan liittyviä pintavesipäästöjä halutaan tarkastella yhdessä kaivosalueen muista

toiminnoista muodostuvien vaikutusten kanssa. Tarkkailu ja seuranta tulee suunnitella EN-standardien mukaan. Mikäli soveltuvaa EN-standardia ei ole, BAT-tekniikkaa on käyttää ISO-, kansallista tai muuta kansainvälistä standardia, joka on kehitetty vastaavan yhteisymmärrys-, avoimuus-, läpinäkyvyys- ja kansallisen sitoutumisperiaatteen sekä EN-standardien teknisen yhtenäisyyden mukaan.

Toimintavaihe

Tuotantovaiheessa tarkkaillaan päästöjä pintavesiin laaditun tarkkailusuunnitelman mukaisesti samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12). Tarkkailusuunnitelmaa mukautetaan tarkkailusta saatavien tulosten perusteella. Tämä voi tarkoittaa parametrien lisäämistä tai poistoa ja/tai tarkkailutiheyden muuttamista.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 48 -päätelmä on yleisesti sovellettavissa ei-pysyville kaivannaisjätteille. Pysyville kaivannaisjätteille se soveltuu lähinnä kiintoainemäärän (TSS) tarkkailuun. Tekniikan sovellettavuus perustuu asianmukaisen ympäristöriskin ja -vaikutusten arvioinnin tuloksiin (BAT 5).

Lähteet ja lisätieto

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.2.2.6.1, 4.3.2.2.6.2, 4.2.2.3.1 ja 5.4.2.2.5. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

CEN 2012. CEN/TR 16376:en. Characterization of waste. Overall guidance document for characterization of waste from the extractive industries. CEN/TC 292-committee Characterization of waste. European committee for standardization.

10 Ilmapäästöjen ehkäiseminen ja vähentäminen

10.1 BAT-päätelmä 49 – Kaivannaisjätteiden paljailta pinnoilta peräisin olevan pölyämisen ehkäiseminen tai vähentäminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa ilmapäästöjen ehkäisemiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 49a. Veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskutus
- BAT 49b. Tuulensuojajärjestelmät
- BAT 49c. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d)
- BAT 49d. Vaiheittainen kunnostus (ks. BAT 38a)
- BAT 49e. Väliaikaiset peittoratkaisut (ks. BAT 38b)
- BAT 49f. Kasvillisuuspeitot (ks. BAT 38c)
- BAT 49g. Läpäisevät kuivapeitot (ks. BAT 38d)
- BAT 49h. Läpäisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot (ks. BAT 38e)
- BAT 49i. Vesipeitot (ks. BAT 38g)
- BAT 49j. Märkäpeitot (ks. BAT 38h).

BAT 49 – yleiskuvaus

BAT 49 -päätelmässä on kuvattu eri tekniikoita ilmapäästöjen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi kaivannaisjätteiden paljaiden pintojen pölyämisen hallinnan avulla. Parasta käyttökelpoista tekniikkaa on käyttää näitä menetelmiä tai niiden yhdistelmiä ilmapäästöjen ehkäisemiseksi tai vähentämiseksi.

Menetelmien soveltuvuus kohteeseen ilmapäästöjen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi tulee ottaa huomioon toiminnan suunnitteluvaiheessa ja hyödyntää soveltuvia menetelmiä tuotanto- ja sulkemisvaiheessa.

BAT 49a Veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskutus

Tekniikka perustuu veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskuttamiseen paljaille kaivannaisjätepinnoille, laitteistoihin sekä tieosuuksille. Vesipohjaiset liuokset sisältävät usein suoloja, kuten $MgCl_2$ ja $NaCl$, tai kalkkia. Ruiskutuksen tarkoituksena on lisätä kaivannaisjätteen kosteutta ja pitää se märkänä sekä vähentää kaivannaisjätteen pölypäästöjä ennen lastausta, käsittelyä ja kuljetusta sekä niiden aikana ja jälkeen. Ruiskutus tapahtuu usein automaattisten ja kauko-ohjattujen sprinklerien avulla, jotka voidaan esimerkiksi ohjelmoida vähentämään ruiskutusta yöllä, jolloin haihdunta on vähäisempää. MTWR BREF -vertailuasiakirjan (MWEI BREF 2018, s. 470) mukaan ruiskutukseen käytetään usein kaivannaisjätteen jätealueen suotovettä.

BAT 49b Tuulensuojajärjestelmät

Tekniikka perustuu tuulen nopeuden hillitsemiseen pintojen eroosion ja pölypäästöjen vähentämiseksi. Tuulensuojajärjestelmiä voivat olla erilaiset aidat sekä kasvillisuusaidanteet kaivannaisjätteen sijoitusalueen reunalla.

BAT 49c Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d)

Tekniikka perustuu alueen luonnollisen maiseman ja toiminnallisuuden palauttamiseen ottaen huomioon alueen ja ympäristön maantieteelliset erityisominaisuudet. Tarkoituksena on vähentää visuaalisia vaikutuksia, pinta- ja pohjavesiin kohdistuvia päästöjä sekä hallita meluhaittoja ja sääilmäiden aiheuttamaa eroosiota. Muiden sulkemistoimenpiteiden tehokkuus ja lyhyen tai pitkän aikavälin geotekninen vakavuus ei kuitenkaan saa heiketä. Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden rinteet ja kasat muotoillaan näyttämään luonnollisilta kummuilta, optimoiden samalla tarvittavan maarakennustyön laajuutta. Geomorfisessa kunnostuksessa louhinta ja jälkihoito on yhdistetty, ja tarkoituksena on hyödyntää louhinnassa muodostuvaa kaivannaisjätettä sijoittamalla sitä suoraan valmiiksi suunniteltuun muotoon.

BAT 49d Vaiheittainen kunnostus (ks. BAT 38a)

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen sijoitusalueen vaiheittaiseen kunnostukseen ja kunnostustoimenpiteiden aloittamiseen jo toiminnan aikana, niiltä osin kuin se on mahdollista.

BAT 49e Väliaikaiset peittoratkaisut (ks. BAT 38b)

Tekniikka perustuu rinteiden ja/tai kuivien kaivannaisjätepintojen väliaikaiseen peittämiseen orgaanisilla tai epäorgaanisilla aineksilla. Lisäksi kaivannaisjätteen pinnat voidaan kylästä kemikaaleilla tai bitumiseoksilla, jotka hylkivät vettä tai sitovat partikkeleita. Yhtenä vaihtoehtona on kiinteyttää rikastusjäte hyödyntämällä sen kemiallisia ominaisuuksia.

