

LANDVINNING



Scenarier för efterbehandling
och gestaltning av Aitikgruvan,
Gällivare

”Nature is the beginning and the end of society”
(Herman Prigann)

EX0324 Examensarbete för yrkesexamen på landskapsarkitekt-
programmet 2008

© Simon Fogelqvist

Reclaim the land - Scenarios for Reclamation and Landscaping of the
Aitik Copper-Mine, Gällivare

Handledare: Clas Florgård, institutionen för stad och land

Biträdande handledare: Åsa Sjöblom, Boliden Mineral AB

Examinator: Lena Dübeck, institutionen för stad och land

Biträdande examinator: Carl-Lennart Axelsson, Golder Associates AB

Online publication of this work: <http://epsilon.slu.se>

LANDVINNING

Scenarier för efterbehandling och
gestaltning av Aitikgruvan, Gällivare

RECLAIM THE LAND

Scenarios for Reclamation and Landscaping
of the Aitik Copper-Mine, Gällivare

Landvinning är ett examensarbete i ämnet landskapsarkitektur av
Simon Fogelqvist.

Det har utförts på uppdrag av Boliden Mineral AB, Aitik.

Arbetet motsvarar 20 poäng på D-nivå och har genomförts vid
institutionen för stad och land, avdelningen för landskapsarkitek-
tur, Sveriges lantbruksuniversitet, Ultuna.

Handledare för examensarbetet har varit Clas Florgård, professor i
landskapsarkitektur vid samma institution. Biträdande handledare
har varit Åsa Sjöblom, miljösamordnare vid Boliden Mineral AB,
Aitik.

Intern examinator har varit Lena Dübeck, universitetsadjunkt vid
institutionen för stad och land, avdelningen för landskapsarkitek-
tur, Sveriges lantbruksuniversitet, Ultuna.

Extern examinator har varit Carl-Lennart Axelsson, Golder
Associates AB, Uppsala.

Ett stort tack riktas till samtliga

Simon Fogelqvist

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	5
ABSTRACT	5
INTRODUKTION	
BAKGRUND	6
SYFTE	7
MÅLSÄTTNINGAR	7
DEFINITIONER	7
AVGRÄNSNING	7
METOD	7
1. FÖRORENAD MARK	
ETT GLOBALT OCH LOKALT MILJÖPROBLEM	8
LAGSTIFTNING	9
AVFALL FRÅN GRUVDRIFT	9
EFTERBEHANDLING AV GRUVAVFALL	11
VÄXTETABLERING	13
2. LANDSKAPSGESTALTNING	
VARFÖR GESTALTA?	16
KONTRAST ELLER HARMONI	17
EN INTERNATIONELL UTBLICK	17
HUR SKALL MAN GESTALTA?	19
EXEMPELSAMLING	21
3. ANALYS	
LANDSKAPSBESKRIVNING	22
SITUATIONSPLAN (2008)	26
PLANERAD UTVIDGNING (2025)	27
EFTERBEHANDLING	28
LANDSKAPSANALYS	32
4. FÖRSLAG	
TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	35
HÖJDSÄTTNINGSPLAN	36
ILLUSTRATIONSPLAN	37
SEKTIONER	38
MARKANVÄNDNING	40
FRAMTIDSPERSPEKTIV	42
UTVECKLING ÖVER TID	44
DISKUSSION	45
REFLEKTION	46
KÄLLFÖRTECKNING	
TRYCKTA KÄLLOR	47
OTRYCKTA KÄLLOR	47

SAMMANFATTNING

Nyckelord: gruvor, gruvverksambet, återställa, återvinna, efterbehandla, landskap, gestaltning

Gruvdrift ger upphov till stora mängder avfall i form av gråberg och anrikningssand. Gråberget deponeras i gråbergsupplag medan anrikningssanden vanligtvis pumpas ut i ett uppdämt sandmagasin. Genom sitt innehåll av sulfidmineraler, framför allt pyrit (FeS_2), kan avfallet på sikt börja vittra och ge upphov till syrabildning och urlakning av tungmetaller, ett problem som är känt som Acid Rock Drainage (ARD). För att förhindra vittringsprocessen måste syrabildande avfall efterbehandlas. Det sker oftast genom någon form av torr- eller våttäckning.

Gruvdrift medför också ett storskaligt ingrepp i naturen som för alltid kommer att förändra landskapsbilden. Hur avfallsmassorna deponeras, deras slutliga höjd och form kan till viss del påverkas. Formgivningen av deponierna får betydelse för hur de kommer att upplevas och för hur marken kan användas efter avslutad drift. Vid landskapsgestaltning kan man välja att kontrastera eller harmoniera mot den omgivande naturen. Ett landskapsingrepp som gruvdrift kontrasterar ofta genom avvikelser i form, skala, linjeföring, färg och textur.

Examensarbetet redogör kortfattat för gruvavfallens egenskaper och de metoder som är tillämpbara för efterbehandling av Bolidens koppargruva i Aitik. Den primära uppgiften är dock att ge

ABSTRACT

Keywords: mine, mining, restoration, reclamation, recultivation, landscape, design

Open pit mining creates huge amounts of tailings and waste rock deposits. Due to its content of sulphide minerals, predominantly pyrite (FeS_2), there is a risk of oxidation and formation of acid water containing heavy metals, known as Acid Rock Drainage (ARD). To prevent the process of oxidation, the tailings and waste rock have to be reclaimed. The most commonly used methods of reclamation are a coverage of water or soil.

Mining also results in a large-scale interference in the landscape that will make an eternal change of its appearance. The way the waste rock is deposited can influence the spread, elevation, and the ultimate shape. The design of the deposits makes a difference for their future appearance. The landscape design process is always a choice of contrast or interplay between the landscape and the object. A large-scale interference as a mine will contrast by differences in shape, scale, lines, colour and texture.

This degree thesis makes a brief overview of the characteristics of the deposits from sulphide mines and the possible methods for reclamation of Boliden's Aitik mine, but the main purpose of this work is to give a proposal for the landscaping of the future mine area after the mining activity has ended. At the same time it's important to make a design that is long-term stable, accordingly

förslag till landskapsgestaltning av det framtida gruvområdet efter driftens upphörande. Samtidigt måste gestaltningen vara långsiktigt hållbar och den grundar sig därför på de efterbehandlingsmetoder som finns beskrivna.

Dagens kända malmreserver beräknas räcka till år 2025 utifrån den brytningstakt på 36 Mton malm/år som nu är planerad. Med denna brytningstakt vet man också hur stora volymer gråberg och anrikningssand som kommer att deponeras. Man har tillstånd att deponera massorna inom vissa områden, upp till givna nivåer. Boliden har presenterat en landskapsplan som vunnit Miljödomstolens godkännande. Den anger de höjder som gråbergsupplag och sandmagasin kommer att uppnå, däremot inte vilken form de kommer att anta.

Konsekvensen av att man deponerar avfallsmassorna enligt gällande tillstånd blir att deponierna blir platta och horisontella. Examensarbetet visualiserar detta scenarie. Denna utformning kommer att stå i skarp kontrast till det omgivande berg/kullandskapet.

Examensarbetet presenterar därför en alternativ strategi för landskapsgestaltning som bättre harmonierar med omgivande landskap. Med stor sannolikhet kommer nya tillstånd att utfärdas och drifttiden kommer då att förlängas. Det viktiga är därför inte förslaget detaljer utan dess principer kring gestaltningen. Gestaltningförslaget har medvetet frångått tillståndsgivna höjder på gråbergsupplagen. En fördel med detta är att de vid en förlängd drifttid kan inrymma större volymer än vad som nu är beräknat.

taking the suggested methods of reclamation as a starting point. At the moment the ore is calculated to last until 2025. On the basis of the rate of production of 36 Mton per year the amounts of waste rock and tailings that will be produced during this time is known. There is a permission to deposit the waste to certain elevations.

The Boliden mining company has presented a landscape plan that has won legal approval by the Environmental court. The plan indicates the levels that the waste rock deposits and the tailings dams will reach, but it doesn't reveal what shape they will adopt. The consequence of the present landscape plan will be that the deposits get a flat, horizontal shape with the crest at the permitted level. The thesis intends to visualize this case. A main conclusion of this work is that the straight lines and flat shape of the waste rock deposits will make a bigger contrast to the surrounding landscape than their scale and elevation.

The degree thesis proposes an alternative strategy for landscape design that in a better way will interplay with the surrounding landscape. Most probably the Boliden mining company will apply for new permissions for prolonged activity and the ultimate end point for the mine is therefore unknown. Due to this, the most important part of the proposal is not the details but the principles. The design proposal of this work has deliberately passed the permitted elevations for the waste rock deposits. One advantage of this is that, in case of an extended life of mine, the deposits will hold larger amounts of waste rock than calculated in the present landscape plan.

Huvuddragen i förslaget:

Gråbergsdeponierna – ett upplevelselandskap

Enligt förslaget utformas gråbergsdeponierna med större höjdskillnader och större variation i släntlutning än vad som föreslås i Bolidens landskapsplan, dock maximalt 1:3. Den föreslagna gestaltningen kommer att synliggöra vissa toppar av deponierna. På långt håll kommer de att harmoniera bättre med omgivningarna medan de på nära håll kommer att framstå som monumentala.

De centrala delarna av dagbrott och gråbergsupplag kan utvecklas till ett upplevelse- och rekreationslandskap och knyts samman med den intilliggande ekoparken med ett gemensamt besökscentrum.

Sandmagasinet – ett produktionslandskap

Sandmagasinet delas in i flera segment av dammar och får flera öppna vattenytor. Grundvattennivån höjs i större delen av sandmagasinet vilket gynnar växtetablering och ytterligare minimerar vittring av de djupare skikten av anrikningssanden. Från hög höjd kommer denna gestaltning att ytterligare förstärka magasinets raka linjer och ge det en arkitektonisk prägel. Sandmagasinet har däremot ingen insyn från intilliggande vägar och bebyggelse. Sandmagasinet som utgör nästan 1500 ha och intilliggande industriområde kan utvecklas för energiproduktion, exempelvis genom anläggande av en vindkraftpark, och/eller odling av energi-gräs. En stor del av infrastrukturen kan återanvändas och nya arbetstillfällen kan skapas efter gruvans nedläggning.

An Overview of the Proposal:

The waste rock deposits – a recreational landscape

The waste rock deposits will be shaped with bigger differences in altitude and slopes, still a maximum slope of 1:3. The proposed design will make parts of the deposits more visible. At long distance, their shape will interplay with the surrounding hills. Getting closer, their altitude will be notable and make them outstanding landmarks.

Central parts of the mine area including the pit and the waste rock deposits will be developed for tourism and recreational purposes and affiliated to the adjacent nature reserve of Leipipir. A common visitor center including a parking area will be developed in the former buildings of the plant.

The tailings pond – a productive landscape

The pond of the tailings will be divided by embankments and get four different water surfaces. By this way the water table will be raised in a large part of the tailings. It will facilitate the growing conditions of the surface and further prevent oxidation of the tailings. The design will reinforce the impression of the straight lines, at least from high altitudes. From lower visual points in the landscape there are no sights of the pond surface. The tailings pond constituting almost 3600 acres, can according to the proposal be developed for energy production, either by the establishment of a wind power park, and/or cultivation of energy crops. Parts of the infrastructure of the mine can be reused and new job opportunities can be created.



INTRODUKTION

BAKGRUND

Aitik koppargruva utanför Gällivare är en av Europas största koppargruvor och ingår i koncernen Boliden AB. Malmfyndigheten består av kopparkis (CuFeS_2) med ett innehåll av 0,3 % koppar, 3 g silver/ton och 0,2 g guld/ton. Malmbrytningen startade år 1968 med en produktionsnivå på 2 Mton malm/år. Produktionen har successivt ökat till dagens nivå på 18 Mton malm/år. Idag är gruvan Gällivare kommuns största privata arbetsgivare med drygt 400 anställda. Brytningen är för närvarande mycket lönsam och det finns ännu nya malmfyndigheter att tillgå (Boliden Mineral AB 2006).

Nyligen har miljödomstolen gett Boliden tillstånd att öka produktionsnivån ytterligare till 36 Mton. Med den brytnings-takten beräknas malmen räcka till år 2025 (Boliden Mineral AB 2006(A)).

Malmbrytningen alstrar stora avfallsmängder i form av gråberg och anrikningssand från anrikningsprocessen. Av den brutna malmen utvinns ungefär 1 procent kopparkoncentrat (kopparslig) som transporteras till Bolidens smältverk Rönnskär i Skelleftehamn. Det innebär att för varje ton kopparslig som utvinns blir 99 ton sand kvar som restprodukt. Denna anrikningssand pumpas uppslammad i vatten ut i ett öppet sandmagasin. Magasinet kommer efter avslutad drift att täcka ett område på mer än 1400 hektar.

För att komma åt den malmbärande ådran måste även överliggande lager av gråberg brytas och fraktas bort. Det resulterar i stora gråbergsupplag. Det produceras årligen ungefär lika stora mängder gråberg som malm. Gråbergsupplagen kommer att uppta en yta av 700 ha vid avslutad drift och vara i genomsnitt 70 meter höga. Dagbrottet, som i dagsläget är drygt 3 kilometer långt, 1 kilometer brett och 400 meter djupt på det djupaste stället, kommer om brytningen pågår till år 2025 att vara ca 600 meter djupt (ibid).

Såväl avfallssanden som gråbergsupplagen och väggarna i det öppna dagbrottet innehåller rester av sulfidmineraler, framför allt pyrit (FeS_2), som kan orsaka försurning när de kommer i kontakt med syre och vittrar. Sulfidmineralerna innehåller också koppar och andra tungmetaller.

Enligt 10 kap miljöbalken är gruvföretaget ålagt att ta fram en efterbehandlingsplan för gruvavfallet efter brytningens upphörande. Boliden har tagit fram en konceptuell efterbehandlingsplan som framför allt beskriver hur man avser att begränsa framtida metallutsläpp och undanröja säkerhetsrisker (Eriksson 2006 s. 3). Boliden har också presenterat en landskapsplan som vunnit Miljödomstolens godkännande. Den anger de höjder som gråbergsupplag och sandmagasin kommer att uppnå (Boliden Mineral AB 2006(B)).

Uppgiften i detta examensarbete är att visualisera Bolidens landskapsplan, analysera dess konsekvenser för landskapsbilden och slutligen presentera ett alternativt förslag till landskapsgestaltning och framtida markanvändning.

SYFTE

Examensarbetets syfte är att presentera ett förslag till framtida landskapsgestaltning och markanvändning för Aitikgruvan utifrån den produktionsnivå och drifttid som för närvarande är planerad. Till syftet hör också att visualisera förslaget i en AutoCad-baserad terrängmodell. Även Bolidens fastställda landskapsplan visualiseras i en 3D-modell med syftet att kunna jämföra de två scenarierna och deras konsekvenser för landskapsbilden.

MÅLSÄTTNINGAR

Examensarbetet har inte haft för avsikt att prestera ett fullt realiserbart förslag. Målsättningen är istället att arbetet skall kunna användas vid diskussioner kring framtida handlingsalternativ genom att det:

- Visualiserar framtida landskapsbilder
- Visar på möjligheter
- Ifrågasätter gällande praxis vid utformning av gruvavfallsdeponier

DEFINITIONER

I Sverige är begreppet efterbehandling den juridiska och professionella termen för sanering av förorenade områden (Naturvårdsverket 2003 s. 10). Som en del av ansökan inför en gruvbrytning presenterar gruvbolagen en efterbehandlingsplan som visar hur marken skall saneras och miljön skyddas vid verksamhetens upphörande. Termen efterbehandling säger som regel ganska lite om landskapets gestaltning och framtida användningsområde. Svenska språket är fattigt på uttryck som beskriver landskapsgestaltningen och dess målsättningar. Engelskan har däremot ett antal termer som är frekvent förekommande i litteraturen, bl a "decommissioning, restoration, regeneration och reclamation".

Naturvårdsverket gav för ett antal år sedan ut skriften 'Att återställa mark'. Det är ett uttryck som ofta används i sammanhang där man vill återskapa en naturtyp eller konstruera en ny biotop efter ett landskapsingrepp. Det finns också mycket litteratur på detta område (bl a Buckley 1989, Helliwell 1996). Uttrycket för lätt tankarna till att man återskapar ett ursprungsstadium eller tidigare utseende och funktion. När det rör sig om storskaliga ingrepp, som t.ex vid gruvdrift, är detta oftast en omöjlig uppgift och kanske också en tveksam ambition. Många författare menar att man inte bör dölja eller falsifiera de postindustriella miljöerna utan istället se de nya möjligheter som de erbjuder både som natur- och kulturlandskap (Berger 2002, se kapitlet om landskapsgestaltning).

Det engelska ordet 'reclamation' är det mest använda uttrycket för efterbehandling i internationell litteratur (Berger 2002 s. 61). Ordet rymmer den dubbla betydelsen av att återerövra (att vinna) och återanvända (återvinna) och indikerar att man ger landskapet en ny utformning och ett nytt användningsområde, till skillnad från de i svenskan vanligare termerna återställa eller återskapa. Skillnaderna i språket visar i detta fall på två olika förhållnings-sätt. Titeln på detta examensarbete, "Landvinning" har valts för att poängtera det mer nyskapande förhållningssättet.

AVGRÄNSNING

Brytning av metaller sker i magmatiska bergarter, ofta på stort djup i berggrunden, till skillnad från exempelvis kol och industriella mineraler (fosfor, kalk mm.) som återfinns i sedimentära avlagringar närmare jordytan. Brytningen skiljer sig därför åt i tekniskt avseende och ger också upphov till olika typer av avfall (European IPPC Bureau 2004 s. 17).

Metallerna kan delas upp i två typer av malmfyndigheter (Ledin 1999 s. 15):

- järnhaltig malm
- sulfidhaltig malm

Man kan också skilja på två typer av brytning:

- underjordsgruvor
- dagbrott

I Aitikgruvan utgörs malmfyndigheten av sulfidhaltig malm, framför allt kopparkis (CuFeS₂). I Aitik bryts malmen i ett öppet dagbrott. Jämfört med gruvdrift under mark alstrar dagbrott betydligt större avfallsmängder eftersom överliggande gråberg måste avlägsnas för att man skall komma åt malmkroppen.

Förekomsten av pyrit och tungmetaller i sulfidmalm gör att examensarbetet har avgränsats till att omfatta efterbehandling av just denna typ av gruvavfall. Till viss del behandlar det även generell problematik som rör andra typer av förorenad eller störd mark, men endast som en allmänorienterande introduktion till första delen 'Förorenad mark'. Till viss del kan innehållet i kapitlet 'Metoder för efterbehandling' samt 'Växtetablering' sägas gälla även för andra typer av efterbehandling. I synnerhet vad gäller växtetablering, som ofta är slutfasen i efterbehandlingen, kan man säga att dess metoder i princip gäller mer generellt, även för andra typer av förorenad eller störd mark. Problemställningar och tillvägagångssätt är likartade. Det gäller även för växtetablering på störda eller nyskapade jordar som inte nödvändigtvis är förorenade, exempelvis:

- grustag
- vägslänter
- schakter
- fyllningsmassor

Även denna typ av ingrepp kan ibland behöva 'efterbehandlas' men behöver inte täckas. Det räcker oftast att behandla ytskiktet på ett sådant sätt att jordens struktur och näringshalt tillåter en växtetablering (se Ledin 1999).

I exempelsamlingen (sista kap. del 2) finns bilder på efterbehandlingsprojekt från andra typer av industriella ingrepp. Motivet till att dessa tagits med är att de tjänar som inspiration genom sin gestaltning.

METOD

Arbetet består av fyra delar. De två första delarna utgörs av en literaturstudie, del tre av en analys och del fyra av förslaget.

Metoden för den första delen, som handlar om förorenad mark, kan kallas en utökad fallstudie (Denscombe 2000), där det enskilda fallet kastar ljus över det generella. Således behandlar kapitlet en specifik plats, Aitik, men försöker att ge en generell bild av de problemställningar som är förknippade med efterbehandling av sulfidhaltigt gruvavfall.

I del två, som handlar om landskapsgestaltning, har metoden närmast varit den motsatta. I detta avsnitt har jag försökt rikta blicken utåt och presentera en mångfald av olika projekt som kunnat tjäna som inspiration till det konkreta förslaget. Jag diskuterar också olika gestaltungsriktningar och begrepp som sedan används i den följande analysdelen.

Den tredje delen består av en landskapsbeskrivning av det berörda området, en områdesbeskrivning av gruvan, samt en landskapsanalys. Landskapsbeskrivningen bygger på litteratur- och kartstudier och täcker in de naturgeografiska förutsättningarna. Digitalt kartmaterial, innefattande marktäckedata, vägar och topografi, har tillhandahållits från Lantmäterieverket (LMV) och kartor har framställts i GIS (ArcMap 9.1). Digitalt kartunderlag för gruvområdet har erhållits från Boliden.

Metoden som använts för landskapsanalysen är en visuell analys inspirerad av Nilssons (1988) avhandling 'Industri möter landskap'. Med denna metod är det den estetiska dimensionen och människans subjektiva upplevelse av landskapet som står i fokus. De viktigaste begreppen jag använt mig av beskrivs i en modell på sidan 19 (olika typer av visuell landskapsanalys beskrivs också av Schibbye & Pålsta 2001 s. 11).

Den grundläggande frågeställningen för landskapsanalysen har varit; hur kommer landskapsbilden att påverkas av den framtida utvecklingen av gruvan enligt Bolidens gällande landskapsplan? För att kunna svara på denna fråga har digitala terrängmodeller skapats i CAD-miljö (Land Desktop 2005). Höjddata för modellerandet har erhållits från LMV i form av en ASCII-fil som legat till grund för terrängmodeller av såväl Bolidens landskapsplan som det slutgiltiga förslaget. Höjddata som i den ursprungliga filen legat i ett rutnät på 50 x 50 meter har, för att minska filstorleken, glesats ut till 100 x 100 meter. Terrängmodellerna har gjort det möjligt att skapa sektioner och perspektiv av det framtida landskapet och varit till hjälp både för att förstå landskapet, visualisera det, och som utgångspunkt för förslaget.

Den avslutande förslagsdelen grundas på de slutsatser som gjorts i analysen. Liksom i landskapsanalysen har arbetet i 3D-modell varit ett viktigt redskap. I den inledande skissprocessen har en fysisk modell i oljesand använts, där gruvområdet med omgivningar byggts upp skalenligt för att sedan modelleras enligt olika scenarier. I den senare fasen av arbetet har modellen flyttats till den digitala miljön och det slutliga gestaltungsförslaget har modellerats fram i AutoCad (Land Desktop 2005).

1. FÖRORENAD MARK

ETT LOKALT OCH GLOBALT MILJÖPROBLEM

Sett ur ett globalt perspektiv hänger dagens miljöproblem mer samman med vår konsumtion av industriprodukter än med tillverkningen av dem. Åtminstone i vårt land har industrin gjort stora framsteg vad gäller att rena sina utsläpp. Men det finns ändå många typer av verksamheter som ger upphov till lokala föroreningar av mark och vatten, t ex kommunala avfallsdeponier, oljedepåer, bensinmackar, sågverk, massa- och pappersindustri, verkstadsindustri, smältverk samt gruvindustri m fl. Antingen sker detta genom utsläpp till luft och vatten eller, som i gruvdriftens fall, genom alstrandet av avfallsmassor. Olika verksamheter ger upphov till olika föroreningar, i vissa fall rör det sig om flyktiga organiska ämnen och i andra fall, som vid gruvdrift, onedbrytbara tungmetaller (Naturvårdsverket 2003 s. 5-6).

Det fjärde av de 16 nationella miljömål som riksdagen antagit är målet om en giftfri miljö. Det säger att: 'Miljön skall vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden (Miljömålsportalen 2007).

Sedan 1999 då de svenska miljömålen antogs har arbetet pågått vid Naturvårdsverket och Länsstyrelserna i landet med att inventera och efterbehandla förorenad mark. Enligt Naturvårdsverkets bedömning finns det i Sverige ungefär 16 500 områden i behov av efterbehandling. Därutöver bedömer man att det finns ytterligare 65 000 områden av lägre riskklass som kräver ökad medvetenhet och hänsynstagande i planeringen. Som jämförelse kan nämnas att i Tyskland är antalet platser som behöver saneras eller undersökas närmare 240 000 och i USA 600 000 (Naturvårdsverket 2003 s. 4).

Sverige är ett av de länder i Europa som har störst mineralproduktion. Även om gruvorna inte är många till antalet så utgör gruvavfallet en betydande andel av den totala avfallsvolymen. År 2003 deponerades 25 Mton anrikningssand och 33 Mton gråberg från svenska gruvor. Det är mer än hälften av allt industriavfall totalt och tio gånger mer än alla hushållsopor som produceras årligen (SveMin 2008, Carlsson 2002 s. 4).

Totalt i EU-länderna produceras årligen 300 Mton gruvavfall från utvinningsindustrin (European IPPC Bureau 2004 s. i). Avfallsvolymer från gruvdriften kommer att öka i förhållande till den mineralmängd man utvinner. Detta sker i takt med att de rikaste mineraltillgångarna börjar sina och priserna på metaller stiger vilket då leder till att även låghaltiga fyndigheter blir lönsamma att bryta (Bjelkevik 2005 s. 7). Denna utveckling ser vi idag i Sverige liksom i andra länder. Det är också påtagligt i det enskilda fallet Aitik.

*Bingham copper mine (Utah). En av världens största koppargruvor.
(Bild hämtad ur: Berger 2002, fig 185)*

LAGSTIFTNING

Europaparlamentet antog år 2006 ett nytt direktiv: 'Om hantering av avfall från utvinningsindustrin...' (2006/21/EG). I detta direktiv fastställs:

” ... åtgärder, förfaranden och riktlinjer för att förebygga eller i möjligaste mån begränsa sådan skadlig inverkan på miljön, särskilt vatten, luft, jord, fauna, flora och landskap, och därav följande hot mot människors hälsa som kan uppkomma till följd av hanteringen av avfall från utvinningsindustrin.”

(artikel 1)

Verksamhetsutövaren skall enligt direktivet utarbeta en avfallshanteringsplan (som även innefattar efterbehandlingen) för att få bedriva verksamhet. I direktivet skärps också kravet på verksamhetsutövarens ekonomiska ansvar för efterbehandling (artikel 5 resp. 11).

Även svensk lagstiftning innehåller principen om att förorenaren betalar. Miljöbalkens 10 kapitel handlar om verksamheter som orsakar miljöskador. Bestämmelsen om verksamhetsutövarens ansvar slås fast i andra paragrafen i detta kapitel (Marksaneringsinfo 2007).

Miljöbalkens 15 kapitel handlar om avfall och producentansvar. Enligt 34 § får tillstånd för verksamheter som omfattar deponering endast utfärdas om verksamhetsutövaren ställer ekonomisk säkerhet för kostnaderna för efterbehandlingen och andra återställningsåtgärder som verksamheten kan föranleda.

I Sverige är det miljödomstolen som utfärdar tillstånd för miljöfarliga verksamheter (miljöbalken 9 kap 6 resp 8 § samt 20-21 kap). För att få tillstånd att bryta och deponera berg krävs att företaget redovisar en efterbehandlingsplan som visar hur landskapet skall återställas. Idag har samtliga gruvor i Sverige efterbehandlingsplaner (Bjelkevik 2005 iii).

Efterbehandlingsansvaret sträcker sig till att minska och förebygga skador på miljön och risker för människors hälsa. Något ansvar för landskapsbild finns ej formulerat i lagtexten. I EU-direktivet (2006/21/EG) nämner man landskapet som en aspekt att ta hänsyn till vid efterbehandling. Den europeiska landskapskonventionen som Sverige ännu inte ratificerat, syftar till att förbättra skydd, förvaltning och planering av landskapet. Riksantikvarieämbetet har på regeringens uppdrag lämnat förslag på hur landskapskonventionen kan genomföras i Sverige (RAÄ 2008).

AVFALL FRÅN GRUVDRIFT

Koppar, zink, bly och andra tungmetaller spelar en viktig roll i samhället. Samtidigt ger brytningen av dessa metaller upphov till allvarliga miljöproblem och skapar några av de mest kostsamma efterbehandlingsprojekten (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 141).

If it can't be grown, it has to be mined! (Mineral information institute 2008)

Stora massor

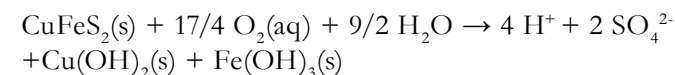
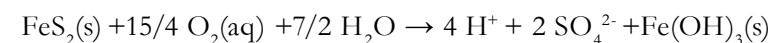
Medan järnmalmen i de svenska gruvorna grovt räknat innehåller ca två tredjedelar järn uppgår halten av värdemetall i en koppar eller zinkgruva bara till någon eller några procent (SveMin 2008). Eftersom värdemetallinnehållet i sulfidmalmen är så lågt blir avfallsmängden vid gruvbrytningen mycket omfattande. För att komma åt den malmbärande ådern måste man först avlägsna stora volymer av gråberg. Sprängstenen deponeras i gråbergsupplag. Avfallet består av allt från stendamm till stora block men det grövre materialet dominerar.

Den brutna malmen krossas och mals ner till fin sand och blandas med vatten till en så kallad pulp. Genom tillsatser av kemiska ämnen förs metallpartiklarna upp till ytan av pulpen. Ett metallkoncentrat kan då avskiljas från ytan. Den resterande anrikningssanden pumpas ut i ett sandmagasin som oftast utgörs av en naturlig dalgång (Ledin 1999 s. 19).

Försurande avfall

Det problem som oftast förknippas med avfall från sulfidmalmsgruvor är förekomsten av järnsulfider som pyrit (FeS₂) och pyrrhotit. Pyrit är det vanligast förekommande sulfidmineralet i jordskorpan och återfinns framför allt i magmatiska bergarter. Men det finns även i sedimentära bergarter som avsatts under anaeroba förhållanden. Avfall från kolgruvor innehåller ofta pyrit även om det sällan är lika höga halter som i sulfidmalm. Pyrit förekommer också i organogena jordar som avsatts i havsmiljö, exempelvis bottniska viken (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 68, Carlsson 2002 s. 10-11).

När Fe-sulfiderna exponeras för syre vittrar de och avger protoner. Vittring av pyrit och kopparkis sker enligt följande formler (Lindvall 2005 s. 9):



pH kan snabbt sjunka i avfallet och ge upphov till surt lakvatten. Denna problematik är förknippad med mineralbrytning världen över och benämns ofta 'acid rock drainage' (ARD) eller 'acid mine drainage' (AMD)' (Carlsson 2002 s. 2).

Pyrit blir mer reaktivt ju mindre partikelstorleken är. Endast små mängder kan ge upphov till en sur reaktion. Framför allt ytlagret som exponeras för syre påverkas snabbt (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 127). Pyrithalten är dock som regel högre i gråbergsmassorna än i sandmagasinet. Detta beror på att anrikningsprocessen av den malda malmen är så pass effektiv samtidigt som alltför lågvärd malm deponeras utan någon vidarförädling. Problemen med pyrit är därför inte mindre i gråbergsupplagen utan snarare tvärtom (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 147, Lindvall 2005).

Tungmetaller

Sulfidmineral som kopparsulfid (CuS), zinkblände (ZnS) och blyglans (PbS) kan också vittra när de utsätts för syre. De ger primärt inte upphov till surt lakvatten, däremot frigörs tungmetaller (Carlsson 2002 s. 12-13). Tungmetaller blir mer lösliga när pH sjunker och kan i värsta fall transporteras ut i recipienterna (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 141-144). Koppar, zink, bly m fl tungmetaller är toxiska när de förekommer i höga koncentrationer.

Tippning av gråberg vid Coeur Rochester mine (silver), Nevada.

Här deponeras 22 000 ton gråberg/dag.

I Aitik är motsvarande siffra ca 70 000 ton/dag.

Det platta gråbergsupplaget i bakgrunden är efterbehandlat och revegeterat.

(Bild hämtad ur: Berger 2002 fig. 94)

Struktur och textur

Gruvavfall består av två extrema fraktioner av grovt och fint material. Gråberget som deponeras på gråbergsupplagen består av block och sten medan malmen efter det att den har krossats och malts ger upphov till ett fint material med en kornstorleksfördelning dominerad av sand-mo-mjåla (ca. 0,01-1mm) (Bjelkevik 2005 s 1). Finare fraktioner (ler) och mellanfraktioner (grovsand-grus) saknas nästan helt. Det ensartade materialet skiljer avfallsmassorna från naturliga jordar (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 59ff). Det medför ofta att de har en dålig porositet och därmed blir en svår växtmiljö. Bristen på aggregatbildande ler- och humusämnen försvårar ytterligare.

Förekomsten av pyrit kan också ge upphov till mekaniska problem. Utfällning av järnoxider kan cementera marken och skapa svårigheter för infiltration och rotgenomträngning (ibid s. 130).

Stabilitet

På grund av kornstorleksfördelningen är anrikningssanden ofta lättroderad. Mjåla- mo är även i naturliga jordar erosionskänsliga. Sprängstenen tippas med dumper från toppen av gråbergsupplaget och slänterna som bildas får därför en rasvinkel, ungefär 30° eller 1:1,5 (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 62). Denna lutning är under naturliga förhållanden inte extrem, men så länge det inte finns ett växttäckte kommer slänten att vara känslig för erosion. Rasbranterna måste därför släntas av till en lutning av max 1:3 och terrasseras. Det är av stor vikt att man lyckas etablera vegetation på de efterbehandlade ytorna av sandmagasinet och gråbergsupplagen för att binda jorden och förhindra erosion (Ledin 1999 och 2006).

Materialet på obehandlade gråbergsupplag kan vara erosionsbenäget. Bingham canyon mine (koppar), Utah. (Bild hämtad ur: Berger 2002 fig. 167)

Vattentillgång

Den finmalda anrikningssanden är ett besvärligt substrat ur odlingssynpunkt. Den torkar upp sent men håller därefter mycket lite växttillgängligt vatten. Det innebär framför allt en risk för att markytan blir torr, vilket kan försvåra en växtetablering (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 63). Vattenbehovet för växter uppgår till ca 250 kg vatten/kg torrs substans som produceras (ibid s. 42).

Anrikningssand har en hydraulisk konduktivitet som ligger i samma nivå som naturligt förekommande silt, i storleksordningen $1,0-18,7 \cdot 10^{-6}$ m/s (Bjelkevik 2005 s. 24). Det innebär att den har en relativt låg genomsläpplighet. Den hydrauliskkonduktiviteten i naturligt förekommande sand är ca 100 gånger högre.

Näringsstatus

Bristen på växtnäringsämnen är alltid ett problem i gruvavfall och annan blottlagd mineraljord. Kväve förekommer nästan uteslutande i atmosfären och i organiskt material. Fosfor och kalium förekommer i mineraler men är i ovittrat material ofta alltför hårt bundet för att det skall vara växttillgängligt (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 65f).

När det saknas lera och humusämnen finns det inga aggregat som kan binda näringsämnena till sin yta. Även om man gödslar en nyskapad mineraljord så är risken stor att näringsämnena spolars iväg av regn- och grundvatten. Vid en efterbehandling är det därför alltid nödvändigt att tillföra lagom mängder av gödning i återkommande givor (ibid s. 71).

Organiskt material

Förutom att organiskt material tillför näring till jorden förbättrar det också markens struktur och vattenhållande förmåga. Bristen på organiskt material medför en låg porositet och en sämre växtmiljö. Humusämnen kan också, förutom att de binder näringsämnen till sin yta, komplexbinda tungmetaller och därmed förhindra läckage till grundvatten och recipienter (Bradshaw & Chadwick 1980).

Stjernman Forsberg och Ledin (2003) har visat att oorganiska gödselmedel kan bidra till att cementera marken och därmed skapa en openetrerbar yta för växternas rötter. Organiska gödselmedel är därför alltid att föredra framför oorganiska.

Markfauna

En nyskapad mineraljord saknar den naturliga markens mikroorganismer. Dessa är nödvändiga för att nedbrytning och mineralisering av näringsämnen skall kunna ske och därmed en vegetationsutveckling. Större markorganismer, framför allt maskar, har en central funktion för att omblanda jorden och skapa makroporer. Det tar tid i en nyskapad jord att bygga upp den nödvändiga faunan. En tillförsel av organiskt material kan till viss del påskynda denna process (Bradshaw & Chadwick 1980).

Sandmagasin tillhörande en koppargruva i Arizona som ännu ej har efterbehandlats. Oxidation av pyrit har gett den röda utfällningen. Det innebär en potentiell risk för ARD (Acid rock drainage). (Bild hämtad ur: Berger 2002 fig. 120)

METODER FÖR EFTERBEHANDLING

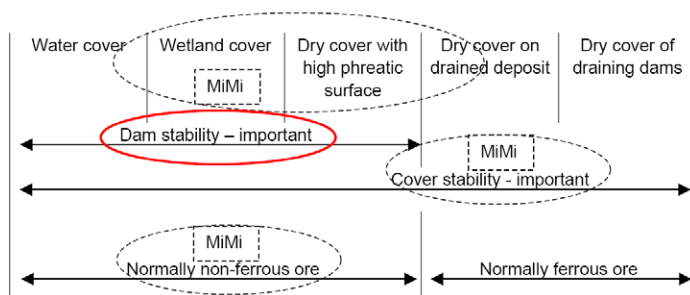
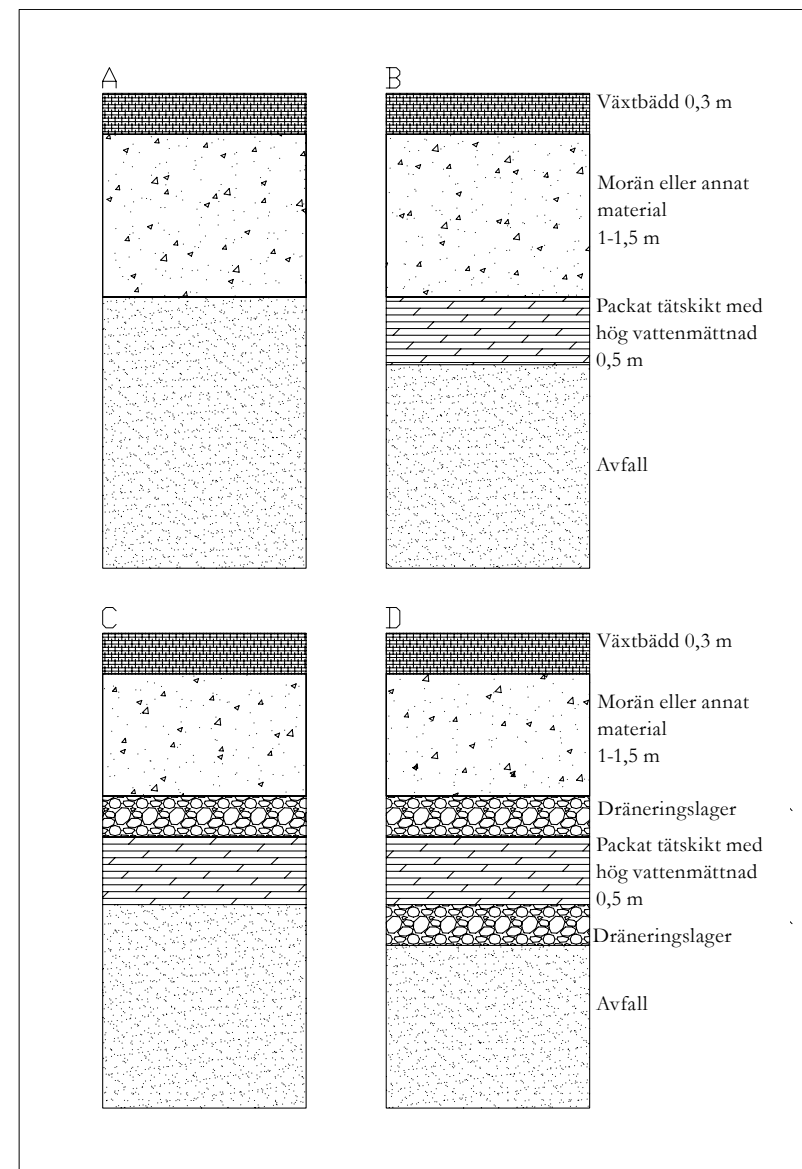
Vid föroreningar av organiska ämnen finns det ofta metoder för att bryta ned och oskadliggöra ämnena. Bland annat genom biologisk nedbrytning och värmebehandling eller förbränning av jorden. Ibland kan detta göras utan att ens behöva schakta i jorden, det kallas då In situ –rening. Oorganiska metallföroreningar kan däremot inte förstöras eftersom de är grundämnen. De kan däremot omvandlas till mindre rörliga och/eller toxiska former. Den vanligaste metoden är därför att innesluta eller täcka över förorenade massor (Naturvårdsverket 2003 s. 21-23).