BAT 49 f Kasvillisuuspeitot (ks. BAT 38c)

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen sijoitusalueen pinnan peittämiseen kasvillisuuspeitolla. Peiton rakenne koostuu yhdestä tai useammasta maakerroksesta, jotka varmistavat kasvien juurten kasvuun lähdön sekä pidättävät riittävästi kosteutta kasvien kasvua varten. Maakerroksen päälle sijoitetaan kasvillisuuskerros, joka sisältää kasvukerroksen ja tarvittaessa myös maanparannusainetta sekä kasvien tarvitsemat mikro- ja makroravinteet.

BAT 49 g Läpäisevät kuivapeitot (ks. BAT 38d)

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen sijoitusalueen peittämiseen vettä läpäisevällä peittorakenteella, joka koostuu yhdestä tai useasta maakerroksesta tai vastaavasta materiaalista. Rakenteessa käytettävä maa-aines voi olla esim. moreenia, savea, karkeaa soraa tai kiviä. Maakerroksen tulee olla koostumukseltaan sellainen, ettei siitä aiheudu negatiivisia vaikutuksia ympäristöön tai ihmisten terveyteen. Peittorakenne koostuu tavallisesti kasvillisuuspeitosta (BAT 38 c) sekä maakerroksesta esim. karkeasta sorasta. Peittorakenteen paksuus vaihtelee tyypillisesti 0,3–1,5 m.

BAT 49h Läpäisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot (ks. BAT 38e)

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen sijoitusalueen peittorakenteeseen, joka koostuu useista toiminnallisista kerroksista. Rakenteen tavoitteena on estää hapen kulkeutuminen kaivannaisjätteeseen ja rajoittaa sadeveden pääsyä jätteeseen. Rakenne koostuu yleensä kahdesta tai useammasta kerroksesta, mutta ei sisällä geosynteettistä kerrosta. Peittorakenteen paksuus voi vaihdella 0,5–3,0 m ja sen tiiviskerroksen vedenläpäisevyys on yleensä $<10^{-9}$ m/s.

BAT 49i Vesipeitot (ks. BAT 38g)

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen sijoitusalueen peittämiseen vesikerroksella siten, että jätteen sisältämät haitta-aineet voidaan eristää. Lisäksi voidaan vähentää jätteen eroosiota ja pölyämistä sekä hapen kulkeutumista jätteeseen. Vesipeittoa käytetään kaivannaisjätteille, jotka on sijoitettu rakennettuihin altaisiin, joissa on yleensä vettä ja kiintoainesta pidättävät patorakenteet (BAT 15) sekä vettä läpäisemätön pohjarakenne (BAT 35). Vesipeittoa käytetään myös kohteissa, joissa kaivannaisjäte on sijoitettu takaisin louhostiloihin ja peitetty vedellä.

BAT 49j Märkäpeitot (ks. BAT 38h)

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen sijoitusalueen peittämiseen niin, että annetaan veden imeytyä kaivannaisjätteeseen ja jätteen pintaan muodostuu pysyvästi vedellä kyllästynyt vyöhyke tai märkäkerros. Jätteen pinnalle lisätään orgaanista ainesta

kosteikkokasvillisuuden muodostamiseksi jätealueen pintaosaan. Orgaanista ainesta käytettäessä tulee huolehtia, ettei käytöstä aiheudu negatiivisia vaikutuksia ympäristöön tai ihmisten terveyteen. Kosteikon muodostaminen kaivannaisjätteen sijoitusalueelle vastaa periaatteiltaan vesipeittoa, mutta veden syvyys on matalampi kuin vesipeitossa, sillä kasvillisuuspeitto estää kaivannaisjätteen liettymisen veteen esim. tuulen vaikutuksesta.

Soveltaminen toiminnan eri elinkaaren vaiheissa

BAT 49a Veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskutus

Tekniikka soveltuu paljaille kaivannaisjätepinnoille.

Suunnitteluvaihe

Veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskutus sisällytetään toiminnan suunnitteluun. Tekniikka perustuu veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskuttamiseen paljaille kaivannaisjätepinnoille, laitteistoihin (esim. hihnakuljettimet ja kuorma-autot sisältäen renkaat ja kulkureitit), sekä tieosuuksille. Vesipohjaiset liuokset sisältävät usein suoloja, kuten MgCl₂ ja NaCl, tai kalkkia.

Toimintavaihe

Toteutetaan veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskutus soveltaen samalla yleisiä johtamisjärjestelmiä (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 49b Tuulensuojajärjestelmät

Tekniikka soveltuu paljaille kaivannaisjätepinnoille.

Suunnitteluvaihe

Tuulensuojajärjestelmien rakentaminen sisällytetään toiminnan suunnitteluun. Tuulensuojajärjestelmiä voivat olla erilaiset aidat sekä kasveista koostuvat aidanteet kaivannaisjätteen sijoitusalueen reunalla.

Toimintavaihe

Tekniikkaa sovelletaan yhdessä yleisten johtamisjärjestelmien kanssa (BAT 1, BAT 11 ja BAT 12).

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvatun tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 49c – BAT 49j

BAT 49 -päätelmän menetelmien c–j soveltaminen ja esimerkkikohteet on kuvattu päätelmän sisältämiä tekniikoita kuvaavissa BAT-päätelmissä:

- BAT 49c. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d)
- BAT 49d. Vaiheittainen kunnostus (ks. BAT 38a)
- BAT 49e. Väliaikaiset peittoratkaisut (ks. BAT 38b)
- BAT 49f. Kasvillisuuspeitot (ks. BAT 38c)
- BAT 49g. Lämpäisevät kuivapeitot (ks. BAT 38d)
- BAT 49h. Lämpäisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot (ks. BAT 38e)
- BAT 49i. Vesipeitot (ks. BAT 38g)
- BAT 49j. Märkäpeitot (ks. BAT 38h).

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 49 -päätelmässä kuvattujen tekniikoiden soveltuminen kyseiseen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5). Kuvattujen tekniikoiden käytössä tulee myös huomioida menetelmäkohtaiset edut ja rajoitteet.

BAT 49a -päätelmässä tulee huomioida, että pilaantunutta vettä ei voida käyttää. Tekniikan käytettävyyttä saattaa rajoittaa myös veden vähäinen saatavuus tai varastotila, sekä kylmä ilmasto.