Vid efterbehandling av gruvavfall vill man framför allt förhindra att pyrithaltig anrikningssand och gråberg oxideras och att pH sjunker till en kritisk nivå så att tungmetaller börjar läcka ut. Det vanligaste är att man täcker pyrithaltigt avfall för att reducera syretillförseln och därmed oxideringen av avfallet (Lindvall 2005). Det finns grovt sett två metoder för att täcka avfallet; torrtäckning och våttäckning. Det finns dock en stor variation av material och tillämpningar som har använts för täckning och dessutom andra metoder för efterbehandling (Bjelkevik 2005 s. 3, Carlsson 2002 s. 14, European IPPC Bureau 2004 s. 339 - 352, Lindvall 2005).

Torrtäckning

Torrtäckning är den mest använda metoden och kan användas både för anrikningssand och gråbergsupplag. Metoden innebär att man täcker avfallet med ett eller flera lager av jord med en mäktighet av 1-2 m. Begreppet torrtäckning är missvisande eftersom man ofta eftersträvar att grundvattennivån skall täcka avfallet så att det blir vattenmättat (Carlsson 2002 s. 14). Åtminstone är detta fallet med sulfidhaltigt avfall som annars riskerar att oxidera (Bjelkevik s. 3 se figur nedan).

Nackdelen med torrtäckning är att den kräver väldigt mycket material. I Sverige har man oftast använt sig av morän, som är den vanligast förekommande jordarten och som täcker stora delar av landets yta. I vissa fall kan materialet finnas att tillgå på platsen genom att man initialt har schaktat bort det med syftet att återanvända det vid efterbehandlingen. I andra fall kan man använda material från något annat exploateringsföretag, vägbyggen etc. Men om inte de nämnda förutsättningarna finns tvingas man att ta orörd morän och på så vis förstöra betydande landarealer för att efterbehandla avfallsdeponierna (Bjelkevik 2005 s. 21, European IPPC Bureau 2004 s. 345ff).



Olika metoder för täckning av gruvdeponier:

För sulfidhaltigt gruvavfall är vikten av en syrebarriär störst. Därför rekommenderas våttäckning eller torrtäckning med en förhöjd grundvattennivå. Samtidigt ökar vikten av dammstabilitet när avfallet vattenmättas.

(Fig. hämtad ur: Bjelkevik 2005 s. 3)

A) Den enklaste torrtäckningsmetoden innebär att man täcker avfallet med 1,0-1,5 m ospecificerat jordmaterial. En sådan övertäckning reducerar oxidationstakten med 80-90 % genom en minskad syretillförsel. Däremot hindrar den inte regnvatten från att infiltrera ned till avfallet mer än ca 10 % (Carlsson 2002 s. 15).

I vissa fall (b t a Garpenberg, Galgberget i Falun) har man använt organiska material som täckningsmaterial, exempelvis torv, avloppsslam, fiberslam, byggesrester eller aska. Organiskt material är syrekonsumerande genom sina nedbrytningsprocesser och kan därigenom ytterligare minska syrenedträngning (European IPPC Bureau 2004 s. 350).

B) Vid täckning av gråbergsupplag eller högt belägna delar av ett sandmagasin kan grundvattennivån ligga långt ned. För att förhindra syrenedträngning och infiltration av ytavatten kan man då skapa ett packat lågpermeabelt tätskikt, av lera eller lerig morän, som ligger på ett tjälffritt djup. Ovanpå detta skikt finns ytterligare ett eller flera skyddande lager. Tätskiktet ger en hög vattenmättnadsgrad i ovanliggande skikt (Carlsson 2002, Ledin 1999, Lindvall 2005 m fl).

Ett 0,5 meter mäktigt lager av packad lera eller lerig morän (utan stenar) täckt av >1,5 m jord reducerar oxidationen med mer än 99%. Infiltrationen reduceras samtidigt med 95% och metallinnehållet i lakvattnet har uppskattats minska med >99,8% (Carlsson 2002 s. 16).

C-D) I vissa fall har man använt sig av ett grovt dränerande skikt ovanpå tätskiktet. Det kan minska infiltrationen ytterligare genom principen att vatten transporteras fortare i mättade skikt än i omättade. Grundvattenströmningen kommer därmed att avlänkas och förhindras från att tränga ned till avfallet. Samtidigt finns en risk att syreomträngningen ökar. (Carlsson 2002 s. 16, European IPPC Bureau 2004 s. 345).

I vårt klimat kan det vara befogat med kapillärbrytande skikt vid slutningar eftersom släntstabiliteten förbättras. Om de överliggande jordlagren blir vattenmättade ökar porvattenstrycket. Hållfastheten i en mättad jord sjunker till ca. hälften jämfört med en omättad jord (Carlsson 2002 s.16).

Våttäckning

Våttäckning kan användas på uppdämda sandmagasin och innebär att man ställer sanden under vatten (se bilder nedan). Vattentäckning har visat sig vara mycket effektiv. Syretransporten i vatten är 10^{-4} av vad den är i atmosfären (Carlsson 2002 s. 14, European IPPC Bureau 2004 s. 340)

Samtidigt ställer våttäckning högre krav på dammkonstruktionerna eftersom påfrestningarna blir större och konsekvenserna av ett eventuellt dammbrott blir allvarigare (Bjelkevik 2005, Carlsson 2002 s. 14). Kostnaden för att genomföra en vattentäckning av ett sandmagasin uppgick år 2004 till ca. USD 2/m² vilket kan jämföras med kostnaden för en torrtaäckning som uppgick till ca. USD 12/m² (European IPPC Bureau 2004 s. 341).

Våttäckning är därför en effektiv och billig efterbehandlingsmetod och också ett estetiskt tilltalande alternativ. Men om den skall vara möjlig att använda så är det nödvändigt att följande två förutsättningar uppfylls (Bjelkevik 2005 s. 35):

- Ett tillräckligt stort tillrinningsområde för att sandmagasinet under hela året skall vara vattentäckt.
- Långtidsstabla dammar, dvs dammar som är konstruerade att hålla till nästa istid.

Det kan också tilläggas att utloppen måste vara säkert konstruerade och väl dimensionerade, både för att en minsta vattennivå skall kunna garanteras och för att inga översvämningar skall riskeras (European IPPC Bureau 2004 s. 333).

En våttäckning kan innebära att man skapar en fri vattenyta genom att höja fördämningarna kring sandmagasinet. Djupet på vattensamlingen bör helst vara någon eller några meter för att skapa en syrefri bottenmiljö. Med ett större djup undviker man också att vågor rör upp bottensediment, men det är också möjligt att konstruera vågbrytare (ibid s. 340).

Ett annat alternativ är att skapa en grundare våtmark. Vattnet kommer fortfarande att fungera som syrebarriär, dessutom kommer det näringsrika botten slammet att fungera som en syrekonsumerande miljö. Vattenvegetationen binder i detta fall botten sedimenten och förhindrar vågerosion. Tillförsel av organiskt material är väsentligt för att skapa en våtmark.

I båda fallen av våttäckning är det en fördel om naturliga vattendrag får strömma till. Därigenom kommer man snabbt få en naturlig succession av vattenvegetation (ibid).

1. *Algoma sinter plant (Wawa - Kanada). Före och efter efterbehandling (Bild: Ministry of Northern Development and Mines 2006).*

2. *Denison mill (Elliot Lake - Kanada). Före och efter efterbehandling (Bild: Ministry of Northern Development and Mines 2006).*

3. *Stekenjokk (Villhelmina - Västerbotten). Före och efter efterbehandling. För täckning av sandmagasinet har man använt överdämning (Bild: Boliden Mineral AB. Miljöfakta Stekenjokk 2006).*

Återfyllning av gruvor

Ofta återfyller man orter och schakt med anrikningssand (=backfill). Detta sker framför allt vid gruvdrift under jorden (European IPPC Bureau 2004 s. 408-411). Sanden deponeras syrefritt samtidigt som den ger ökad stabilitet i berget. Det är dock endast en liten del av allt avfall som kan deponeras på detta sätt. I Sverige deponeras årligen ca. 2 miljoner ton genom återfyllning, vilket motsvarar ca 4% av den anrikningssand som totalt produceras (Carlsson 2002 s. 3).

I Aitik bryts malmen än så länge i ett enda dagbrott och återfyllning är därför inte möjlig.

Neutralisering genom kalkning eller fastläggning

Om pyritinnehållet är måttligt eller om avfallet innehåller mineral som kan verka buffrande så kan det räcka med att man kalkar för att på så vis höja pH. Kalkning har däremot ingen långsiktig verkan utan neutraliserar bara pH i mark och grundvatten temporärt (Evangelou 2000).

Kalkning blir i de flesta fall orimligt dyrt om det inte finns tillgängligt vid brytningsområdet (European IPPC Bureau 2004 s. 339). Ofta kalkar man däremot avfallet innan man täcker det för att på så vis neutralisera det redan oxiderade materialet och fastlägga rörliga tungmetaller (Carlsson 2002).

Det har gjorts försök att fastlägga pyriten i stabila föreningar med hjälp av lösningar innehållande fosfat eller silikat (KH₂PO₄ or H₄SiO₄). När fosfat eller silikat reagerar med järn skapas en impermeabel yta på pyritmolekylerna som förhindrar fortsatt oxidation (Evangelou 2000).

Pyritavskiljning

Det finns teknik för att anrika pyrit. I vissa gruvor tillämpas detta för att tillverka svavelsyra. Tekniken kan tillämpas för att på detta sätt skilja ut pyriten och koncentrera den syrabildande avfallsmängden. Huvuddelen av anrikningssanden kommer då att bli icke-reaktiv och kräver då ingen avancerad efterbehandling. Den anrikade pyriten kommer däremot att vara högreaktiv och måste deponeras och efterbehandlas mycket nogsamt. Metoden är kostsam och i de flesta fall inte lönsam i jämförelse med andra alternativ. Förutsättningen är att svavelinnehållet från början är så lågt att det är möjligt att få ner halterna till en nivå där naturlig buffring kan ske (European IPPC Bureau 2004 s. 353).

I Aitik är avpyritisering en av hörnstenarna i den planerade efterbehandlingen. Man avser att från tidigt 2010-tal avskilja pyriten ur anrikningssanden och på så vis täcka sandmagasinet med ett flera meter mäktigt lager av lågsvavelhaltig sand. Hydrogeologiska undersökningar visar att man kommer att kunna behålla en tillräckligt hög grundvattennivå i magasinet för att de djupare, svavelhaltiga lagren, skall förbli vattenmättade. En liten andel av sanden, ca 3%, kommer att bestå av den anrikade pyritsanden med en svavelhalt på ca 30%. Denna kommer man att behöva täcka, helst under vatten, på någon del av det befintliga sandmagasinet. Den kommer då att uppta ett område av 0,5 -1% av det totala magasinet, motsvarande ca 6-12 ha (Ericsson 2006, Lindvall 2005).

Pyritavskiljningen kommer i Aitik att avsevärt minska den totala arealen som behöver efterbehandlas med en kvalificerad täckning, men fortfarande kommer man att behöva lita till konventionella efterbehandlingsmetoder för att täcka gråbergssupplag och dammar. Sandmagasinet kommer dessutom sannolikt att behöva någon form av bearbetning för att en snabb växtetablering skall möjliggöras.



VÄXTETABLERING

Oavsett vilken efterbehandlingsmetod som används så är den efterföljande vegetationsutvecklingen avgörande för att en långsiktigt hållbar miljö skall kunna uppnås. En yta som binds av rötter är mindre känslig för vind- och vattenerosion. I synnerhet ökar släntstabiliteten avsevärt om den binds av ett sammanhängande växttäckte.

Även om pH-nivån kan hållas vid en normal nivå så utgör gruvavfallet en lågproduktiv växtmiljö. Stresståliga växter, som är anpassade till sådana förhållanden, etablerar- och sprider sig långsamt. Naturlig succession skulle därför ta uppemot 50 år. Vissa processer inbegripande markens struktur och skrymdensitet kan ta mer än 100 år (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 70ff)¹

Man försöker därför oftast att genom markbearbetning och sådd etablera ett växttäckte på den efterbehandlade marken. Växtetableringen syftar till att starta upp de ekologiska processerna av nedbrytning, mineralisering och primärproduktion (Ledin 1999 s. 9). Man skapar därmed möjligheter för en naturlig succession. Växtetableringen är inte ett slutmål utan en början på denna succession (Berger 2002 s. 61).

Genom sitt vattenupptag minskar växterna läckaget av tungmetaller. Även i ett kallt klimat står växterna för drygt hälften av evaporationen (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 155, Wennman 2004 (I) s. 1).

Vissa växter tar också upp tungmetaller som ackumuleras i vävnaden s k metallophyter. I USA har man på senare år odlat förädlade sorter av s k hyperackumulerande växter som skördats, torkats för att sedan gå till smältverk. Metoden är en ny form av in-situ rening och kallas phytoremediation (Carman 2001 s. 43-51, Rock 2001 s. 53-58).²

Växtetablering på gruvavfall är dock inte helt oomstridd. Det finns farhågor om att växternas rötter skulle kunna tränga igenom tätskikten och därmed exponera det pyrithaltiga avfallet för syre och vatten. (Carlsson 2002 s. 16). Växter, i synnerhet hyperackumulerande arter och sorter, tar upp tungmetaller som på så vis bioackumuleras högre upp i näringskedjan.

Trots dessa risker är det på sikt omöjligt att förhindra växter från att etablera sig på de efterbehandlade deponierna och tätskikten måste därför dimensioneras för detta.

¹ En konventionell efterbehandling med täckmassor skapar naturligtvis bättre förutsättningar för spridning och etablering av växter. I synnerhet om man tillvaratar avbanad matjord för att skapa en växtbädd med en naturlig fröbank, kan man få en snabb vegetationsutveckling (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 76, NVV 1989 s. 33).

² B la *Brassica juncea* – sareptasenap. Även solrosor och poppel är hyperackumulerande. I vissa fall har torrsubstanshalten uppgått till 2 % vilket är mer än i många malmfyndigheter. (Steven Rock 2001 s. 53-58).

Markberedning

För att en lyckad växtetablering skall kunna ske behövs en markberedning. Oftast används jordbruksmetoder i form av plogning, harvning och vältning för att skapa en lucker såbädd. Ett sandmagasin kan, om svavelhalten är tillräckligt låg, besås direkt efter jordförbättring och markbearbetning. Gråbergsupplag måste däremot täckas på konventionellt vis med tätskikt och täckmassor (Ledin 1999 s. 7-8). Vid en kvalificerad torrtäckning med morän utgörs det översta lagret av ett ca 30-50 cm löst (icke packat) material som är penetrabelt för växtrötter. Det räcker oftast för gräs och örter. Vill man plantera träd krävs ett väl tilltaget täcklager och ett större djup på växtbädden (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 155).

Kalkning

På sandmagasin kan ibland kalkning vara nödvändig. Bradshaw föreslår att man kalkar ca 30-50 ton/ha om pH understiger 5,5 och plogar ned det till 50 cm djup (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 132f).

Gödsling

Gödsling av de efterbehandlade ytorna är nödvändig. Syntetiska gödselmedel används ofta eftersom de är lätthanterliga. Erfarenheter visar dock att syntetiska gödselmedel på svavelhaltig mineraljord kan bidra till att marken cementeras och att fastläggningen av fosfor ökar. Det mekaniska rotmotståndet kan bli så högt att växterna dör (Stjernman och Ledin 2003 s. 404).

Organiska gödselmedel är därför att föredra. Förutom att de tillför essentiella makronäringsämnen, bidrar de till att förbättra markens porositet. Det ger marken bättre förmåga att binda vatten och näring. Humusämnen i det organiska materialet fungerar dessutom som ett filter som komplexbinder tungmetaller. Olika organiska tillsatser har prövats: b la torv, fiberslam, och avloppsslam (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 153, Ledin 1999, samt Stjernman 2000 s. 14-16, se tabell nedan).

Gödningseffekten är snabbt avklingande och den har framför allt betydelse under de första två etableringsåren. Samtidigt bör man ej tillföra för stora mängder kväve initialt då det tenderar att avgå i gasform (N₂, NO, N₂O eller ammonium) eller läcka ut i grundvattnet när det saknas växter som kan ta upp kvävegivan. Mer än 100 kg N/ha är onödigt, det är då bättre att tillföra ytterligare gödning under efterskötseln (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 132f, Wennman 2004 s. 8).

Organiska gödselmedel
Torv är ett material som har mycket hög vattenhållande förmåga (15-20 gånger dess torrsvikt). Ofta är det däremot inte så rikt på växttillgängligt kväve (hög C/N-kvot). Det är också en ändlig naturresurs som endast återskapas långsamt.
Fiberslam är en restprodukt från massatillverkningen och har den fördelen att det har ett mycket högt pH och kan verka buffrande vid sura förhållanden.
Avloppsslam från reningsverken är ett mycket näringsrikt material. Det har visat sig vara ett framgångsrikt jordförbättringsmedel och har använts vid efterbehandlingsprojekt under de senaste 30 åren (Wennman 2004).
Kofoed (1997) har genom fältförsök på sandmagasinet i Aitik visat att en iblandning av 33 vol% avloppsslam gav bäst växtetableringsresultat. En viss iblandning av fiberslam för att buffra vid lågt pH borde kunna vara fördelaktigt (Stjernman 2000 s. 11).

T.v: Förberedande markbearbetning. Översta lagret av täckmaterialet utgörs av löst packad morän som möjliggör växtetableringen. Sådd kan även ske med helikopter (Bilder hämtade från: Mineral Information Institute 2008).

Sådd

I den initiala växtetableringen använder man i regel en täckgröda, en grüngödslingsgröda, samt en ettårig skyddsgröda, vanligtvis spannmål. Täckgrödan består av olika arter av gräs som på sikt kommer att utgöra det skyddande marktäcket. Grüngödslingsgrödan utgörs av ärtväxter som genom sin kvävefixerande förmåga tillför jorden näring under de första säsongerna. Skyddsgrödan kan exempelvis vara korn, råg eller havre, och ger skydd för de mer långsamgroende perenna grödorna under första växtsäsongen (Ledin 2006).

Vid sådd av gräs och baljväxter är det billigaste alternativet att använda såmaskin. Oftast rekommenderas höstsådd (förutom för rörflen som sås på våren) (Ledin 1999 s. 85).

Sprutsådd (hydraulic seeding) är en etablerad metod för att sprida frö tillsammans med slam eller annan näringslösning. Fördelen är att man kan sprutså upp till 60 meter från maskinen utan att behöva köra med maskiner över markytorna. Man undviker därmed markkompaktering. Med hjälp av sprutsådd kan man beså slänter som inte vore möjliga med vanliga jordbruksmaskiner. Ofta används då ett organiskt bindemedel (ex. av cellulosa, flis, bark, fiber- eller avloppsslam) som skyddar mot erosion och uttorkning (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 83ff, Naturvårdsverket 1989 s. 34)

Sprutsådd av frön med iblandning av organiskt bindemedel (Bild: Mineral Information Institute 2008)

Plantering

I vissa fall har man vid efterbehandling av gruvor planterat träd. Detta sker i sådana fall något eller några år efter den initiala växtetableringen. Ibland har man planterat skog med kommersiellt syfte att avverka skogen, andra gånger för rekreativa ändamål. I Tyskland och andra delar av Europa har man planterat energiskog på före detta gruvdeponier (Bungart & Huttel 2001).

Trädplantor planteras på samma sätt som inom skogsbruket med pluggplantor och planteringsrör. En lämplig täthet vid planteringen är cirka 2500 – 3000 plantor/ ha (Ledin 1989 s. 93ff). Det är viktigt att plantorna har rätt proveniens (Naturvårdsverket 1989 s. 38). Vid trädplantering kan man använda snabbväxande pionjärträd som amvegetation till exempel björk, lärk, gråal och klibbal. Alen har den fördelen att den liksom ärtväxter är kvävefixerande och således tillför marken näring.³ På lång sikt kan man förvänta sig en succession mot skogsmark (Ledin 1999 s. 68).

³ Bradshaw uppger att en plantering av al kan fixera runt 60 kg N/ha x år (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 33).

Efterföljande skötsel

Man får räkna med en efterföljande skötsel under ett antal år innan vegetationen har etablerat sig och ett sammanhängande växttäcke erhållits. Åtminstone krävs en gödsling de första 5-6 åren innan ett naturligt kretslopp av näringsämnen har kommit till stånd. Dessa näringsgivor kan vara små, ca. 25 kg/ha/år av kväve; fosfor respektive kalium (Bradshaw & Chadwick 1980 s. 155).

Exakt hur lång tid av efterskötsel som är nödvändig är svårt att säga. I Sverige påbörjades de första efterbehandlingsprojekten under 70-talet och än så länge finns bara 15 gruvor som har efterbehandlats med dagens krav på begränsad syretransport (Eriksson 2006. s. 4). Samtliga befinner sig fortfarande i en skötsel eller är under utvärdering (Bjelkevik 2005 s. 9 och 39).

I USA ställer delstatsmyndigheterna upp krav på vegetationens täckningsgrad för att ett gruvbolag skall få överge en tidigare fyndighet. Exempelvis kräver Idaho att 90 % av den efterbehandlade ytan skall vara täckt av vegetation och att den skall ha varit under löpande skötsel under minst tre års tid. I det betydligt torrare Nevada räcker det med en täckningsgrad på 25% och i Colorado skall växttäcket ha samma täckningsgrad som omgivande vegetation (Berger 2002 s. 93).

Victor mine (Colorado). I förgrunden syns en efterbehandlad slänt och i bakgrunden tippning av gråberg på en pågående gråbergsideponi. Klimatet i denna del av USA är torrt och vegetationen får ett helt annat utseende än på de breddgrader där Aitik är beläget. (Bild hämtad ur: Berger 2002 fig. 63)

Vid växtetableringen brukar man använda ettåriga skyddsgrödor för etableringen av den långsammare täckgrödan. Vid skogsplantering kan på liknande sätt snabbväxande pionjärträd användas som omvegetation.

Skyddsgrödor

Spannmål:	
<i>Avena sativa</i>	havre
<i>Hordeum vulgare</i>	korn
<i>Secale cereale</i>	råg
Träd:	
<i>Alnus glutinosa</i>	al
<i>Betula pendula</i>	björk
<i>Larix sp.</i>	lärk

För att bygga upp näringsförrådet i marken sår man i regel in någon kvävefixerande ärtväxt (Ledin 1999 s. 29, 72f, Stjernman 2000 s. 17).

Gröngödslingsgrödor

<i>Coronilla varis</i>	rosenkronill
<i>Lotus corniculatus</i>	kärringtand
<i>Lupinus nootkatensis</i>	alaskalupin
<i>Medicago sativa</i>	alfa alfa
<i>Trifolium hybridum</i>	alsikeklöver
<i>Trifolium pratense</i>	rödklöver
<i>Trifolium repens</i>	vitklöver

Vid en lyckad efterbehandling kommer efter ett par år vegetationstäckningen att domineras av gräsarter. Det finns flera användbara grässorter som har en stor anpassningsförmåga till olika markförhållanden. Gräsets täta rotmatta binder jorden och förhindrar erosion.

Täckgrödor

<i>Agrostis canina</i>	brunven
<i>Agrostis stolonifera</i>	krypven
<i>Agrostis tenuis</i>	rödven
<i>Festuca ovina</i>	färsvingel
<i>Festuca rubra</i>	rödsvingel
<i>Festuca trachyphylla</i>	hårdsvingel
<i>Phalaris arundinacea</i>	rörflen
<i>Phleum pratense</i>	timotej
<i>Poa annua</i>	vitgröe
<i>Poa pratensis</i>	ängsgröe
<i>Poa trivialis</i>	kärrgröe

Efter hand kommer andra arter att sprida sig, i synnerhet vindspridda pionjärarter. Successivt kommer gräset att konkurreras ut och en skoglig succession ta vid (Ledin 1999 s. 29, 68ff).

Pionjärarter

Vedartade växter såsom:

<i>Alnus glutinosa/incana</i>	al
<i>Betula pendula/pubescens</i>	björk
<i>Calluna vulgaris</i>	ljung
<i>Pinus sylvestris</i>	tall
<i>Populus tremula</i>	asp
<i>Salix sp</i>	sälg, vide

Ruderatväxter t ex.

<i>Arabidopsis thaliana</i>	backtrav
<i>Crepis</i>	fibblor
<i>Epilobium sp.</i>	dunörter
<i>Logfia arvensis</i>	ullört
<i>Senecio vulgaris</i>	korsört
<i>Taraxacum</i>	maskrosor
<i>Tussilago farfara</i>	hästhov

2. GESTALTNING AV

VARFÖR GESTALTA?

”En rimlig ambition bakom landskapsutveckling i samband med industriella anläggningar borde vara att utformningen är av sådan kvalitet att den tillför landskapet nya värden.”

(Nilsson 1988 s. 205)

Det primära syftet med efterbehandling av förorenad mark är att minimera riskerna för att toxiska eller svårnedbrytbara ämnen sprids i biosfären. De visuella aspekterna är sekundära i detta sammanhang (Berger 2002 s. 61). Samtidigt kommer ett ingrepp till följd av gruvbrytning att vara synligt i århundraden eller rent ut av årtusenden. Etablering och utveckling av vegetation sker möjligen under någon eller några generationer, men de artificiellt skapade terrängformerna kommer att synas till nästa istid.

Frågan är hur vi väljer att betrakta landskap som formats av industriella ingrepp. Är de bara fula sår i landskapet som skall döljas efter bästa förmåga eller kan vi forma dem efter våra behov? Hur kommer framtidens människor att uppleva dessa landskap? Har vi ett ansvar att skapa ett estetiskt och funktionellt landskap för kommande generationer? Estetik är inte bara en fråga om vad som är vackert eller fult. Estetik är att se och uppleva, men också att synliggöra (Strelow 2004 s. 10ff).

Trettio år efter det att Faluns koppargruva stängde, efter många hundra års gruvdrift, så är gruvområdet utnämnt till världsarv. Vad hade hänt om man bestämt sig för att fylla igen gruvhålet, släta ut och täcka alla slagghögarna och plantera skog? Det är kanske dags att erkänna industrilandskapet som ett kulturlandskap, vid sidan av slätterängar, betesmarker och andra människopåverkade miljöer. Det är också ett naturlandskap med sina specifika värden. Gruvor, täkter och deponier är ofta refuger för växt- och djurarter vars naturliga livsmiljöer blir allt mer sällsynta i det hårt utnyttjade brukslandskapet. Gruvor och andra industrilandskap behöver därför hanteras efter sina platsspecifika förutsättningar.

Landskapsgestaltung tjänar i detta sammanhang även andra syften utöver de estetiska. I många fall är efterbehandlad mark oanvändbar för jord- och skogsbruk och annan areell verksamhet. Men mark är en resurs som kan återanvändas. Landskapsgestaltningen bör sträva efter att finna ny markanvändning. Det finns många exempel på hur gruvområden har gestaltats för att kunna utnyttjas till nya verksamheter (se exempelsamling nedan). Många gruvbolag har dotterbolag som utvecklar och säljer marken då gruvverksamheten upphör (Berger 2002 s. 159).

Före detta kolindustri i Gelsenkirchen. Idag utgör industribyggnaden kontorskomplex och gruvmrådet har blivit en landskapspark, Nordsternpark. År 1997 hölls en trädgårdsutställning ovanpå de gamla deponierna.

(Bild: Simon Fogelqvist)

POSTINDUSTRIELLA LANDSKAP

KONTRAST ELLER HARMONI

“Varje gång man står inför ett tekniskt ingrepp i landskapet, måste man ta ställning till frågan om detta skall erkännas som ett monument över mänsklig verksamhet, eller om det skall utplånas eller mildras, så att det blir mindre påfallande”

(Sven Hermelin, landskapsarkitekt och vägvårdskonsulent 1900-89)

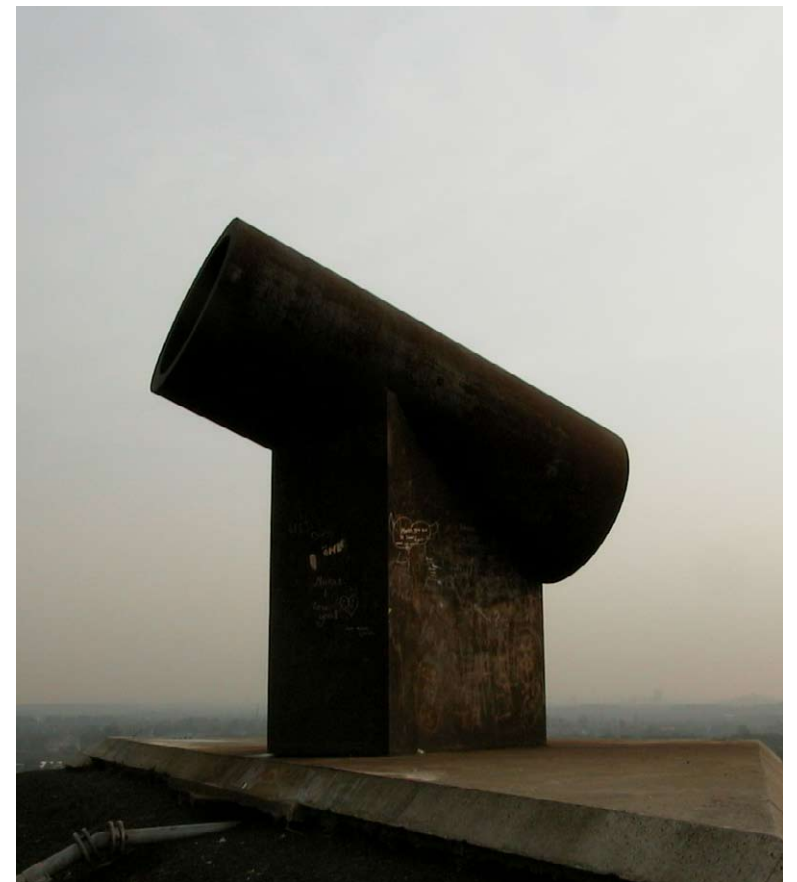
All konstnärlig verksamhet handlar i hög grad om att skapa kontrast eller harmoni.

Kjell Nilsson har i sin avhandling ”Industri möter landskap” analyserat ett flertal olika svenska industrianläggningar och deras landskapsgestaltning. Nilsson menar att gestaltungsidealet i Sverige har pendlat mellan en naturanpassad och en konstnärlig inriktning. Vid 1900-talets början samt under funktionalismen ville man snarast framhäva anläggningarna och kontrastera dem mot den omgivande naturen. Sedan slutet av 1960-talet har landskapsgestaltningen däremot kommit att handla om åtgärder för att dölja ingreppet eller, i möjligaste mån, få det att smälta in i landskapet. (Nilsson 1988 s. 52).

EN INTERNATIONELL UTBLICK

Även i Nordamerika och övriga Europa har de båda designinriktningarna mot harmoni respektive kontrast haft olika grad av representation under olika tider (Krinke 2001 s. 126). Om det i Sverige huvudsakligen har funnits en naturanpassad gestaltning under de senaste 30 åren så är det lättare att finna exempel utomlands på en, kontrasterande landskapsgestaltning. Oftast har dessa projekt skapats av konstnärer snarare än landskapsarkitekter. Krinke menar att landskapsgestaltning har fått en ökad betydelse vid efterbehandlingsprojekt (ibid s. 125). Det är också tydligt att gestaltungsfrågorna i samband med postindustriella landskap har fått ett ökat utrymme i den akademiska litteraturen (se bl a Berger 2002, Strelow 2004, Weilacher 1999).

Den amerikanske Harvardprofessorn Alan Berger är en av få landskapsarkitekter som intresserat sig för gruvindustrin och de nya landskap som uppstår till följd av gruvdrift. Han menar att anledningen till det bristande engagemanget är att landskapsarkitekter, i likhet med andra designinriktningar, är ovana att arbeta med landskapsprocesser där man saknar en slutgiltig bild av det ’färdiga landskapet’. Att återvinna ett landskap efter gruvbrytning innebär att man jobbar mot föränderliga mål, och med långa tidsperspektiv. Landskapsgestaltningen innebär i detta fall bara en början, där man skapar förutsättningarna för att de ekologiska processerna skall kunna ta vid (Berger 2002 s. 61-62).



Gestaltade upplag efter kolgruvor i IBA Emscher Park, Ruhr-området. Två distinkta toppar har blivit till tydliga landmärken i den tätbefolkade regionen. Två strålkastare riktade mot himlen skapar en ljus-show nattetid med olika färger och mönster. (Bild: Simon Fogelqvist)



Även en ganska rå industrimiljö kan bjuda på naturupplevelser. Här en kartfjäril som sökt sig till de pyramidala topparna. Liket många andra fjärilsarter söker den sig till högsta punkten för att finna en partner. (Bild: Simon Fogelqvist)



Land Art

Landskapets förgänglighet och föränderlighet har däremot intresserat många konstnärer inom den konstnärliga inriktning som kallas 'Land Art'. Den hade sin upprinnelse under slutet av 60-talet och var en del av den tidens avant-garde som vände sig mot det konstnärliga etablisemanget (Weilacher 1999 s. 11). Land Art-konstnärerna skapade skulpturala landformationer och installationer i landskapet, ofta i svårtillgängliga och avlägsna områden. De var sällan beständiga. Naturliga processer av erosion och nedbrytning var en del av den konstnärliga idén (ibid). Några uppmärksammade projekt från den tidiga Land Art rörelsen är bland andra 'Spiral Jetty', av Robert Smithson, och 'Complex One' av Michael Heizer.

Smithson och Heizer var också bland de första att uppmärksamma de möjligheter som uppstod för landskapskonst, så kallade 'earthworks' vid efterbehandling av gruvor. Smithson hann realisera ett gestaltungsprojekt med en gruva i Nederländerna (Spiral Hill and Broken circle) innan han dog 1973 i en flygplanskrasch i samband med inventering inför ett framtida projekt med en gruvdeponi för Minerals Engineering Company of Denver (Krinke 2001 s. 126-127, Strelow 2004 s. 157). Ett av Heizers mest kända verk är 'Effigy Tumuli' i Illinois, där han skapade hundratals meter långa jordskulpturer av mytologisk karaktär, ovanpå en gruvdeponi (Weilacher 1999 s. 29).

*Effigy Tumuli, Illinois, av Michael Heizer.
(Monumental Land Art of the United States
2008)*

Reclamation Art

Land Art har varit inflytelserik på den senare tidens landskapskonst- och arkitektur. 70-talets konstnärer hade dock sällan intentionen att återvinna eller utveckla landskapet. För dem var den konstnärliga intentionen viktigast, att kommentera eller skapa frågor om sin samtid (Strelow 2004 s. 12).

I vissa fall då konstnärer har anlitats till efterbehandlingsprojekt har det riktats kritik mot dem på grundvalen att de inte tar sig an landskapet som helhet, utan endast använder det som en bakgrund eller kuliss till sina installationer. Andra gånger har kritiken varit den motsatta, att de alltför drastiskt har förändrat landskapet till oigenkännlighet (Weilacher 1999 s. 29).

Nästa generation av konstnärer och landskapsarkitekter som arbetade med postindustriella miljöer ville också skapa ett konstnärligt uttryck, men framför allt sökte de designlösningar på de ekologiska och miljömässiga problemställningarna. Från att ha skapat installationer i landskapet blev uppgiften för konstnärerna att transformera industrilandskap till ekologiskt fungerande miljöer för rekreativa eller produktiva syften. Ibland har denna kategori av ekologisk landskapsdesign benämnts som 'Reclamation Art' (Strelow 2004 s. 12, 156).

En representant inom 'Reclamation Art' som varit framträdande i Europa är den tyske konstnären Herman Prigann. Sedan slutet av 80-talet har Prigann varit involverad i ett flertal projekt med syfte att restaurera och gestalta postindustriella miljöer, bland annat ett flertal gruvdeponier i Ruhrområdet inom det så kallade IBA Emscher Park. Han har också medverkat vid den europeiska bienalen för Land Art i Cottbus (1991, -93, -95)

*'Yellow ramp', av Prigann ligger på en före detta lignitgruva utanför Cottbus. Kännetecknande för Prigann är hans dragning till förhistoriska former och symboler. Pyramider, solur och cirkelformade stensättningar är återkommande inslag. Prigann säger själv att han använder sig av 'geoglypher'.
(Bilder hämtade ur: Weilacher 2001 s 176 – 188).*

Integrativ Landscape Design

Arkitekten Peter Eisenman har beskrivit landskapet som 'ett manuskript' (palimpsest). Han menar att landskapet hela tiden skrivs om, det gamla finns kvar men nya lager tillförs hela tiden. I sin egen design utgår Eisenman ofta från dessa delvis dolda och överlappande historiska lager och ger dem ny mening. Han räds inte att tillföra nya lager, men de får inte utplåna platsens tidigare historia (Krinke 2001 s. 128). Eisenmans teorier har fått stort genomslag inom landskapsarkitekturen under senare år. I synnerhet vid projekt som innefattar historiska eller postindustriella miljöer (Weilacher 2004 s. 116ff).

En av de landskapsarkitekter som har använt sig av Eisenmans designidéer i samband med efterbehandling är Peter Latz. Landskapsparken Duisburg-Nord, ritad av Latz und Partner, är ett av nära hundra projekt inom IBA (Internationale Bauausstellung) - Emscher Park. Ett av målen med IBA - Emscher Park är en miljömässig upprustning av före detta industrimiljöer i Ruhrområdet. Samtidigt vill man lyfta fram och synliggöra områdets industriella historia. Bland de förorenade miljöerna finns kolgruvor, deponier och stålverk. Duisburg Nord är ett stålverk som idag upprustats till park- och rekreationsområde. Stålverket står kvar och utgör ett magnifikt inslag i den nya parken. Omgivna av betong, grus och ruderatmarker ligger prunkande trädgårdar, "som oaser i öknen", i det som tidigare varit malm- och kolbassänger (se exempelbilder nedan). I Duisburg-Nord har Latz valt att inte helt utplåna spåren av den industriella verksamheten, eller, som han själv säger: att försöka omskapa ett industrilandskap vore att förstöra det för andra gången. Istället har han tillfört nya lager till platsen. Parkvägar går genom industriområdet, ibland upphissade på broar ovanför marken, träd är planterade i räta rader inne på fabriksområdet. Grönskan tar successivt över den tidigare sterila marken (Latz 2001 s. 158f).