BAT 49b -päätelmässä tulee huomioida, että tuulensuojajärjestelmien toimivuus korkeille kasoille (esim. > 100 m) saattaa olla heikko.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.3.1.2, 4.3.3.1.3, 4.3.3.1.4, 4.3.3.1.5, 4.3.3.1.6, 4.3.3.1.7, 4.3.3.1.8.1, 4.3.3.1.8.2 ja 5.4.3.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

BAT 49c: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.2.1.4 ja 5.4.2.1

BAT 49d: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.1 ja 5.4.1.3

BAT 49e: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.2 ja 5.4.1.3

BAT 49f: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.3 ja 5.4.1.3

BAT 49g: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.4.1.1 ja 5.4.1.3

BAT 49h: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.4.1.2 ja 5.4.1.3

BAT 49i: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.4.2.1 ja 5.4.1.3

BAT 49j: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.1.3.4.2.2 ja 5.4.1.3

10.2 BAT-päätelmä 50 – Kaivannaisjätteen kuljetuksessa ja käsittelyssä aiheutuvan pölyämisen ehkäiseminen ja pienentäminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen kuljetuksessa ja käsittelyssä aiheutuvan pölyämisen ehkäisemiseksi ja pienentämiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 50a. Jatkuvatoiniset järjestelmät (kaivannaisjätteen kuljetuksessa ja käsittelyssä)
- BAT 50b. Organisaation suunnittelutekniikat
- BAT 50c. Veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskutus (ks. BAT 49a).

BAT 50 – yleiskuvaus

Kaivannaisjätettä voidaan kuljettaa jatkuvatoimisilla kuljetinhihnoilla, katettuna ja koteloituna silloin, kun paikalliset olosuhteet sitä edellyttävät, sekä putkiliinjoilla tai ajoneuvokuljetuksilla. BAT 50 -päätelmän mukaisilla tekniikoilla ehkäistään ja vähennetään jätteen kuljetuksesta ja käsittelystä aiheutuvia ilmapäästöjä ja pölyämistä.

Kuljetinhihnoilta ja kaivannaisjätteen läjittämisestä jätekasoille aiheutuvia pölypäästöjä voidaan vähentää esimerkiksi seuraavilla menettelytavoilla:

- ensisijaiset menettelytavat:
 - kaivannaisjätteen kastelu
- toissijaiset menettelytavat:
 - organisatoriset toimenpiteet
 - lyhennetään kuljetusmatkoja
 - huolletaan mahdolliset pölyn päästölähteet
 - materiaalivirtojen ohjaaminen sijoitusalueille
 - tekniset toimenpiteet
 - tuulensuojien käyttö (esimerkiksi kuljetinhihnojen kotelointi)
 - kaivannaisjätteen purkukorkeus pidetään mahdollisemman pienenä
 - suuntaa vaihtavan/peruuttavan kuljetinhihnan käyttö
 - kiinteän rikastusjätteen kostuttaminen

- kolmannen asteen menettelytavat:
 - Kaivannaisjätettä ei läjitetä kovan tuulen aikana.

Pumpattavaksi soveltuvaa kaivannaisjätettä voidaan kuljettaa myös putkilinjoilla. Putkilinjojen käyttöä ja valintaperusteita kaivannaisjätteen kuljetuksessa ja käsittelyssä on kuvattu BAT-päätelmissä 4 ja 29a.

Ajoneuvoilla tapahtuvan kaivannaisjätteen siirtämisen kuljetusmatkojen pituus voidaan optimoida, jolloin kuljetusmatkat lyhenevät ja kuljetuksesta aiheutuvat pölypäästöt vähenevät. Kaivosalueelle voidaan asettaa myös kaivannaisjätteen ajoneuvokuljetuksille nopeusrajoitukset (esimerkiksi 30 km/h), joilla vähennetään jätteen siirrosta aiheutuvaa pölyämistä.

Veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskutuksen tarkoituksena on lisätä kaivannaisjätteen kosteutta ja pitää se märkänä sekä vähentää siitä aiheutuvia pölypäästöjä ennen lastausta, käsittelyä ja kuljetusta, sekä niiden aikana ja jälkeen.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

BAT 50a Jatkuvatoiniset järjestelmät

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätteen kuljetukseen ja jätteen käsittelyyn.

Suunnitteluvaihe

Kaivannaisjätteen kuljetus suunnitellaan niin, että se tapahtuu kuljetinhihnoilla, jotka ovat tarpeen mukaan katettuja ja koteloituja, tai putkilinjoilla.

Toimintavaihe

Toteutetaan jatkuvatoimiset kuljetusjärjestelmät samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta (BAT 1 ja BAT 12).

BAT 50b Organisaation suunnittelutekniikat

Tekniikka soveltuu kaivannaisjätteen kuljetukseen ja jätteen käsittelyyn.

Suunnitteluvaihe

Kaivannaisjätteen kuljetusmatkojen pituus optimoidaan ja kaivosalueelle asetetaan jätekuljetuksille nopeusrajoitukset, joilla vähennetään jätteen siirrosta aiheutuvaa pölyämistä (BAT 11).

Toimintavaihe

Toteutetaan suunnitteluvaiheessa suunnitellut toimenpiteet samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta (BAT 1 ja BAT 12).

BAT 50c Veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskutus (ks. BAT 49a).

Tekniikka soveltuu kuivan pysyvän kaivannaisjätteen kuljetukseen ja käsittelyyn.

BAT 50c -päätelmän soveltaminen ja esimerkkikohteet on kuvattu päätelmän sisältämiä tekniikoita kuvaavassa BAT-päätelmässä.

- BAT 50c. Veden tai vesipohjaisten liuosten ruiskutus (ks. BAT 49a)

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Tekniikoiden soveltuminen kohteeseen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5).

BAT 50a -päätelmässä kuvatut jatkuvatoimiset kuljetinhihnat eivät sovellu sellaisille kaivos-alueille, joissa on useita lastaus ja sijoitusalueita. Lisäksi kattamattomien kuljetushihnojen soveltuvuutta voivat rajoittaa kaivosalueen tuuliset olosuhteet.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.3.2.1, 4.3.3.2.2, 4.3.3.2.3 ja 5.4.3.2. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

10.3 BAT-päätelmä 52 – Ilmaan kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa ilmaan kohdistuvien päästöjen tarkkailuun ja seurantaan on:

- BAT 52. Ilmaan kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu.

BAT 52 – yleiskuvaus

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa ilmaan kohdistuvien päästöjen seurantaan ja tarkkailuun on laatia tarkkailusuunnitelma, jolla seurataan ilmapäästöjen laatua sekä päästöjen ehkäisemiseksi ja rajoittamiseksi tehtyjen toimenpiteiden tehokkuutta. Ilmaan kohdistuvalla seurannalla ja tarkkailulla ehkäistään ja vähennetään ilmapäästöjen määrää, torjutaan ja vähennetään haitallisia ympäristövaikutuksia, parannetaan kaivannaisjätteen käsittelyn hallintaa ja toimenpiteitä, lievennetään mahdollisten onnettomuuksien haittoja sekä parannetaan yleistä ympäristöturvallisuutta.

Soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa

Suunnitteluvaihe

Ilmaan kohdistuvien päästöjen tarkkailusuunnitelma laaditaan seuraavasti:

- Tunnistetaan mahdolliset piste- ja hajakuormituslähteet, johon voi kuulua hajapäästöjen mallinnus kattaen myös tahattomat päästöt, kuten vuodot. (esimerkiksi EN 15445:2008).
- Suunnitellaan ilmaan kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu sekä päästöjen ehkäisy- ja vähentämistoimenpiteiden tehokkuuden seuranta. Ilmaan kohdistuvien päästöjen tarkkailusuunnitelmaan voi kuulua ulkoilman laadun ja hajapäästöistä aiheutuvan pölylaskeuman seuranta ja tarkkailu meteorologisen tiedon avulla.

Tarkkailtavien parametrien määrä, laatu ja tarkkailutiheys tulee määrittää kohdekohtaisesti huomioiden kohteen ominaispiirteet sekä jätteen laatu, erityisesti huomioiden mahdollinen riski ilman saastumiselle. Kohteen ominaispiirteet tunnistetaan ympäristövaikutusten ja -riskien arvioinnissa ja huomioidaan kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmassa. Tarkkailun suunnittelussa tulee huomioida jo olemassa olevat tarkkailusuunnitelmat ja sen on oltava linjassa lakien ja muiden säännösten kanssa. MWEI BREF -vertailuasiakirjan taulukkoa 4.57 voidaan harkita hyödynnettäväksi. Kaivannaisjätteen jätealueen ilmapäästöjen tarkkailusuunnitelma voidaan liittää osaksi koko toiminnan tarkkailusuunnitelmaa.

Tarkkailu tulee suunnitella niin, että se vastaa EN-standardeja. Mikäli ne eivät ole saatavilla, tulee tarkkailun vastata ISO-standardia tai muuta kansallista tai kansainvälistä standardia, joka on laadittu vastaamaan EN-standardeja.

Toimintavaihe

Tarkkaillaan ulkoilmaan johdettavia päästöjä tarkkailusuunnitelman mukaisesti samalla soveltaen hallintajärjestelmien kokonaisuutta ja huomioiden sulkemis- ja jälkihoitoratkaisut (ks. BAT 1, BAT 11 ja BAT 12). Tarkkailusuunnitelmaa mukautetaan tarkkailusta saatavien tulosten perusteella, mikä voi tarkoittaa parametrien lisäämistä tai poistamista sekä tarkkailutiheyden muuttamista.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikan toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

Sovellattavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 52 -tekniikan soveltuminen osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5). BAT-päätelmän mukaista ilmapäästöjen seuranta ja tarkkailua voidaan toteuttaa kaikilla kaivannaisjätteen jätealueilla. Tarkkailtavien parametrien määrä ja tarkkailutiheys ovat riippuvaisia kaivannaisjätteen lajista, jätealueen koosta sekä paikallisista olosuhteista.

Esimerkki kohteita Suomesta

Ilmaan kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailua tehdään useilla kaivoksilla Suomessa, esimerkiksi Pyhäsalmi Mine Oy:n Pyhäsalmen kaivoksella.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.3.4.2 ja 5.4.3.4. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (79/2017), www.finlex.fi

Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä (113/2017), www.finlex.fi

Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta 19.6.1996/480, www.finlex.fi

11 Muiden ihmisen terveyteen ja ympäristöön kohdistuvien vaikutusten ehkäiseminen ja vähentäminen

11.1 BAT-päätelmä 53 – Kaivannaisjätteen käsittelystä aiheutuvan melun ehkäiseminen ja pienentäminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteen käsittelystä aiheutuvan melun ehkäisemiseksi ja pienentämiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 53a. Meluvallit
- BAT 53b. Jatkuvatöimiset järjestelmät (ks. BAT 50a)
- BAT 53c. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d).

BAT 53 – yleiskuvaus

BAT 53a Meluvallit

Tekniikka vähentää kaivannaisjätteen käsittelystä aiheutuvan melun ja tärinän määrää. Meluvallit voivat koostua melua estävistä seinämistä, maavalleista ja penkereistä, aidoista tai kasvillisuudesta, kuten puista, tai näiden yhdistelmistä. Meluvallit ehkäisevät myös pölypäästöjen muodostumista.

BAT 53b Jatkuvatöimiset järjestelmät (ks. BAT 50a)

Kaivannaisjätettä voidaan kuljettaa jatkuvatoimisilla kuljetinhihnoilla, katettuna ja kotoituna silloin, kun paikalliset olosuhteet sitä edellyttävät, sekä putkilinjoilla tai ajoneuvo-kuljetuksilla. BAT 50 -päätelmän mukaisilla tekniikoilla ehkäistään ja vähennetään jätteen kuljetuksesta ja käsittelystä aiheutuvia ilmapäästöjä ja pölyämistä.

BAT 53c Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d)

Tekniikka perustuu alueen luonnollisen maiseman ja toiminnallisuuden palauttamiseen, ottaen huomioon alueen ja ympäristön maantieteelliset erityisominaisuudet. Tarkoituksena on vähentää visuaalisia vaikutuksia, pinta- ja pohjavesiin kohdistuvia päästöjä sekä hallita meluhaittoja ja sääilmiöiden aiheuttamaa eroosiota.

Soveltaminen toiminnan linkaaren eri vaiheissa

BAT 53a Meluvallit

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluun sisällytetään meluvallien rakentaminen. Niitä ovat esimerkiksi melua estävät seinämät, maavallit, penkereet jne.

Toimintavaihe

Meluvallia käytetään samalla noudattaen organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmää (ks. BAT 1 ja BAT 12).

BAT 53b ja BAT 53c

BAT 53b - ja 53c -päätelmien soveltaminen ja esimerkkikohteet on kuvattu päätelmän sisältämiä tekniikoita kuvaavissa BAT-päätelmissä:

- BAT 53b. Jatkuvatoimiset järjestelmät (ks. BAT 50a)
- BAT 53c. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d).

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

Meluvallien suunnittelun ja rakentamisen soveltuminen kohteisiin osoitetaan ympäristö-riskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta (BAT 5). Meluvallien rakentaminen kuluttaa materiaaleja sekä polttoainetta.

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.3 ja 5.5.1.1. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

11.2 BAT-päätelmä 54 – Kaivannaisjätteen käsittelystä aiheutuvien hajupäästöjen ehkäiseminen ja pienentäminen

Parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa kaivannaisjätteen käsittelystä aiheutuvien hajupäästöjen ehkäisemiseksi ja pienentämiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 54a. Vaiheittainen kunnostus (ks. BAT 38a)
- BAT 54b. Väliaikaiset peitot (ks. BAT 38b)
- BAT 54c. Kasvillisuuspeitot (ks. BAT 38c)
- BAT 54d. Läpäisevät kuivapeitot (ks. BAT 38d)
- BAT 54e. Läpäisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot (ks. BAT 38e)
- BAT 54f. Vesipeitot (ks. BAT 38g)
- BAT 54g. Märkäpeitot (ks. BAT 38h).