*Duisburg-Nord av Peter Latz
Bild: Simon Fogelqvist 2006*



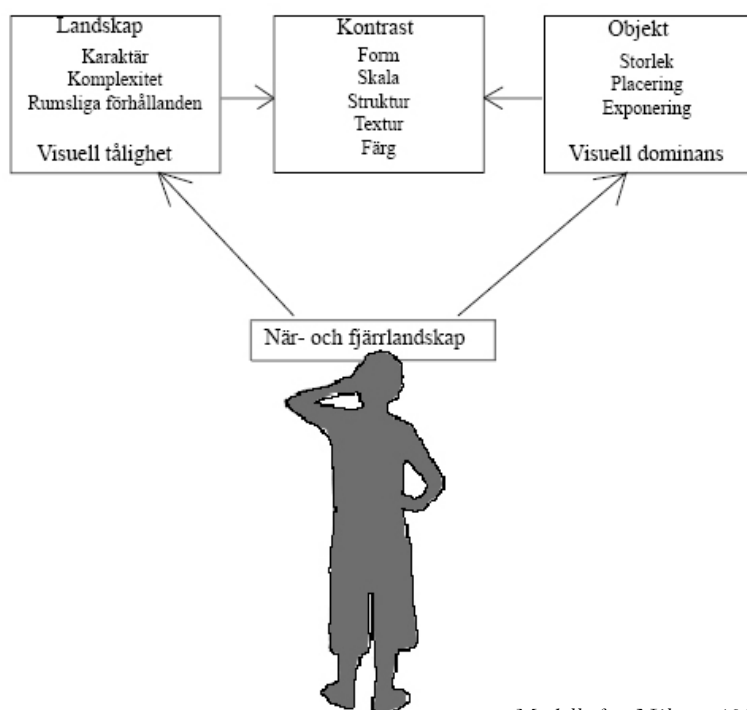
HUR SKALL MAN GESTALTA?

Landskapets visuella tålighet

Vid all landskapsgestaltning måste man på något sätt förhålla sig till det omgivande landskapet. Detta gäller både inför en förändring i form av exploatering eller ett landskapsingrepp som skall efterbehandlas. Landskapets karaktär bestäms bland annat av vegetation, topografi, bebyggelsemönster och markanvändning. Ett landskap kan vara slutet eller öppet och ha olika grad av komplexitet eller variationsrikedom. Vissa landskap är på grund av dessa egenskaper mer visuellt tåliga än andra. Landskapets rumsliga struktur spelar också roll för om objektet kommer att upplevas som visuellt dominant eller underordnat. Ett storskaligt ingrepp kan upplevas större i ett litet, avgränsat landskapsrum än i ett öppet och vidsträckt landskap. Det finns således ett samspel mellan rum och volym (Nilsson 1988 s. 141).

Landskapsingreppets visuella dominans

Man måste också analysera det befintliga eller blivande landskapsingreppet. Hur stor är anläggningen? Hur är den placerad i landskapet? Hur väl exponeras den sedd från olika riktningar? Hur länge kommer ingreppet att pågå och kommer det att synas efter fullgjord uppgift? Är anläggningens funktion uppenbar för betraktaren eller är det diffust eller osynligt? Det har visats att människor tenderar att vara mer skeptiska till fysiska ingrepp som de inte förstår eller sympatiserar med. Ofta finns det en mängd följdåtgärder i form av exempelvis luftledningar och trafikanordningar som kan upplevas som mer störande än själva anläggningen (Nilsson 1988 s. 124).



Modell efter Nilsson 1988

Kontrast/ samverkan

Ett industriellt ingrepp i naturen, exempelvis i form av gruvsdrift, kommer alltid lämna spår efter sig. När man exploaterar marken står man inför valet om man vill att ingreppet skall smälta in i, eller om det skall kontrastera mot det omgivande landskapet. Samma sak gäller vid en efterbehandling. Kontrast- eller samverkan uppstår i mötet mellan objekt och landskap genom skillnader i: Form, Färg, Skala, Struktur och Textur (Nilsson 1988 s. 141-202).

Form

Påverkan av is, vind och vatten har gett naturen dess organiska former. Sluttningar är i regel konkava eller konvexa och deras lutning högst varierad. Konstgjorda deponier är däremot platta och avbanade och deras sluttningar är raka med skarp slänttopp- och fot. Vill man att deponier och dammar skall smälta in bättre i omgivningarna bör man ge dem mjukare former och mer varierad höjd och lutning. Vill man däremot skapa kontrast kan man förstärka de kantiga linjerna och de geometriska formerna. Ett problem är att geometriska former är svåra att vidmakthålla på lång sikt eftersom erosionskrafterna verkar i ännu högre grad på skarpa hörn och kanter (ibid s. 147).

Färg

Deponier av sprängsten, sand eller annan mineraljord har i allmänhet avsevärt ljusare färg än omgivande terräng. Vissa mineraler kan avvika kraftigt i kulör. Med tiden får mineralerna en mörkare patina och smälter då bättre in. Eftersom en nyskapad mineraljord är ett dåligt växtsubstrat tar ofta en naturlig succession mycket lång tid. Som det tidigare har redogjorts för, så är det vanligast att man vid en efterbehandling sår en gräsblandning, ofta med inblandning av ärtväxter. De första åren brukar deponier som efterbehandlats på detta vis avvika genom sin bjärta grönska. Utan skötsel i form av slätter kommer grässvålen att efterhand anta den mogna vegetationens mattare färgskiftningar.

Färgkontraster avtar med avståndet. Upp till någon km, beroende på väder och tidpunkt, urskiljer man färg. På större avstånd är det framför allt skillnader i ljushet som är förhärskande (Nilsson 1988 s. 166). Flyg- och satellitbilder avslöjar på hög höjd ingrepp i jordskorpan genom mineraljordens reflektion av ljuset i jämförelse med den ljusabsorberande vegetationen.

Skala

”Människan är alltings mått”. Med detta uttryck menas att människan relaterar objekt i sin omgivning storleksmässigt till sig själva. Men vi kan också bedöma storlek efter andra referenser. Vi har lätt att uppskatta och jämföra storleken på andra människor, träd, och hus, även om de befinner sig långt ifrån varandra. Det bygger på erfarenhet och kallas storlekskonstanten (Nilsson 1988 s. 180-189). Däremot har vi svårare att bedöma storleken på storskaliga ingrepp i form av dagbrott, gruvdeponier och industribyggnationer.

Det finns olika skalnivåer i landskapet. I den lilla skalan urskiljer vi enskilda detaljerna medan vi i den stora skalan urskiljer de stora dragen. Kontrast uppstår när olika skalnivåer möts. Man kan välja att framhäva eller tona ned skalkontraster. Ett vanligt sätt att tona ned skalan på ett byggnadsverk är att plantera träd som på sikt, när de når sin fulla storlek, förmedlar en övergång mellan den stora och lilla skalan.

Struktur

Begreppet struktur innefattar ett flertal termer t ex disposition, gruppering, rytm och linjeföring (Nilsson 1988 s. 170- 179). Industriella ingrepp skapar nya mönster i landskapet. Kontrast uppstår när dessa bryter mot gamla mönster. Vägar, ledningar, diken och arbetsområdesgränser skapar linjära element som ibland korsar eller utplånar gamla landskapselement. Höga industribyggnader, skorstenar och deponier blir plötsligt nya inslag i landskapsbilden. Det kan ha en inverkan vilken disposition dessa får i terrängen. De kan utplaceras efter ett regelbundet strikt mönster eller placeras slumpmässigt utspridda. Rör det sig om många objekt, exempelvis vid lokalisering av vindkraftsparker, kan man gruppera dem i smågrupper eller stråk som följer befintliga strukturer, exempelvis en höjdkurva, dalgång, väg, vattenlinje eller skogsbryn. Det ger i regel en bättre anpassning till landskapet utan att helhetsupplevelsen går förlorad. Vill man istället framhäva de nya inslagen och skapa kontrast mot det omgivande landskapet väljer man som regel en tät, regelbunden formation (ibid).

I detta sammanhang lånar man ibland från musikterminologin begreppet rytm. När objekt eller grupper placeras så att de upprepas med ett visst intervall uppstår rytm (ibid s. 175).

Disposition och gruppering av objekt uppfattas i regel på korta till medellånga avstånd. På lång distans är det linjeföringen i landskapet som blir mest iögonfallande. I en kuperad terräng står horisontella linjer i skarp kontrast till omgivningarna. I ett flackt landskap framträder däremot vertikala linjer och former som mer kontrasterande (ibid s. 149). Linjer i form av vägar och ledningar som går parallellt med höjdkurvorna smälter bättre in i terrängen än linjer som går tvärs emot höjdkurvorna (jmf skidliftar). De vertikala linjerna förstärker däremot höjdskillnaderna och topografin (ibid s. 175).

Textur

Textur är ett uttryck för olika material och deras ytegenskaper. En yta kan till exempel beskrivas med ord som finkornig/grovkornig, jämn/ojämn, hård/mjuk.

Ytans egenskaper har betydelse för hur formen upplevs. En slät, jämn yta framhäver formen medan en grov och ojämn textur döljer den. Vegetation är i detta sammanhang att betrakta som ytegenskaper. En kortklippt, tät grässvål är slät i jämförelse med en friväxande växtlighet. Buskar och träd ger upphov till en mjuk och ondulerande yta som i hög grad döljer underliggande former. Mager mark, som är fallet vid deponier av sprängsten och ren mineraljord, koloniserar långsamt och glest medan näringsrik jord får en tät och högvuxen vegetation (Nilsson 1988 s. 190-197). Kontrast uppstår när ytor med olika egenskaper möts.

När- och fjärrlandskap

Upplevelsen av ett landskap förändras när man rör sig genom det. Den visuella dominans- och kontrastverkan som ett objekt utövar beror till stor del på vilket avstånd betraktaren befinner sig. Man talar i detta sammanhang om när- och fjärrlandskap (Nilsson 1988 s. 125-127). På korta avstånd (upp till ett par hundra meter), uppfattar ögat tydligast detaljer som enskilda objekt, färger och tredimensionella former. På längre avstånd (>1/2 – 1 km) kan vi inte urskilja detaljer. Enskilda former och objekt, exempelvis träd och buskar, uppfattas som färgskiftningar, mönster och textur. På riktigt långa avstånd noterar ögat linjeföring, kontraster i ljus, och eventuell siluettverkan.

Ibland har man också använt de konstvetenskapliga termerna förgrund, mellangrund och bakgrund för att beskriva landskapets djup (ibid). Vad vi upplever som förgrund och bakgrund beror i stor utsträckning av landskapets skala och var vi fäster blicken. I princip kan man säga att ju mindre landskapsrum och ju kortare betraktelseavstånd desto större detaljrikedom kan man använda sig av i gestaltningsarbetet och vice versa.

Ett objekt som på nära håll upplevs som dominerande kommer av naturliga skäl att allt mer smälta in i landskapet med stigande avstånd. Men det är inte bara avståndet som bidrar till detta utan

också betraktarens perspektivpunkt. När betraktaren befinner sig lägre än objektet, och således ser det ur ett grodperspektiv, dominerar det synfältet mer. Uppmärksamheten dras då gärna till detaljer i förgrunden och den rumsliga avgränsning som objektet utgör. En upphöjd position gör att man ser längre, förgrunden får mindre betydelse och objektet smälter mer in i landskapet (ibid s. 124).

Av dessa anledningar bör man identifiera de platser varifrån man kommer att se ett landskapsingrepp. Avståndet till, och det perspektiv på objektet, som betraktaren kommer att ha, är avgörande för hur hon kommer att uppfatta det.

Ibland placerar man jordvallar mellan bebyggelse och ett industriområde som buller- och insynsskydd. Det är ett effektivt sätt att dölja ett ingrepp från en viss blickpunkt. En liten jordhög kan dölja ett berg, om den ligger tillräckligt nära betraktaren. Men det är en åtgärd som bör göras med eftertanke. Om man helt döljer det bakomliggande landskapet riskerar vallen att dominera rummet och synfältet i högre grad än det ingrepp man ville dölja. Samtidigt hamnar vallen närmare betraktaren och ögat noterar i högre grad detaljer som färg, form och textur. Gestaltningsarbetet kräver då en större detaljrikedom.

Guldgruva tillhörande South Area Operations (Nevada). Landskapsingrepp efter grundrift står ofta i skarp kontrast mot omgivande landskap genom skala, form, färg, textur och struktur. Det visuella intrycket beror också av vilken höjd och vilket avstånd betraktaren befinner sig. (Bild hämtad ur: Berger 2002 fig. 60)

1.

4.

6.

2.

EXEMPELSAMLING

1. *Våtmark på f d sandmagasin, Miami cu-mine (Berger 2002 fig. 147)*
2. *Dammvall revegeteras (Berger 2002 fig. 58)*
3. *Edna kolgruva (USA). Vattentrappa (Berger 2002 fig. 114)*
4. *Coastal park, Wales (Weilacher 1999)*
5. *Geraldton guldgruva, Kanada, gestaltad av Maria Schwarts (Ministry of Northern Development and Mines 2008).*
6. *Rheinelbe skulpturpark av Hermann Prigann, Rhurområdet. (Weilacher 1999)*
7. *Yellow ramp, Cottbus av H. Prigann (Weilacher 1999)*

3.

5.

7.



3. ANALYS

LANDSKAPSBESKRIVNING

Lokalisering

Aitik's koppargruva ligger i Norrbottens län cirka 15 km sydöst om Gällivare och 6 mil norr om polcirkeln. 2 mil väster om gruvan ligger fjällmassivet Dundret, som är ett dominerande inslag i landskapsbilden. Aitik omges av ett berg/kull-landskap som karaktäriseras av mjukt avrundade bergstoppar med vida dalgångar. Sandmagasinet är lokaliserat i en sådan dalgång mellan bergen Ahmavaara, Kaddivaara och Kiilavaara vars toppar når höjder strax över 400 m.ö.h. Öster om Aitik ligger Sakajärvisjön och byarna Sakajärvi och Liikavaara.

Klimat

Klimatet klassificeras som fuktigt kalltempererat och karaktäriseras av kalla somrar och stränga vintrar (Stjernman 2000). Aitik ligger på gränsen mellan växtzon 7 och 8, strax nedanför fjällregionen (Svensk trädgård 2008). Vegetationsperioden uppgår till ca 120 dygn och medeltemperaturen under året är $-0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, kallast i januari med en medeltemperatur av $-14,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, och varmast i juni med $13,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Årsnederbörden uppgår till 554 mm varav det mesta faller som snö (SMHI 2008). På grund av det kalla klimatet är evaporationen låg och risken för torra liten, åtminstone på den naturliga moränen.

Den dominerande vindriktningen är västlig. Stundtals kan vinden bli mycket stark över sandmagasinet, vilket medför att det kan damma åtskilliga hundra meter från magasinet.

Odlingsförhållandena får betraktas som svåra och valet av växtmaterial vid en efterbehandling är därför starkt begränsat.

Kommunikationer

E10:an mellan Gällivare och Luleå passerar norr om gruvområdet. En mindre landsväg går söderut från Gällivare till Nattavaara by och passerar klarningsmagasinet. Parallellt med denna väg går också malmбанan. Norr om gruvan på andra sidan av E10:an ligger Gällivares flygplats. Några mindre skogsvägar leder upp från Sakajärvi mot Kiilavaara och Leipipir men i övrigt är området söder om gruvan väglöst land.

Karta som visar Aitik med omgivningar baserad på Lantmäteriverkets marktäckedata, vägkartan och topografiska kartan. De ljus- och mörkgröna ytorna ger en generaliserad bild av vad som är öppen respektive sluten vegetation. Ljusgröna partier utgörs mestadels av myrmarker medan mörkgröna partier är skog. Kartan visar även vägar, vattendrag, topografi och omgivande bebyggelse.

Vegetation

Aitik omges till största delen av skogsmark.

Tallskog dominerar på de torrare markerna, och är oftast av larvistyp med fältskikt av kråkris, *Empetrum nigrum*, lingon, *Vaccinium vitis-idaea*, och ljung, *Calluna vulgaris* (Nilsson 1996).

Granskog dominerar på fuktigare partier och i svackor. Björk och sälg är vanligt förekommande inslag medan asp och al förekommer men är mindre vanligt. Vegetationen i granskogen är vanligen av frisk ristyp, med mossor i bottenskiktet och blåbärsris, *Vaccinium myrtillus*, i fältskiktet. Både tall- och granskogen är i regel fattiga på örter (ibid).

Skogsmarkerna som omger Aitik hyser också stora myrmarker. Innan gruvbrytningen tog vid utgjordes naturen i låglandet mellan Kaddivaara, Ahmavaara och Kilavaara till störst del av öppna myrar.

Geologi

De dominerande jordarterna i Aitikområdet är sandig- till siltig morän över fast lagrad bottenmorän/lera. Jorddjupet i området är mellan 2 och 31 meter med ett medeldjup på ca 15 meter. Överliggande morän schaktas bort vid nya omtag i gruvan och används för efterbehandling av gråbergsdeponierna samt vid dammbyggnationer.

Genom att malmen skär markytan i dagen utgörs delar av moränen av eroderat malmmineral. Därmed innehåller moränen sydost om Aitik naturligt förhöjda halter av svavel och metaller.

Aitik ligger nedanför den kaledoniska fjälkedjan inom den så kallade Baltiska skölden (urberget) i ett område med högmetamorf, vulkaniska bergarter av prekambrisk ålder (1,9 – 1,8 miljarder år gammal). Metamorfosen av Aitikområdet har medfört en ökad kornstorlek på malmmineralen vilket medför att det blir ekonomiskt lönsamt att bryta tillgångarna (Eriksson et al 2006 s. 7).

Bergarterna utgörs framför allt av gnejs och diorit som övergår till biotit- och muskovitskiffer i malmzonen. Mineral i malmzonen utgörs till 92 volym-% av kvarts, kalifältspat, plagioklas, biotit och muskovit. Malmmineral domineras av kopparkis och pyrit som utgör ca 2 volym-% (ibid).

Malmzonen befinner sig ca 200 meter ned i dagbrottet. Den del av berget som ligger under malmkroppen kallas liggvägg medan den del som ligger över kallas hängvägg (ibid).

Hydrologi

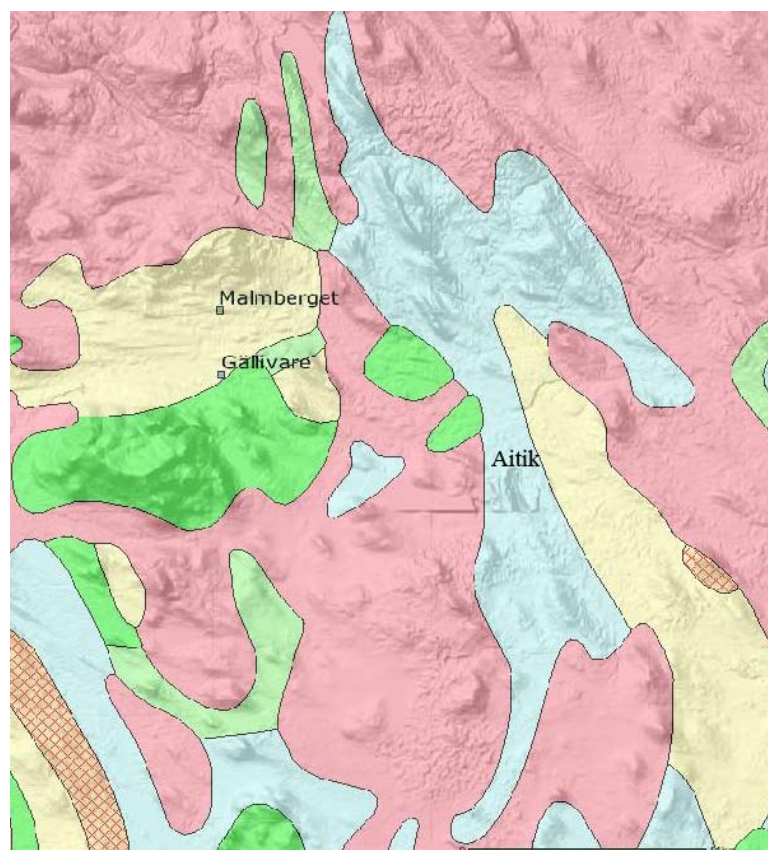
Aitik ligger i Sakajärvisjöns och Liinaälvens tillrinningsområde som begränsas av Ahmavaara och Kiilavaara i söder. Den östra delen av gruvområdet, där gråbergsmagasinen ligger, sluttar mot Sakajärvisjön som har sitt utlopp till Liinaälv. Sandmagasinet sluttar mot väster där klarningsmagasinet ligger.

Innan dalgången dämades upp och sandmagasinet anlades, fanns på denna plats en grund sjö, Aitiksjön, omgiven av myrmarker. Vattnet rann vidare från Aitiksjön till Leipijoki och Vassaraälven som förenas med Liinaälv. Norra delen av Leipipirs högland avvattades därmed via detta vattensystem. Idag är de naturliga bäckarna från Leipipir avskurna av diken som leder vattnet förbi sandmagasinet för att förhindra att det förorenas.

Vattnet från klarningsmagasinet och gråbergsupplagen leds via diken till dammar och återanvänds vid anrikningsprocessen. Den malda sanden pumpas sedan löst i vatten ut i sandmagasinet med 40 000 liter/minut. Vatten pumpas också kontinuerligt ur dagbrottet med ca 5000 liter/minut (Studiebesök Aitik 2006). I det stora klarningsmagasinet väster om sandmagasinet sedimenteras de minsta partiklarna. Det tar flera år för vattnet att omsättas i klarningsmagasinet och vattenkvaliteten är relativt god. Vid stora flöden släpps överskottet ut i Leipijoki och vidare ut i Vassara- och Liinaälv.

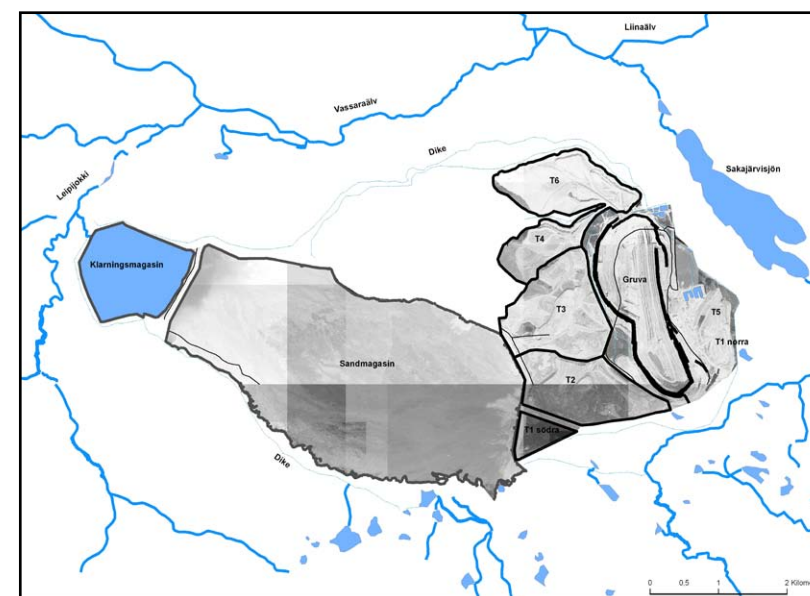
De uppmätta halterna av koppar och andra tungmetaller i det vatten som släpps ut från gruvan är för närvarande låga.

Berggrundskarta över området kring Gällivare och Aitik (SGU 2008-05-03)



- Yngre granit och pegmatit
- Gråvacka, skiffer, och kvartsit, delvis omvandlade till gnejs och migmatit
- Basiska bergarter, Gabbro, diorit, amfibolit
- Sura och intermediära vulkaniska bergarter, delvis migmatitomvandlade

Sjöar och vattendrag som omger Aitikgruvan. Överskottsvattnet från klarningsmagasinet rinner ut i Leipijoki som sedan förenas med Vassaraälv och Liinaälv. Liinaälv förenas så småningom med Kalixälven. (Karta bearbetad från LMV marktäckedata)



Plansituation

Gällivare kommuns översiktsplan, antagen 1991 och aktualiserad 1998 redovisar Aitik som ett område för gruvnäring. Eftersom området runt gruvan är starkt miljöpåverkat bedöms det som ett ekologiskt känsligt område där ytterligare påverkan på naturen skall undvikas inom ett ca en kilometer brett område (Översiktsplan 1991, Karta A och B).

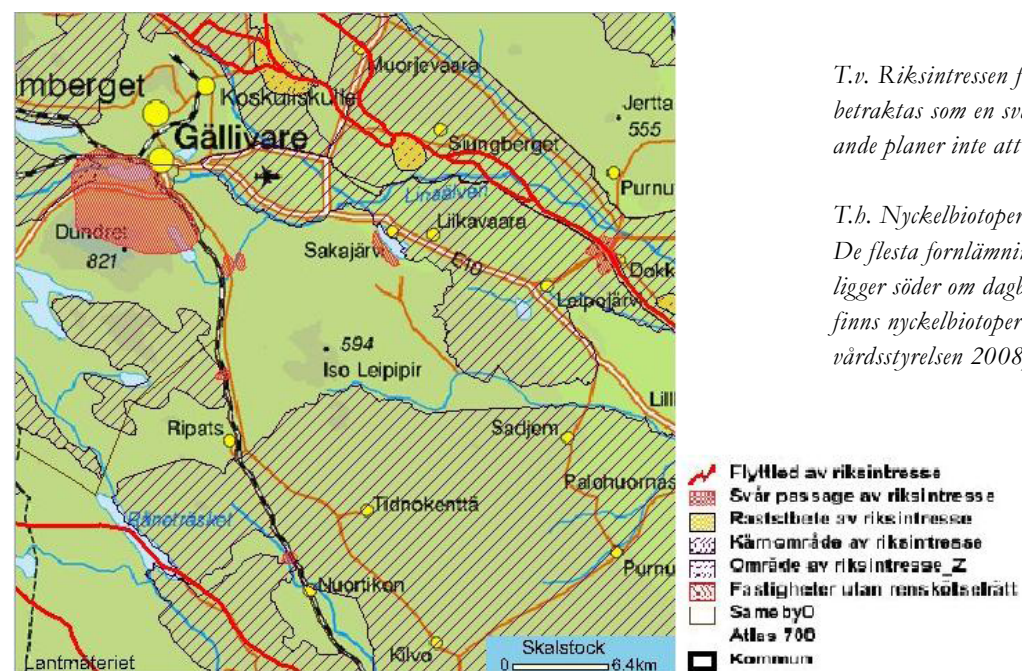
Områdesbestämmelser, antagna 1989-12-14, anger att området skall användas för industri samt har minskad bygglovsplikt.

Leipipir betecknas som ett område av bevarandebete för allmänt friluftsliv och exploatering kräver samråd enligt skogs-vårdslagen (ibid).

Aitikgruvan och området däromkring är klassat som en riksintressant fyndighet i Norrbottens län enligt miljöbalken 3 kap 7§, angående mark- och vattenområden som innehåller värdefulla ämnen eller mineraler. Det innebär att kommunen och de statliga myndigheterna inte får planera för eller lämna tillstånd till verksamheter som kan förhindra eller påtagligt försvåra ett utnyttjande av resurserna, t ex genom annan exploatering eller skyddsbestämmelser (SGU 2008-05-03).

Området norr och öster om Aitik är också ett kärnområde av riksintresse för Gällivare skogsby. Skogslandet norr om E10 utgör vinterland för renarna medan Leipipir med omgivningarna söder om E10 utgör sommarland. Aitik ligger mitt i flyttleden mellan de två områdena och passagen mellan gruvområdet och Sakajärvisjön bedöms som en svår passage av riksintresse (Ren 2000 s. 83).

En ny detaljplan för Aitik upprättades hösten 2007 i syfte att utöka gruvområdet och ytterligare bygglovsbefria vissa typer av åtgärder. Detaljplanen medger att deponierna får byggas till 450 m ö h och att byggnader får uppföras med en högsta totalhöjd av 70 meter. Den svåra passagen för renar har säkerställts i planen och kommer ej att beröras av den framtida utvidgningen. Detaljplanens miljökonsekvensbeskrivning fastslår att landskapsbilden kommer att påverkas av planförslaget och att miljömålet om en god bebyggd miljö kommer att motverkas. Jämfört med nollalternativet anses ändå konsekvenserna för landskapsbilden bli måttliga (Ripa 2007 s. 8).



Kulturhistoriska värden

Aitik ligger i östra Norrbottens inland över högsta kustlinjen. Bosättning och agrar utveckling är i detta område av relativt sent datum. Fångstkultur har vid sidan av jordbruket bedrivits långt in i modern tid. Fornlämningar liksom den äldsta bebyggelsen återfinns i de större älvdalarna kring Kalix- och Torneälv (Höglin 1998). Jordbruk och nybyggarsamhällen tycks i trakterna kring Gällivare ha uppstått vid mitten av 1700-talet. Det sammanfaller med den tidpunkt då Gällivare malmfält upptäcktes (ibid s. 13). Vid denna epok skedde också en omorganisation av det samiska samhället. Olika meningar råder om när renskötseln uppstod. De flesta är dock överens om att renskötseln övergick från att bedrivas intensivt över små territorier där renarna vallades och mjölkades till en mer extensiv form med stora hjordar som rörde sig över större områden. Den organisation av samebyarna vi ser idag med långsträckt öst-västliga territorier där renarna rör sig mellan vinter- och sommarbetesland uppstod därför kring 1700-talet (Länsstyrelsen i Norrbotten 1998 d. 48-49). Förändringarna i det samiska samhället ledde också till en ökad kolonialisering av inlandet. Nybyggarna hade dels ett samiskt ursprung, dels en bakgrund från finska områden i Tornedalen och Finland (Höglin 1998 s. 28).

2006 genomförde Norrbottens museum en kulturvärdesinventering i de områden kring Aitik som kommer att påverkas av utvidgningen. 42 lämningar har registrerats i det inventerade området, framför allt söder om Aitik. Fornlämningar som berörs av projektet har för- och slutundersökts under 2007. Det rör sig framför allt om härdar som använts av jägare och renhållare daterade från järnålder och framåt. Ett 20-tal av dessa lämningar kommer att försvinna vid utvidgningen (Eriksson et al 2007 s. 12)

Utvidgningen av Aitik får konsekvenser för renskötseln genom att en beteshage måste flyttas samt ett betesbortfall på 230 ha då stängslet runt gruvan flyttas ut. Passagen av riksintresse utmed Sakajärvisjön berörs dock inte. Flytten av renar mellan vinter- och sommarbetesland sker idag till störst del med lastbil och Boliden ersätter till viss del samebyn för transporter enligt överenskommelse (MKB 36 Mton s. 6)

T.v. Riksintressen för rennäring. Området väster om Sakajärvisjön betraktas som en svår passage av riksintresse. Gruvan kommer enligt nuvarande planer inte att expandera åt detta håll (Ren 2000).

T.h. Nyckelbiotoper och andra värdefulla naturvårdsobjekt samt fornminnen. De flesta fornlämningar som inventerats inför utbyggnaden av gruvområdet ligger söder om dagbrottet och gräbergsupplagen. Söder om sandmagasinet finns nyckelbiotoper som också kommer att beröras av utbyggnaden (Skogs-vårdsstyrelsen 2008).

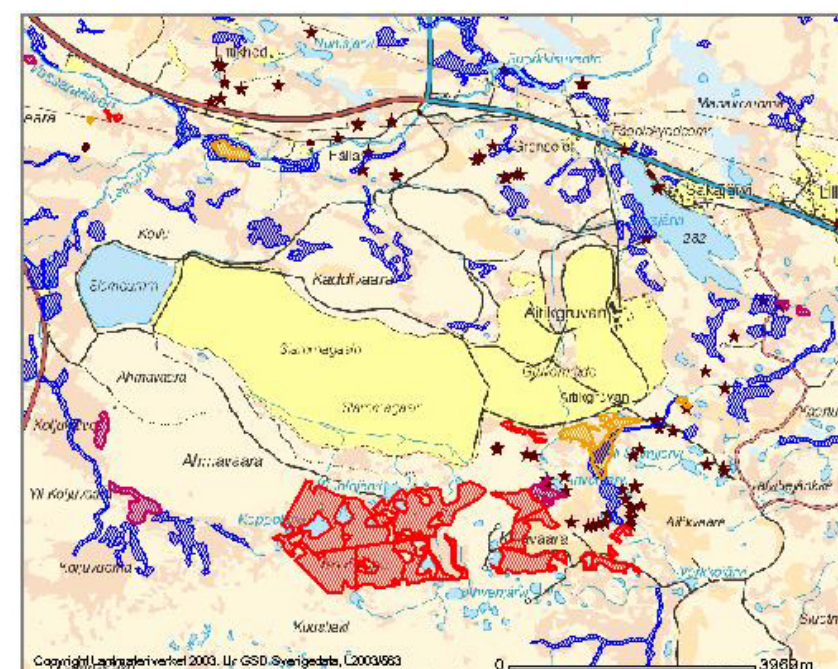
Naturvärden

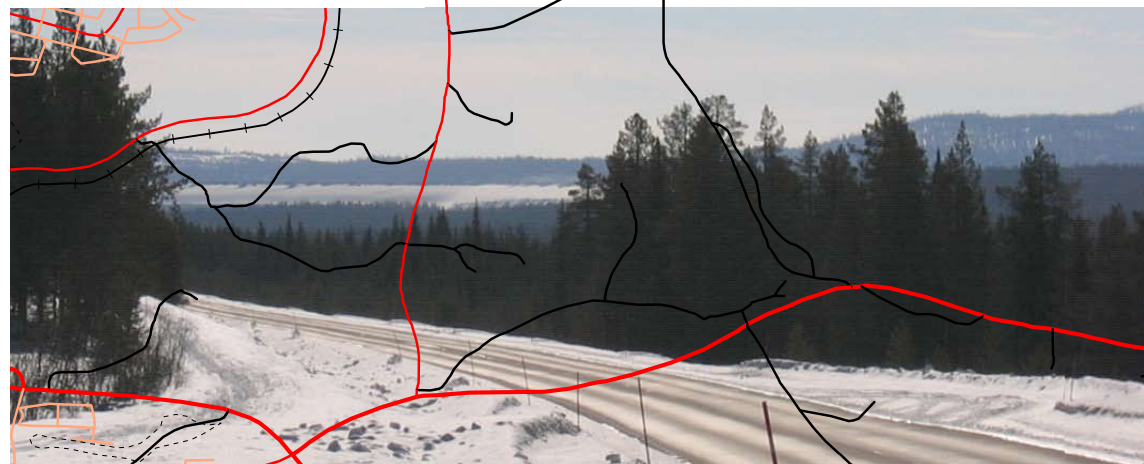
Alldeles söder om Aitik ligger ekoparken Leipipir. Området är ett av landets största och finaste urskogsområden nedanför den fjällnära regionen. Leipipir är ett högland som till största delen ligger högre än 400 m ö h. Området omfattar drygt 14 000 ha. Ca 40 % upptas av myrmarker. De östra delarna av dessa utgör klass 1-objekt i länsstyrelsen våtmarksinventering. Den övriga arealen utgörs av skogar av fjällskogskaraktär och hyser en rad av skyddsvärda biotoper likväl som en mängd hotade arter (Nilsson 1996). Söder om Aitik finns nyckelbiotoper i form av myrmarker och brandpåverkad skog som kommer att påverkas av en framtida utvidgning av sandmagasinet (MKB, Detaljplan 2007 s. 10).

Leipipir ägs av Sveaskog som år 2006 avsatte det till ekopark. Detta är en skyddsform som tillåter ett visst skogsbruk men där natur- och kulturvärden sätts i främsta rum. På sikt ser gärna Sveaskog att området utvecklas för naturturism (Sveaskog 2008).

Leipipirs skyddsvärde förstärks av att det har ett tätortsnära läge och är populärt för friluftsliv och rekreation. Leipipir nås lättast från väster, från vägen mellan Gällivare och Nattavaara. Vid Snjirra har tidigare legat en friluftsanläggning och därifrån utgår markerade stigar. Men i övrigt är Leipipir ett väglöst land som påverkats i mycket ringa grad av mänsklig aktivitet.

Länsstyrelsen har framfört att Leipipirs närområde bör skyddas från framtida exploateringar. Det föreligger därför en viss risk för intressekonflikt med Aitikgruvans framtida utvidgningar.

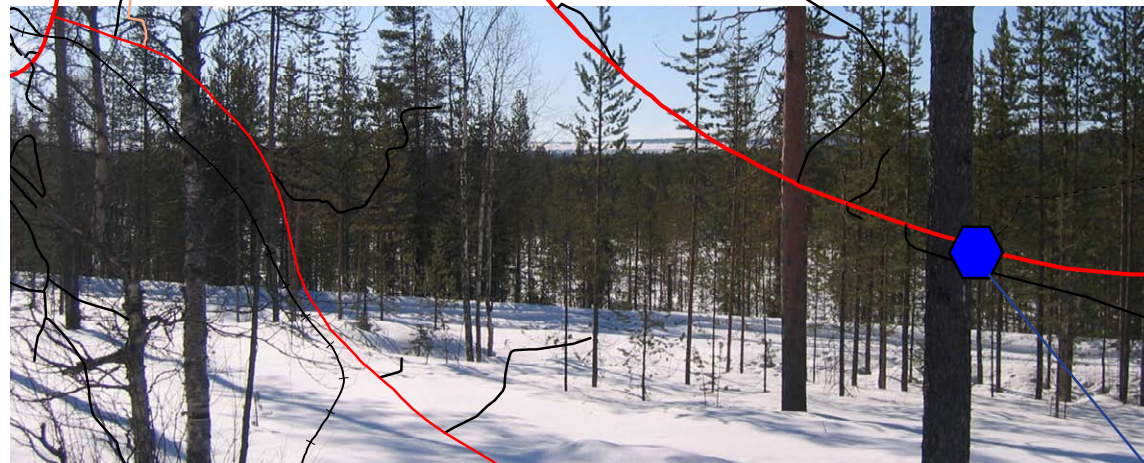




Vid Nunisvaara, ett par kilometer öster om Gällivare, får man den första utblicken mot dammvallarna som omsluter sandmagasinet. Bortom sandmagasinet skymtar Leipipirs högland.



T6:ans gräbergsupplag syns från E10:an vid Grenselet.



En stor del av vägen förbi Aitik går nere i dalgången, omgiven av skog. Sikten in mot sandmagasinets dammvallar är här begränsad. I dagsläget skymtar man endast dammvallarna mellan träden.

E10



Från Sakajärvi ser man T5:an - och T6:ans gräbergsupplag samt gruvlaven som sticker upp ovan trädtopparna. Denna kommer att rivas vid den framtida utbyggnaden av gruvan.

Aitik

Från skogsvägen som leder upp till Kiilavaara har man utblick över gruvområdet. Långt bort i väster ser man Dundret som är ett viktigt rekreations- och naturområde i Gällivares närområde. Även uppifrån Dundret har man en vidsträckt utblick över Aitik.