BAT 54 – yleiskuvaus

BAT 54 -päätelmässä on kuvattu kaivannaisjätteen jätealueiden peittämiseen eri tekniikoita, joilla ehkäistään ja pienennetään kaivannaisjätteiden käsittelystä aiheutuvia hajupäästöjä. Parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa on käyttää näitä menetelmiä tai niiden yhdistelmiä.

BAT 54a Vaiheittainen kunnostus (ks. BAT 38a)

Tekniikka kuvaa kaivannaisjätealtaiden, padoilla rajattujen jätealueiden, kaivannaisjätekasojen sekä sellaisten louhosten, joihin on sijoitettu kaivannaisjätettä, vaiheittaisen kunnostamisen, joka aloitetaan jo toiminnan aikana niiltä osin kuin se on mahdollista

BAT 54b Väliaikaiset peitot (ks. BAT 38b)

Tekniikassa rinteet ja/tai kaivannaisjätteen sijoitusalueen kuivavara peitetään väliaikaisesti orgaanisilla tai epäorgaanisilla aineksilla. Kaivannaisjätteen pinnat voidaan lisäksi kyllästyttää kemikaaleilla tai bitumiseoksilla, jotka hylkivät vettä tai sitovat partikkeleita. Yhtenä vaihtoehtona on kiinteyttää mineraalien rikastusprosessissa muodostunut kaivannaisjäte hyödyntämällä sen kemiallisia ominaisuuksia.

BAT 54c Kasvillisuuspeitot (ks. BAT 38c)

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen sijoitusalueen pinnan peittämiseen kasvillisuuspeitolla. Peiton rakenne koostuu yhdestä tai useammasta maakerroksesta, jotka varmistavat

kasvien juurten kasvuun lähdön sekä pidättävät riittävästi kosteutta kasvien kasvua varten. Maakerroksen päälle sijoitetaan kasvillisuuskerros, joka sisältää kasvukerroksen, ja tarvittaessa myös maanparannusainetta, sekä kasvien tarvitsemat mikro- ja makroravinteet. Ravinteita voidaan käyttää joko tilapäisesti tai pysyvästi.

BAT 54d Lämpäisevät kuivapeitot (ks. BAT 38d)

Tekniikassa kaivannaisjätteen sijoitusalue peitetään yhdestä tai useammasta maakerroksesta tai vastaavasta materiaalista koostuvalla, vettä lämpäisevällä peittorakenteella. Rakenteessa käytettävä maa-aines voi olla esim. moreenia, savea, karkeaa soraa tai kiviä.

BAT 54e Lämpäisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot (ks. BAT 38e)

Tekniikka perustuu kaivannaisjätteen sijoitusalueen peittämiseen useista toiminnallisista kerroksista koostuvalla rakenteella. Rakenteen tavoitteena on estää hapen kulkeutuminen kaivannaisjätteeseen ja rajoittaa sadeveden pääsyä jätteeseen.

BAT 54f Vesipeitot (ks. BAT 38g)

Tekniikassa kaivannaisjäte peitetään vapaalla vesikerroksella haitta-aineiden eristämiseksi, eroosion ja pölyämisen vähentämiseksi sekä hapen kulkeutumisen ehkäisemiseksi jätteeseen.

BAT 54g Märkäpeitot (ks. BAT 38h)

Tekniikassa veden annetaan imeytyä kaivannaisjätteeseen niin, että jätteen pintaan muodostuu pysyvästi vedellä kyllästynyt vyöhyke tai märkäkerros. Jätteen pinnalle lisätään orgaanista ainesta kosteikkokasvillisuuden muodostamiseksi jätealueen pintaosaan.

Päätelmien soveltaminen, soveltamisessa huomioitavat asiat ja esimerkkikohteet

BAT 54 -päätelmän soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa, sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat ja esimerkkikohteet on kuvattu päätelmän sisältämiä tekniikoita kuvaavissa BAT-päätelmissä:

- BAT 54 a. Vaiheittainen kunnostus (ks. BAT 38a)
- BAT 54 b. Väliaikaiset peitot (ks. BAT 38b)
- BAT 54 c. Kasvillisuuspeitot (ks. BAT 38c)
- BAT 54 d. Lämpäisevät kuivapeitot (ks. BAT 38d)
- BAT 54e. Lämpäisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot (ks. BAT 38e)
- BAT 54f. Vesipeitot (ks. BAT 38g)
- BAT 54g. Märkäpeitot (ks. BAT 38h).

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.4.2.1, 4.4.2.2, 4.4.2.3, 4.4.2.4.1, 4.4.2.4.2 ja 5.5.1.2. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

11.3 BAT-päätelmä 55 – Kaivannaisjätteiden hallinnan maisemavaikutusten ja maankäytön jalanjäljen ehkäiseminen tai minimoiminen

Parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa kaivannaisjätteiden hallinnan maisemavaikutusten ja maankäytön jalanjäljen ehkäisemiseksi tai minimoimiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 55a. Kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäiseminen (ks. BAT 6)
- BAT 55b. Kaivannaisjätteen kiintoaine/neste -suhteen hallinta (ks. BAT 27)
- BAT 55c. Kaivannaisjätteen tiivistäminen, kiinteyttäminen ja läjitys (ks. BAT 29)
- BAT 55d. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d).

BAT 55 – yleiskuvaus

BAT 55 -päätelmässä on kuvattu tekniikoita kaivannaisjätteiden hallinnan maisemavaikutusten ja maankäytön tarpeen ehkäisemiseksi tai vähentämiseksi. Kuvatuilla tekniikoilla vähennetään kaivannaisjätteiden vaikutuksia maisemaan ja toiminnasta aiheutuvaan maankäytön jalanjälkeen ensisijaisesti vähentämällä maan päälle läjitettävien jätteiden määriä eri menetelmillä (BAT 55a, BAT 55b ja BAT 55c). Lisäksi maisemavaikutuksia vähennetään maisemoinnilla ja alueen pinnan muotojen muokkaamisella (BAT 55d).

BAT 55a Kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäiseminen (ks. BAT 6)

Tekniikka käsittää kolme eri menetelmää kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäisemiseksi. Kuvatut menetelmät ovat: 1) sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien esilajittelu ja valikoiva käsittely (BAT 6a); 2) sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien sijoittaminen kaivostäyttöön (BAT 6b) ja 3) sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien käyttö joko kaivosalueella tai sen ulkopuolella (BAT 6c). Läjitetävän jätteen määrän vähentäminen vähentää myös kaivannaisjätteiden maisemavaikutusta sekä aluetarvetta, kun maan päälle läjitettävien jätteiden määrä vähenee.