Mot Nattavaara
Malmbanan

AITIK – SITUATIONSPLAN (2008)

Dagbrottet

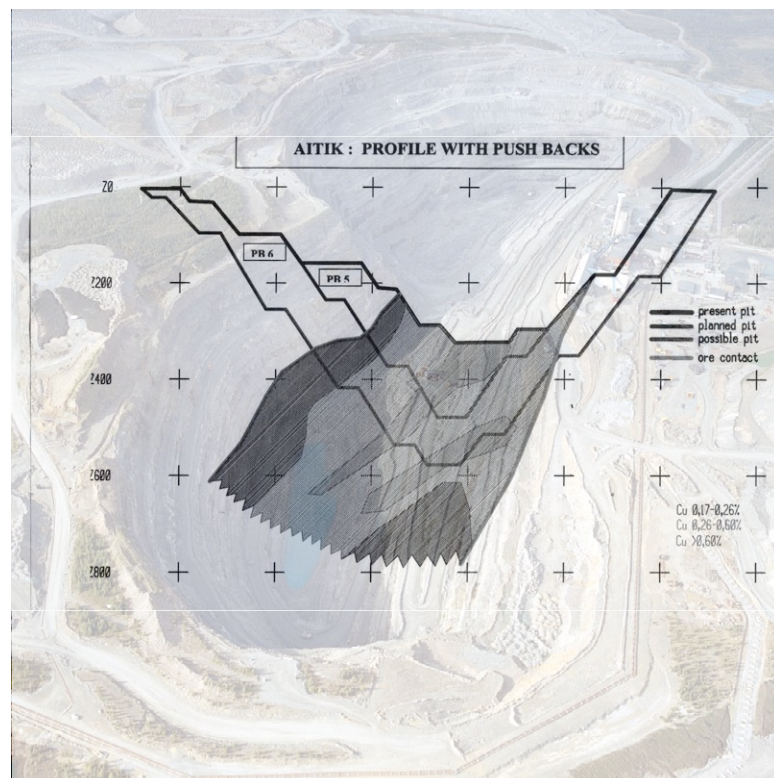
Dagbrottet är cirka 3 km långt och 1 km brett. Markytan kring dagbrottet ligger på ungefär 360 meter över havsnivån. Djupet i norra delen av dagbrottet är för närvarande drygt 400 meter, dess botten ligger alltså lägre än havsytan, vilket gör det till den lägsta belägna punkten i Norrbotten. För närvarande bryts i genomsnitt 28 000 m³ (56 000 ton) malm och 40 000 m³ (80 000 ton) gråberg per dag. Totalt har man brutit närmare 500 Mton malm sedan gruvan startades och ungefär lika mycket gråberg (Boliden Mineral AB 2006(A), s. 6). Den totala brytningen kommer att öka samtidigt som andelen avfallsberg kommer att öka i takt med nya omtag (Lindvall 2005 s. 7).

Kontor och anrikningsverk ligger på östra sidan av dagbrottet.

Gråbergsupplagen

Icke malmhaltigt gråberg, deponeras i gråbergsupplag med benämningarna T1 – T6 (se flygbild).

I T6:an deponeras särhållet gråberg, så kallat miljögråberg, som har ett lågt sulfidinnehåll (<0,1 % svavel och <0,03 % koppar). Miljögråberget används som vägförstärkning och ballastmaterial. NCC har en stenkrossanläggning på södra sidan av T6:an. I övriga upplag deponeras gråberg med högre halter av pyrit och tungmetaller. Gråbergsupplagen täcker en yta av ca. 700 ha.



Sektion över dagbrottet: Malmkroppen befinner sig ca 200 meter under marknivån och den lutar från öster till väster. För varje omtag man gör måste man därför spränga sig djupare ned i berget och andelen avfallssten ökar.

Sandmagasinet

Från anrikningsverket pumpas det dagligen ut ca 27 700 m³ sand i sandmagasinet (Lindvall 2005). Vattnet avsätter sanden med en jämn lutning i magasinet. Magasinet är 5 km långt och höjdskillnaden mellan östra och västra delen på 20 m ger en lutning på blott 0,4 %. För närvarande är sandmagasinet cirka 1140 ha stort med en snitthöjd av ungefär 20-25 meter. Ca 200 miljoner m³ har hittills deponerats i sandmagasinet. Beträktaren upplever sandmagasinet som helt plant och öppet, i avsaknad av vegetation.

De grövre fraktionerna av sanden avsätts vid inloppet i magasinets östra del, medan de finare fraktionerna, mjåla-mo, avsätts intill utloppet i den västra delen (ibid s. 5). Västra delen av magasinet har därför en låg genomsläpplighet på ca $2,5 \times (10^{-6} - 10^{-7})$ m/s. Genomsläppligheten i östra delen är ca 10 x högre. Generellt är genomsläppligheten också högre i de övre 10 m jämfört med de nedre (Axelsson et al. 1993). En mindre del av magasinets västra del står under vatten.

Den låga årsmedeltemperaturen medför att det i stora delar av magasinet råder permafrost.

Klarningsmagasinet

Vattnet rinner från sandmagasinet till klarningsmagasinet där partiklar sedimenterar innan vattnet recirkulerar till anrikningsverket. Högsta nivån för vattnet i magasinet är 352,5 m ö h. Klarningsmagasinet upptar en yta av ca 170 ha.

Dammarna

Sandmagasinet och klarningsmagasinet innesluts av dammar med benämningarna A-B, C-D, och så vidare upp till I-J. Dammarna byggs successivt på med en inåtgående metod. Vid varje höjning kommer dammtån att vila mot föregående dammkrön. De dammar som innesluter vatten (E-F, G-H och I-J) dimensioneras i enlighet med RIDAS' dimensioneringskrav för vattenkraftdammar. Övriga dammar är så kallade stödbankar för anrikningssanden och har lägre stabilitetskrav.

Dammen A-B har en nuvarande krönböjd av + 395 m, krönbredden är 5 m och den yttre släntlutningen är 1:3 eller flackare.

Dammen C-D har ett lutande krön mellan +385 och +383 meter.

Dammen E-F är sandmagasinets västligaste dammavall och får den största belastningen då vattnet ansamlas vid utskövet till en sjö.

Dammen har krönböjden +374 meter och en släntlutning på 1:3 eller flackare.

Dammen G-H har ett lutande krön på +374 till +371 meter. Släntlutningen är 1:3 eller flackare.

G-H dammen är den högsta dammen i förhållande till omgivande mark, ungefär 30 m.

Dammen I-J innesluter klarningsmagasinet. Den har en krönböjd på +355 meter och släntlutningen är på både in- och utsidan 1:2. Dammen är på insidan förstärkt med sprängsten som skydd för erosion. Dammens höjd i förhållande till omgivande mark är ca. 15 meter.



AITIK – FRAMTIDA UTVIDGNING (2025)

Det är omöjligt att säga hur lång Aitikgruvans livslängd blir. Nya malmfyndigheter har påträffats som med dagens teknik och produktionskostnader vore lönsamma att exploatera. Nyligen har man fått tillstånd att öka produktionen till 36 miljoner ton/malm per år. Med denna produktionstakt beräknas gruvan vara i drift till 2025. Det innebär att ytterligare 600 Mton malm kommer att brytas, ungefär en fördubbling av hela produktionsvolymen fram till år 2008. Även avfallsmängderna kommer därmed att fördubblas (Boliden Mineral AB 2006(A)).

Om produktionen fortsätter ännu längre eller nya malmfyndigheter påträffas kan avfallsmängderna komma att öka ytterligare. Det är då inte säkert att avfallsdeponierna räcker till längre. Redan tidigare har Boliden utvärderat möjligheten att uppföra ett nytt sandmagasin och gråbergsupplag söder om det befintliga gruvområdet i anslutning till ett nytt dagbrott vid Salmijärvi. Det skulle innebära att ny, oexploaterad mark, tas i bruk. Det nya gruvområdet skulle angränsa till Sveaskogs ekopark i Leipipir. Den planerade utvidgningen av Aitik skulle kunna komma i konflikt med naturvårdsintressena i Leipipir samt samebyns intressen då kalvningslandet påverkas och passagen för renarna norrut ytterligare försvåras.

I det följande redogörs för de höjder och den utbredning som gruvområdet kommer att få enligt det nu gällande tillståndet för 36 Mton med en beräknad drift till och med år 2025, baserat på den tekniska beskrivningen för Aitik 36 Mton.

Dagbrott

Brytningen i det befintliga dagbrottet kommer att fortsätta till ett planerat djup av cirka 600 meter (dvs 240 m u h) Eventuellt kommer ett nytt dagbrott att öppnas strax söder om det befintliga vid Salmijärvi. Tillstånd har ännu inte sökts för detta dagbrott.

Dagbrotten kommer vid gruvverksamhetens upphörande att vattenfyllas på naturlig väg då pumpningen upphör. Det kommer att ta 150 – 400 år för det befintliga dagbrottet att fyllas (Eriksson 2006 s. 12).

Ny industribebyggelse

Dagens anrikningsverk samt kontorsbyggnader kommer att rivras eftersom de står ovanför nya malmfyndigheter. Ett nytt anrikningsverk med kringliggande industriområde kommer att byggas sydväst om dagbrottet på Kiilavaaras sluttning. Det kommer att stå färdigt år 2010 och därefter kommer man att uppnå produktionsnivån på 36 Mton/malm per år. En ny anslutningsväg har byggts från den tidigare infarten från E10:an. Ett nytt industriområde med krosstation, verkstäder samt nya kontorslokaler anläggs öster om dagbrottet.

Nytt stickspår till malmbanan

Järnväg kommer att utgå direkt från Aitik för transport av kopparlig till Rönnskär. Eventuellt kommer man även att kunna frakta ballastmaterial av miljögråberg från T6:an via järnvägen.

En terminal för omlastning till järnvägen kommer att byggas söder om klarningsmagasinet.

Gråbergsupplagen

Ytterligare 450 Mton gråberg kommer att deponeras fram till 2025. Den sammanlagda massan kommer då att uppgå till 835 Mton (motsvarande 334 Mm³). En andel av detta kommer att vara miljögråberg som deponeras på T6:an. Utbredningen av T6:an kommer att bli cirka 280 ha medan övriga gråbergsdeponier kommer att få en utbredning av 700 ha. Som högst kommer deponierna att nå höjder av 65-70 m. Gråbergsdeponierna kommer att byggas helt plana upp till den maxhöjd som tillståndet medger. För T6:ans del innebär detta en höjd av + 375 m ö h, T5:an + 380 m ö h, T1 – T4 + 430 m ö h (se planritning).

Sandmagasinet

Sandmagasinet beräknas att uppta en slutlig yta av cirka 1400 ha (= 14 km²) och höjas ca. 40 meter mot dagens nivåer. Ytterligare 600 Mton/300 Mm³ kommer att deponeras. Boliden har idag till-

stånd att höja dammarna till nivåer på +420 m ö h för damm A-B och +400 för damm E-F. Det beräknas räcka 10 år framåt. Man avser därför att på sikt söka tillstånd för att höja dammarna ytterligare 16 m. Sanden kommer att pumpas ut i magasinet så att det kommer att luta inåt mot en punkt 2 km syöst om dammen E-F. Här kommer en lågpunkt att skapas och ett långtidsstabil utskov kommer att sprängas i berget.

Lutningen på dammvallarna kommer vid framtida höjningar att vara 1:6.

Klarningsmagasinet

Den högre produktionsnivån på 36 Mton malm per år genom anrikningsverket medför ett större behov av processvatten, vilket återcirkuleras från klarningsmagasinet. Genom att utnyttja vattnet på ett bättre sätt samt minska värmeförluster, och därmed infrysningen av vatten i sandmagasinet vintertid, förväntar man sig att vattnet i klarningsmagasinet ändå skall räcka till och ingen ytterligare höjning av dammen behöver göras.

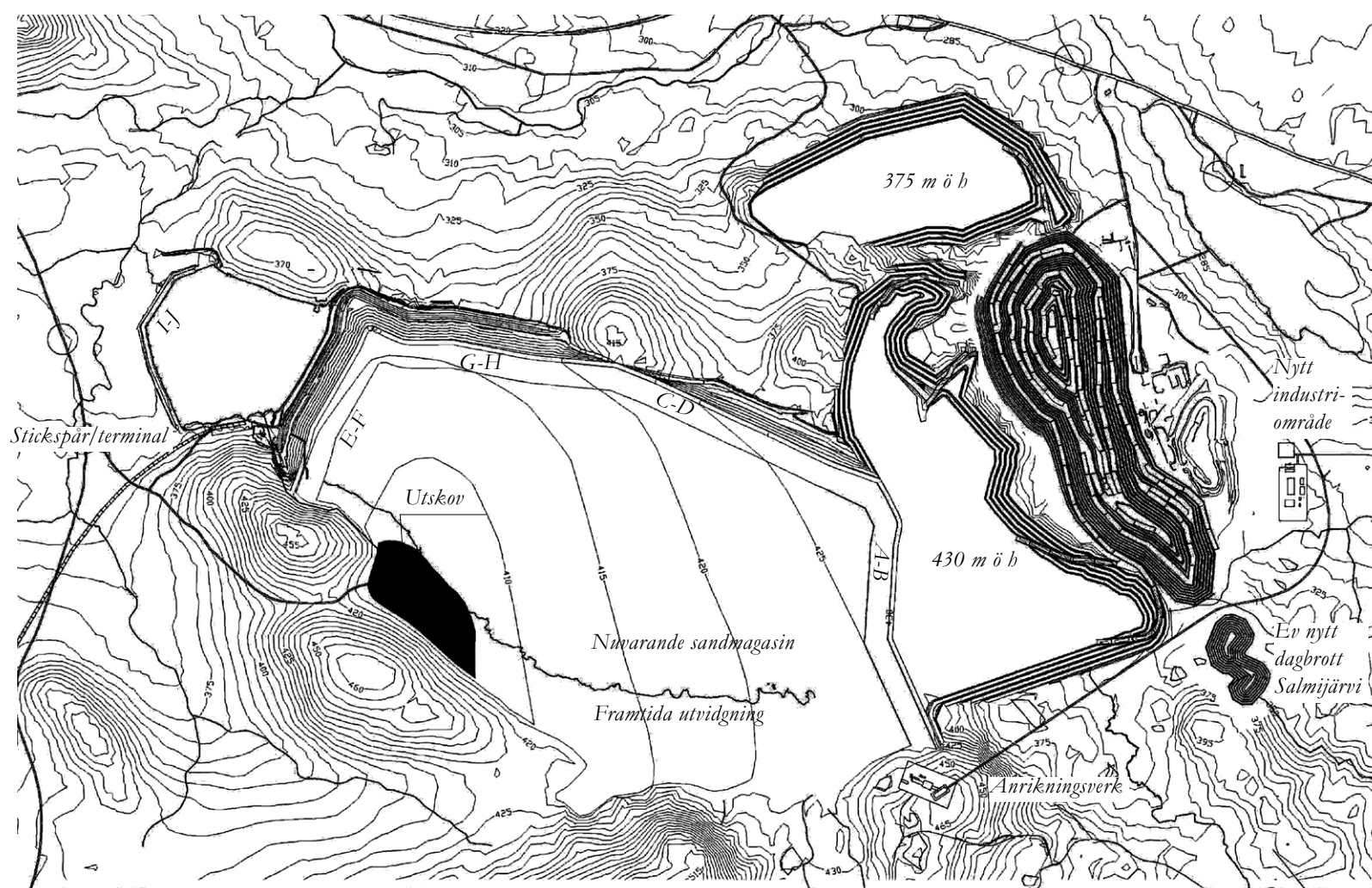
Dammen A-B har en planerad slutlig krönböjd på +436 m ö h.

Dammen C-D kommer att ha ett lutande krön från +436 till +421 m ö h.

Dammen E-F har en planerad slutlig krönböjd på +416 m ö h.

Dammen G-H kommer att ha ett lutande krön från +420 till +416 m ö h.

Dammen I-J innesluter klarningsmagasinet och kommer att behålla dagens krönböjd på + 355 m ö h.



EFTERBEHANDLING AV AITIK GRUVA

Som en del av sin ansökan om att utöka produktionen till 36 Mton/malm per år har Boliden utarbetat en konceptuell efterbehandlingsplan som fått miljödomstolens godkännande.

Efterbehandlingsplanen fastslår inledningsvis att det är miljöaspekterna, främst avfallens innehåll av sulfider som är av störst betydelse för hur efterbehandlingen bör utformas. Men den säger också att andra aspekter måste beaktas, såsom säkerhet, vegetering och landskapsintegrering. En av målsättningarna är också att skapa ett efterbehandlat område som lämpar sig för alternativ markanvändning t ex renskötsel, skogsbruk, jakt och friluftsliv (Eriksson 2006, s. 2-3)

Efterbehandlingsplanen går dels igenom de efterbehandlingsmetoder som är tillämpliga i Aitik, dels ger den förslag till de åtgärder som är att föredra.

Flygbild över Aitik från öster. T5:an längst ned i bilden är redan till stora delar efterbehandlad (Bild: Boliden AB).



Industriområden

Efterbehandlingsplanen föreslår att alla befintliga byggnader och strukturer rivs och marken återställs och revegeteras. All utrustning och material som betingar ett värde avyttras och täcker på så vis kostnaderna för efterbehandlingen av industriområdena.

Dagbrott

Dagbrottet tillåts vattenfyllas på naturlig väg vilket beräknas ta mellan 150 - 400 år. Väggarna i dagbrottet släntas av till en lutning 1:3 till ca 3 m under den slutliga vattennivån. Där höga slänter kommer att finnas kvar märks de ut i naturen av stora stenblock.

Gråbergsdeponier

Efterbehandling av gråbergsdeponierna sker successivt under gruvans drifttid. Stora delar av T5:an är t ex redan efterbehandlade.

Potentiellt syrabildande gråberg (T1-T5) täcks med en kvalificerad moräntäckning som består av ett täckskikt av minst en meter hårdpackad morän med en högsta hydraulisk konduktivitet på 2 x 10⁻⁷ m/s. Ovanpå täckskiktet påförs ett lager om minst 0,3 m morän och avloppsslam för att underlätta växtetablering av täck- och skyddsgröda (spannmål, gräs, klöver, se tidigare kapitel om växtetablering). För T6:ans deponi av miljögråberg räcker det med ett 0,3 m tjockt lager av morän och avloppsslam och växtetablering.

På gråbergsdeponierna vill man helst undvika att skog etablerar sig eftersom rotgenomträngningen skulle kunna förstöra täckskiktet. På lång sikt är det dock svårt att förhindra att skog etablerar sig.

Sandmagasinet

När det nya anrikningsverket tas i bruk 2010 avser man att genom ny flotationsteknik införa avpyritisering av anrikningssanden. Det innebär att magasinet täcks av ett tjockt lager av sand med låg svavelhalt som inte oxiderar. Det förhindrar också syrenedträngningen till djupare lager i magasinet.

Efterbehandlingsmetoden gör att ingen kvalificerad täckning är nödvändig. Det räcker med att bruka ned avloppsslam i de översta 20-30 cm av sanden för att underlätta växtetablering av täck- och skyddsgröda. Efter flotationen kommer man dock att få en liten andel (3-4 %) högsvavelhaltig sand som är mycket reaktiv. Denna sand kommer att deponeras i sandmagasinets sydvästra del så att den hamnar under den permanenta grundvattennivån.

Ett våtmarksområde kommer att tillåtas att utbildas ca 2 km öster om nedströmsdammen (E-F) i sandmagasinets lågpunkt. Tanken är att det skall fungera som sedimentationsområde för partiklar som följer med ytvattnet, samt jämna ut variationer i grundvattennivåerna över årstiderna. Det bryter också av den monotona och plana markytan som uppstår på magasinet (Eriksson 2006 s. 17).

Efter ett antal år när täckgrödan etablerat sig kan de torrare delarna av sandmagasinet planteras med skog.