BAT 55b Kaivannaisjätteen kiintoaine/neste -suhteen hallinta (ks. BAT 27)

Tekniikka käsittää neljä erilaista menetelmää kaivannaisjätteiden fysikaalisen vakavuuden varmistamiseksi hallinnoimalla kaivannaisjätteen kiintoaine/neste -suhdetta. Kiintoaine/neste -suhteen hallinnassa tavoitteena on vähentää kaivannaisjätteistä vettä, jolloin myös läjitettävän jätteen kokonaismäärä pienenee. Kuvatut menetelmät ovat: 1) mekaaninen seulonta (ks. BAT 27a); 2) hydrosyklonointi (ks. BAT 27b); 3) sakeutus ja selkeytys (BAT 27c) sekä 4) vedenpoisto jätteestä paine-erolla tai sentrifugoinnilla (ks. BAT 27d).

BAT 55c Kaivannaisjätteen tiivistäminen, kiinteyttäminen ja läjitys (ks. BAT 29)

Tekniikka käsittää viisi eri menetelmää, joilla tiivistetään, kiinteytetään tai läjitetään kaivannaisjätteitä niin, että voidaan parantaa niiden fysikaalista vakavuutta ja vähentää maan päälle sijoitettavien jätteiden määriä. Kuvatut menetelmät ovat: 1) sakeutetun ja pastamaisen kaivannaisjätteen sijoittaminen suihkutusputkilla (BAT 29a); 2) kuivien tai märkien suodatinkakkujen läjittäminen (tai kuivana kasaaminen) (BAT 29b); 3) kaivannaisjätteen sijoittaminen kaivostäytöksi (BAT 29c); 4) lietekäsittely (BAT 29d) ja 5) kaivannaisjätteen hienon ja karkean fraktion yhteisläjitys (BAT 29e). Tekniikoissa 1–3 on tavoitteena lisätä kaivannaisjätteen vakautta ja pienentää jätealueen kokoa vähentämällä jätteestä vettä ennen läjitystä. Tekniikassa 3 kaivannaisjätteet sijoitetaan joko avolouhokseen tai maanalaisiin louhostiloihin, jolloin voidaan vähentää maan päälle läjitettävien jätteiden määrää. Tekniikassa 5 kaivannaisjätteiden määrää vähennetään läjittämällä yhdessä louhinnassa muodostuva kaivannaisjäte ja rikastusjäte.

BAT 55d Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d)

Tekniikka perustuu alueen luonnollisen maiseman ja toiminnallisuuden palauttamiseen huomioiden alueen ja ympäristön maantieteelliset erityisominaisuudet. Tarkoituksena on muotoilla kaivannaisjätteen sijoitusalueiden rinteet ja kasat näyttämään luonnollisilta kummuilta ja optimoida samalla tarvittavan maarakennustyön laajuutta. Maan pinnan muotoilussa yhdistetään louhintaa ja jälkihoitoa, ja hyödynnetään louhinnassa muodostuvaa kaivannaisjätettä sijoittamalla sitä suoraan ennalta suunniteltuun muotoon.

Päätelmien soveltaminen, soveltamisessa huomioitavat asiat ja esimerkkikohteet

BAT 55 -päätelmän soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa, sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat ja esimerkkikohteet on kuvattu päätelmän sisältämiä tekniikoita kuvaavissa BAT-päätelmissä:

- BAT 55a. Kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäiseminen (ks. BAT 6)
- BAT 55b. Kaivannaisjätteen kiintoaine/neste -suhteen hallinta (ks. BAT 27)

- BAT 55c. Kaivannaisjätteen tiivistäminen, kiinteyttäminen ja läjitys (ks. BAT 29)
- BAT 55d. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen (ks. BAT 42d).

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.4.3 ja 5.5.1.3. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

BAT 55a: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.1.3.1 ja 5.2.3.1

BAT 55b: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.2.1.1 ja 5.3.2.1.1

BAT 55c: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.2.1.4 ja 5.3.2.1.3

BAT 55d: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.3.2.1.4 ja 5.4.2.1

11.4 BAT-päätelmä 56 – Kaivannaisjätteiden hallinnan aiheuttaman energian ja aineiden kulutuksen minimointi

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa resurssien kulutuksen ehkäisemiksi ja pienentämiseksi kaivannaisjätteiden hallinnassa on käyttää yhtä tai useampaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 56a. Energiankulutuksen vähentäminen
- BAT 56b. Vedenkulutuksen vähentäminen
- BAT 56c. Reagenssien, lisämateriaalien ja raaka-aineiden kulutuksen vähentäminen.

BAT 56 – yleiskuvaus

BAT 56 -päätelmä käsittelee energian ja aineiden kulutuksen vähentämistä kaivannaisjätteiden hallinnan yhteydessä, ei kuitenkaan itse kaivannaisjätteen määrän vähentämistä. Parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa on soveltaa yhtä tai useampia BAT-tekniikoita 56a–56c.

BAT 56 on kuvattu viittauksilla BAT-päätelmiin 4, 8, 11 ja 42a. Niissä kuvataan menetelmiä, joiden avulla voidaan vähentää energian kulutusta (BAT 4 ja BAT 11), veden kulutusta (BAT 8 ja BAT 42a) ja reagenssien ym. lisämateriaalien käyttöä (BAT 4 ja BAT 11).

BAT 56a Energiankulutuksen vähentäminen

Tekniikka käsittää kolme erilaista menetelmää energiankulutuksen vähentämiseksi. Menetelmät tähtäävät kaivannaisjätteiden käsittelyn ja kaivannaisjätteen sijoitusalueiden hyvään suunnitteluun. Kuvatut menetelmät ovat kaivannaisjätealueiden

sijaintivaihtoehtojen tunnistaminen (BAT 4a), kaivannaisjätteen kuljetus-, käsittely- ja sijoituspaikkavaihtoehtojen tunnistaminen (BAT 4b) ja tekniikat kaivannaisjätteen sijoitusalueiden rakenteellisen vakavuuden varmistamiseksi lyhyellä ja pitkällä aikavälillä (BAT 11).

BAT 56b Vedenkulutuksen vähentäminen

BAT 42a -päätelmässä kuvattu tekniikka tähtää kaivannaisjätteiden hallinnasta peräisin olevien ylijäämävesien varastointiin ja uudelleen käyttöön (ilman käsittelyä) tai kierrätykseen (käsittelyn jälkeen). Vettä voidaan hyödyntää louhinnassa, mineraalien prosessoinnissa, tai kaivannaisjätteiden käsittelyssä, joko puhdistettuna tai sellaisenaan. Ylijäämävesien uusiokäyttö vähentää mm. yleistä vedenkulutusta.

BAT 56c Reagenssien, lisämateriaalien ja raaka-aineiden vähentäminen

Tekniikka käsittää kolme erilaista menetelmää materiaalien kulutuksen vähentämiseksi. Menetelmät tähtäävät kaivannaisjätteiden käsittelyn ja kaivannaisjätteen sijoitusalueiden hyvään suunnitteluun. Kuvatut menetelmät ovat kaivannaisjätealueiden sijaintivaihtoehtojen tunnistaminen (BAT 4a), kaivannaisjätteen kuljetus-, käsittely- ja sijoituspaikkavaihtoehtojen tunnistaminen (BAT 4b) ja tekniikat kaivannaisjätteen sijoitusalueiden rakenteellisen vakavuuden varmistamiseksi lyhyellä ja pitkällä aikavälillä (BAT 11).

Päätelmien soveltaminen, soveltamisessa huomioitavat asiat ja esimerkkikohteet

BAT 56 -päätelmän soveltaminen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa, sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat ja esimerkkikohteet on kuvattu päätelmän sisältämiä tekniikoita kuvaavissa BAT-päätelmissä:

- BAT 56a. Energiankulutuksen vähentäminen:
 - Kaivannaisjätealueet ja niiden hallinnan vaihtoehdot (BAT 4).
 - Toiminnan suunnittelu sulkeminen huomioiden (BAT 11).
- BAT 56b. Vedenkulutuksen vähentäminen:
 - Louhinnasta, mineraalien prosessoinnista ja/tai kaivannaisjätteiden hallinnasta peräisin olevien ylijäämävesien uudelleen käyttö tai kierrätys (BAT 42a).
- BAT 56c. Reagenssien, lisämateriaalien ja raaka-aineiden kulutuksen vähentäminen:
 - Kaivannaisjätealueet ja niiden hallinnan vaihtoehdot (BAT 4).
 - Toiminnan suunnittelu sulkeminen huomioiden (BAT 11).

Lähteet ja lisätieto

MWEI BREF -vertailuasiakirjan luvut 4.4.4.1.1, 4.4.4.1.2 ja 4.4.4.1.3. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

BAT 56a: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.2.1.1, 4.1.2.2, 5.3.1.1.1 ja 5.2.2.2

BAT 56b: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet) 4.3.2.1.4, 4.1.3.3.1, 5.4.2.1 ja 5.2.3.3

BAT 56c: MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.1.2.2, 4.2.1.1, 5.2.2.2 ja 5.3.1.1.1

11.5 BAT-päätelmä 57 – Luonnon radioaktiivisia aineita (NORM) sisältävien kaivannaisjätteiden hallinnan vaikutusten ehkäiseminen tai minimoiminen

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa luonnon radioaktiivisia aineita (NORM) sisältävistä kaivannaisjätteistä aiheutuvien vaikutusten ehkäisemiseksi tai minimoimiseksi on käyttää yhtä tai useampaa soveltuvaa tekniikkaa seuraavista:

- BAT 57a. Luonnon radioaktiivisten aineiden seurantasuunnitelma
- BAT 57b. Kaivannaisjätteen lajittelu ja valikoiva käsittely (ks. BAT 7b).

BAT 57 – yleiskuvaus

BAT 57 -päätelmässä on kuvattu luonnon radioaktiivisia aineita sisältävien kaivannaisjätteiden hallinnan vaikutusten ehkäisemiseksi tai minimoimiseksi käytettäviä tekniikoita. Parasta käyttökelpoista tekniikkaa on käyttää näitä menetelmiä tai niiden yhdistelmiä.

Tekniikoiden soveltuvuus kohteeseen luonnon radioaktiivisia aineita sisältävistä kaivannaisjätteistä aiheutuvien vaikutusten ehkäisemiseksi tai minimoimiseksi tulee huomioida toiminnan suunnitteluvaiheessa ja hyödyntää soveltuvia menetelmiä toimintavaiheessa.

BAT 57a Luonnon radioaktiivisten aineiden seurantasuunnitelma

Tekniikassa laaditaan seurantasuunnitelma kaivannaisjätteen sisältämien luonnon radioaktiivisten aineiden seuraamiseksi. Seuranta toteutetaan suunnitelman mukaisesti tai suunnitelmaa päivitetään tarvittaessa toiminta-, sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa.

Suunnitelman laadinnassa huomioidaan kaivannaisjätteiden karakterisoinnin tulokset (ks. BAT 3 ja CEN 2012).

BAT 57b Kaivannaisjätteen lajittelu ja valikoiva käsittely (ks. BAT 7b)

Lajittelun ja valikoivan käsittelyn tavoitteena on vähentää ei-pysyvän kaivannaisjätteen ja vaarallisen kaivannaisjätteen muodostumista erottamalla toisistaan vaarallinen kaivannaisjäte, ei-pysyvä ja ei-vaarallinen (nk. tavanomainen) kaivannaisjäte sekä pysyvä kaivannaisjäte joko visuaalisesti, fysikaalisesti tai kemiallisesti (vrt. BAT 7b).

Soveltaminen toiminnan linkkaaren eri vaiheissa**BAT 57a Luonnon radioaktiivisten aineiden seurantasuunnitelma**

Tekniikka soveltuu potentiaalisesti luonnon radioaktiivisia aineita (NORM) sisältäville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Toiminnan suunnitteluvaiheessa laaditaan radioaktiivisia aineita sisältäville kaivannaisjätteille seurantasuunnitelma (ks. BAT 3 ja CEN 2012).

Toimintavaihe

Luonnon radioaktiivisia aineita sisältävien kaivannaisjätteiden seuranta toteutetaan toimintavaiheessa suunnitelman mukaisesti ja suunnitelmaa päivitetään tarvittaessa seurannan tulosten perusteella.

Sulkemis- ja jälkihoitovaihe

Toteutetaan toimintavaiheessa kuvattu tekniikka mukautettuna sulkemisvaiheen erityispiirteisiin. Sulkemisvaiheen jälkeisessä jälkihoitovaiheessa jatketaan toimintavaiheessa kuvattua tekniikkaa toteuttamista, mukautettuna sulkemisvaiheen jälkeisiin erityispiirteisiin, niin kauan kuin tarpeellista, ottaen huomioon jäljellä olevien riskien ja vaarojen luonne ja kesto.

BAT 57b Kaivannaisjätteen lajittelu ja valikoiva käsittely (ks. BAT 7b)

Tekniikka soveltuu potentiaalisesti luonnon radioaktiivisia aineita (NORM) sisältäville kaivannaisjätteille.

Suunnitteluvaihe

Tekniseen suunnitelmaan sisällytetään soveltuva erottelutekniikka, jolla voidaan lajitella erikseen vaarallinen kaivannaisjäte, ei-pysyvä ei-vaarallinen (nk. tavanomainen) kaivannaisjäte, ja pysyvä kaivannaisjäte. Lajittelun jälkeen tekniseen suunnitelmaan sisällytetään valikoiva käsittely jokaiselle jätevirralle.

Toimintavaihe

Toiminnan aikana kaivannaisjätteet lajitellaan ja käsitellään valikoivassa suunnittelussa valitulla tekniikalla.

Sovellettavuus ja soveltamisessa huomioitavat asiat

BAT 57 -päätelmässä kuvatut tekniikat soveltuvat kaivannaisjätteille, jotka saattavat sisältää luonnon radioaktiivisia aineita. BAT 57a -tekniikkaa käytetään ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin tulosten perusteella (BAT 5). Suomessa säädelään luonnon radioaktiivisten aineiden seuranta kaivostoiminnassa STUK:n määräyksellä (STUK 2019). BAT 57b -tekniikan käyttömahdollisuudet määritellään kaivannaisjätteiden ominaisuuksien perusteella (BAT 2).

Varsinaisten radioaktiivisten materiaalien hallinta on rajattu MWEI BREF -vertailuasiakirjan ulkopuolelle, joten vertailuasiakirja koskee ainoastaan materiaaleja, jotka luokitellaan kansallisen lainsäädännön mukaisesti ei-radioaktiiviksi, mutta jotka sisältävät luonnon radioaktiivisia aineita (NORM tai TE-NORM; technologically enhanced NORM). Tämän perusteella MWEI BREF -vertailuasiakirja ei koske ydinenergialain (11.12.1987/990) mukaisessa kaivos- ja malminrikastustoiminnassa muodostuvia jätteitä, jos ne luokitellaan radioaktiiviseksi ydinjätteeksi (vrt. STUK 2016).

Muussa kaivostoiminnassa muodostuvien jätteiden luokittelu radioaktiiviseksi jätteeksi tehdään säteilylainsäädännön, säteilylain (859/2018) ja valtioneuvoston asetuksen ionisoivasta säteilystä (1034/2018) nojalla. Ionisoivasta säteilystä annetun valtioneuvoston asetuksen mukaan kiinteät jätteet, joiden aktiivisuuspitoisuus on suurempi kuin säteilylain 85 §:ssä tarkoitettu vapauttamisraja, ovat radioaktiivisia jätteitä. Kuitenkaan luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa muodostunut jäte, jonka aktiivisuuspitoisuus on suurempi kuin em. vapauttamisraja, ei ole radioaktiivista jätettä, vaan muuta jätettä, jonka jätehuollossa on kuitenkin tarpeen huomioida säteilyturvallisuus (ks. myös STUK 2018). Tämän perusteella muussa kaivostoiminnassa kuin uraanin ja toriumin tuotantoon tähtäävässä toiminnassa muodostuvat jätteet eivät olisi radioaktiivisia jätteitä.

Kansainvälinen atomienergiayhdistys (IAEA) on julkaissut standardeja ja ohjeita, jotka koskevat kaivannaisteollisuuden jätteiden radioaktiivisuuden hallintaa, esim.:

- Classification of radioactive waste (IAEA 2006)
- Management of Radioactive Waste from Mining and Milling of Ores (IAEA 2002)
- Best Practice in Environmental Management of Uranium extraction (IAEA 2010).

Esimerkkikohteita Suomessa

Luonnossa esiintyvien radionuklidien seurantasuunnitelma on Suomessa käytössä esim. Terrafame Oy:n Sotkamon kaivoksella, jossa nikkelimalmi sisältää uraania. Radionuklidien seuranta tehdään kaivoksella osana muuta ympäristönvelvoitetarkkailua sekä jätejakeista että jätealueiden päästöistä (Ramboll 2018a, b). Tarkkailu tehdään Kainuun ja Pohjois-Savon ELY-keskusten hyväksymän tarkkailuohjelman mukaisesti (Ramboll 2018c).

Lähteet ja lisätietoa

MWEI BREF -vertailuasiakirjan kappaleet 4.4.5, 4.1.3.2.2, 5.5.1.5 ja 5.2.3.2. Julkaisussa: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

CEN 2012. CEN/TR 16376:en. Characterization of waste. Overall guidance document for characterization of waste from the extractive industries. CEN/TC 292-committee Characterization of waste. European committee for standardization.

IAEA 2002. Classification of radioactive waste, General Safety Guide No. GSG-1. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. 48 s.

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1419_web.pdf

IAEA 2006. Management of Radioactive Waste from Mining and Milling of Ores, Safety Guide No. WS-G-1.2. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. 39 s.

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1134_scr.pdf

IAEA 2010. Best Practice in Environmental Management of Uranium extraction, IAEA Nuclear Energy Series No. NF-T-2. International Atomic Energy Association. 33 s.

https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1406_web.pdf

Ramboll 2018a. Terrafame Oy. Terrafamen kaivoksen tarkkailu vuonna 2018. Osa XI: Jätejakeiden tarkkailu. Ramboll Finland 28.3.2019. 31 s.

<https://www.terrafame.fi/media/ymparistoraportit/2018/osa-11-jatejakeiden-tarkkailu-2018.pdf>

Ramboll 2018b. Terrafame Oy. Terrafamen kaivoksen tarkkailu vuonna 2018. Osa III: Vesipäästöjen tarkkailu. Ramboll Finland 26.3.2019. 37 s.

https://www.terrafame.fi/media/ymparistoraportit/2018/osa-3-terrafame-vesipaastotarkkailu_2018.pdf

Ramboll 2018c. Terrafame Oy. Terrafamen kaivoksen tarkkailu vuonna 2018. Osa I: Yhteenveto. Ramboll Finland 5.4.2019. 22 s. https://www.terrafame.fi/media/ymparistoraportit/2018/osa-1-yhteenveto_2018.pdf

Säteilylaki (859/2018), www.finlex.fi

STUK 2018. Säteilyturvakeskuksen määräys turvallisuusluvasta ja vapauttamisrajoista (STUK SY/1/2018), www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/555001/44707

STUK 2019. Säteilyturvakeskuksen määräys luonnonsäteilylle altistavasta toiminnasta (STUK S/3/2019), www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/555001/45112

Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä (1034/2018), www.finlex.fi



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

978-952-361-212-9 (PDF)
ISSN: 2490-1024 (PDF)