Dammarna

Eftersom dammarna delvis är byggda av anrikningssand och gråberg måste de täckas med kvalificerad moräntäckning på samma sätt som gråbergsupplagen varefter de vegeteras. Moräntäckningen fortsätter ett stycke in på magasinytan och har en svag lutning in mot magasinet så att infiltrationen av vatten och grundvattenytan blir låg invid dammkroppen. Denna del av magasinet kallas "beach". Den kommer att vara betydligt torrare än de inre delarna av magasinet. Den kommer endast att få sin vattenförsörjning från regn som faller på ytan och som kan lagras kapillärt. Precis som på gråbergsdeponierna vill man helst undvika att skog etablerar sig på dammvallarna för att inte förstöra tätskiktet.

Klarningsmagasinet

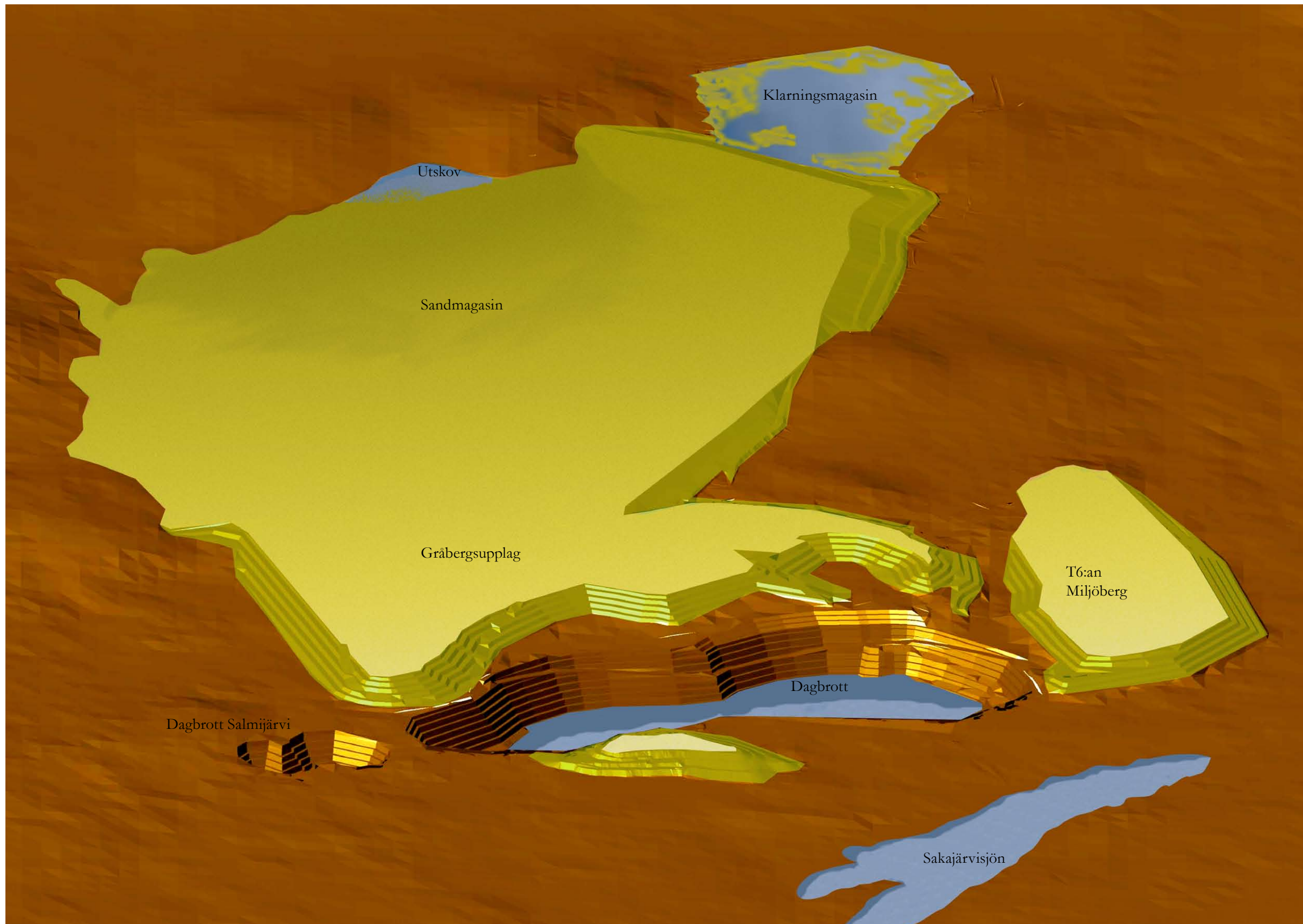
Dammarna kring det nuvarande klarningsmagasinet kommer att sänkas till halva höjden och släntas av. Därefter kommer den att delas in i bassänger och våtmarker anläggas. Medelvattendjupet blir 1 m och vattenvolymen 10 % av nuvarande vattenvolym.

Växtetablering

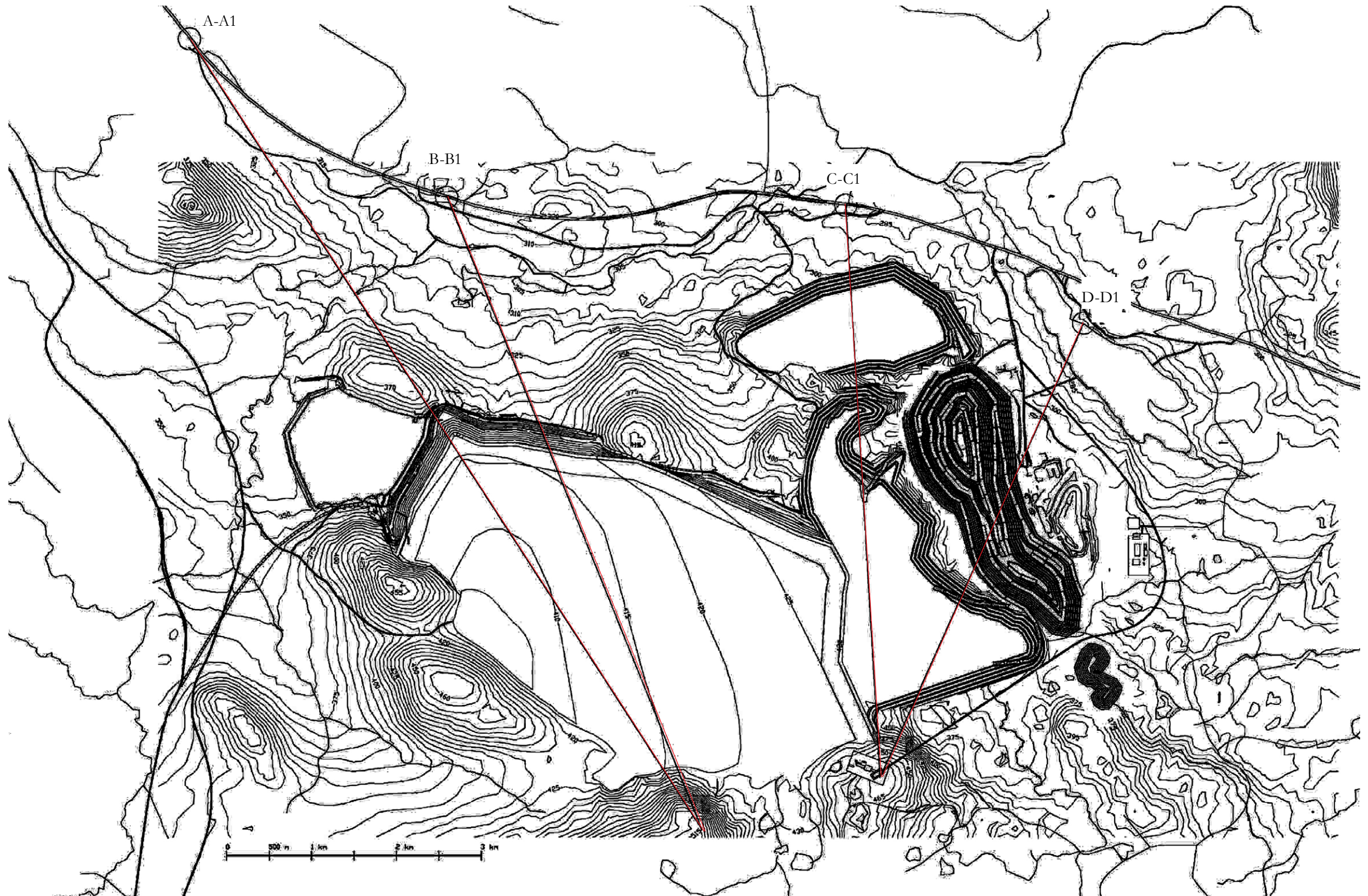
Försök med växtetablering på anrikningssand har pågått sedan 1997 i Aitik. Inhemska arter av gräs, träd och ris har testats med olika organiska tillsatser i såbädden. Grässorter som har använts är *Festuca rubra* 'Lovisa', *Poa pratensis* 'Fylking' och *Phalaris arundinacea* 'Palaton'. Träd och ris har i dessa försök klarat sig bäst, i synnerhet vid tillsats av avloppsslam (Stjernman 2000 s. 11). Förutsättningarna i den framtida efterbehandlingen kommer dock att vara bättre eftersom avpyritiserad sand kommer att täcka sandmagasinet.

Kostnader

Objekt	Kostnad (Mkr)
Industriområden	0
Dagbrott	28
Gråbergsdeponier	320
Sandmagasin	100
Klarningsmagasin	12
Infrastruktur	5
Totalt	465



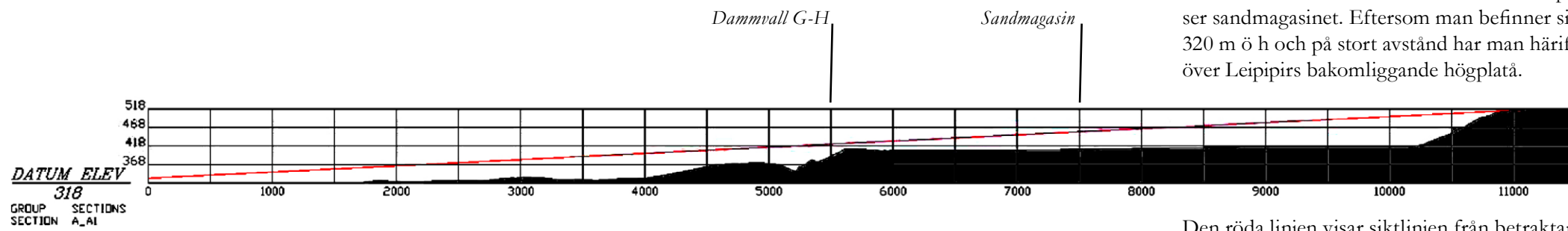
Terrängmodell över det framtida Aitik efter avslutad efterbehandling. Gråbergssupplagen har nått slutlig höjd och möter sandmagasinet på 436 m ö b. En grund sjö har utvecklats i sandmagasinets västra del invid utloppet. Sandmagasinet sluttar inåt mot sjön där grundvattennivån är hög. Marken blir torrare högre upp mot dammvallarna. Klarningsmagasinet har sänkts och omvandlats till en våtmark. Gråbergssupplagen är platta och horisontella. Slänterna är terraserade för att undvika erosion. Dagbrottet vattenfylls successivt. Samtliga industrilokaler är rivna och marken sanerad.



Sektionerna över sandmagasinet och gråbergsupplagen är samtidigt siktlinjer utifrån valda punkter utmed E10:an. Det är endast få platser utmed vägen där dammvallar och gråbergsupplag är fullt synliga. Den planerade höjningen av avfallsdeponierna gör att de exponeras mer i landskapet samtidigt som de också kommer att dölja delar av det bakomliggande landskapet från de valda betraktelsepunkterna. Damrnas krön kommer att utgöra horisontlinjen för betraktaren och sikten mot Leipipirs högland kommer att försvinna.

Sektion A-A₁.

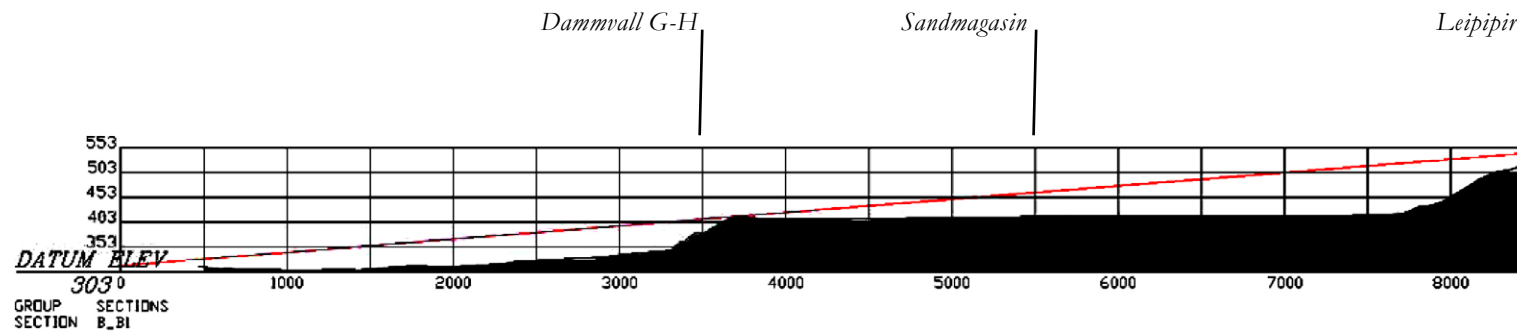
När man färdas från Gällivare är detta den punkt där man först ser sandmagasinet. Eftersom man befinner sig på ett krön på ca 320 m ö h och på stort avstånd har man härifrån en viss utblick över Leipipirs bakomliggande högplatå.



Den röda linjen visar siktlinjen från betraktarens öga till den punkt som kommer att utgöra horisonten för betraktaren. Även efter det att sandmagasinet nått sin slutliga höjd kommer man från denna punkt att skymta lite av skogen och bergstopparna bortanför.

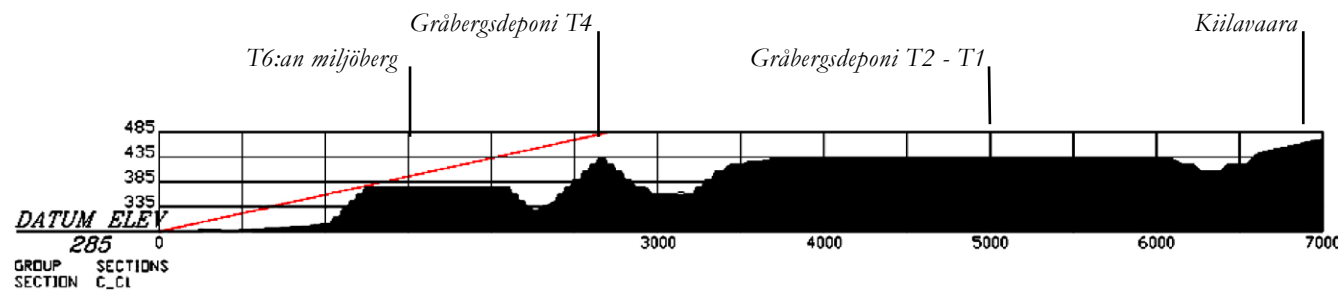
Sektion B-B₁.

När man kommer närmare sandmagasinet och vägen löper längre ned i terrängen kommer dammvallarna att dölja det bakomliggande landskapet och bilda en lång, rak horisontlinje för betraktaren.



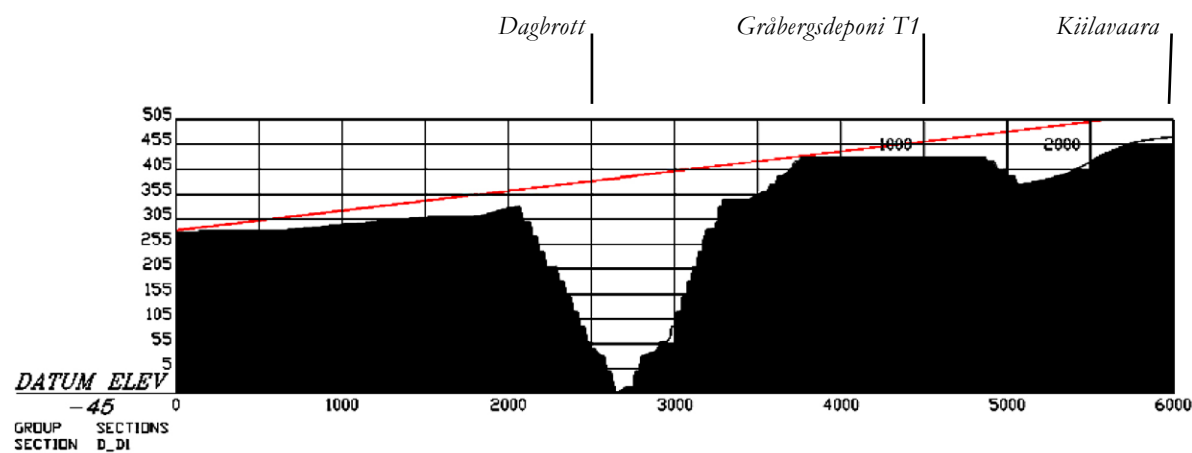
Sektion C-C₁.

Vid Grenselet öppnas sikten mot Aitik och man ser T6:ans gräbergsupplag på ca 1 km avstånd. Redan idag döljer T6:an såväl bakomliggande landskap som det övriga gruvområdet. Vid den planerade höjden på 375 m ö h kommer den att höja sig över trädtopparna och dominera horisonten.



Sektion D-D₁.

Från Sakajärvi har man idag en viss utblick mot Kiilavaaras toppar. Gräbergsupplagen är i dagsläget inte något dominerande inslag. I framtiden kommer de dock att bli nästan dubbelt så höga. De kommer då att dölja Kiilavaara och bilda en plan och obruten horisontlinje för Sakajärvis bybor.



LANDSKAPSANALYS

Detta är ett försök att göra en samlad analys av landskapsbilden i dagsläget, samt hur den kommer att förändras med den planerade utbyggnaden av Aitik till år 2025.

Naturlandskapet

Det saknas till stor del bebyggelse och vägar runt Aitik och det omges nästan uteslutande av skogsmark. Landskapet är kuperat och Aitik är beläget i en öppen dalgång mellan berg-kullemassiv. Samtidigt är denna dalgång belägen högre i terrängen än de förbipasserande vägarna och Sakajärvi by.

Sammantaget gör detta att största delarna av gruvområdet ligger dolda från de flesta betraktelsepunkter i landskapet (se sektioner föregående uppslag). Man måste lämna färdvägarna och komma upp på de skogklädda höjderna för att få en inblick över industriområdet och deponierna. Landskapet har genom sin karaktär en hög visuell tålighet.

Industrilandskapet

Gruvområdet har genom sin placering en låg exponering i landskapet. Trots sin omfattning är gruvområdet än så länge underordnat landskapet, åtminstone sett från marknivån. Däremot ser man Aitik från luften vid inflygning till Gällivare flygplats, likaså har man en god överblick av sandmagasinet från Dundret. Även från marknivån betraktat, kommer det aldrig att råda någon tvekan om dammvallarnas och gråbergssupplagens antropogena ursprung. Den framtida utbyggnaden av dessa kommer att få konsekvenser för landskapsbilden och ge gruvan en ökad exponering. Gråbergssupplagen och sandmagasinet kommer att bli dubbelt så höga som de är idag. Det kommer att medföra att de blir mer visuellt dominanta. I synnerhet som de då också kommer att dölja det bakomliggande landskapet, bergstopparna i Leipipir, för förbipasserande på E10:an liksom för byborna i Sakajärvi. Dammvallarna kommer efter den framtida höjningen att utgöra horisontlinjen från dessa betraktelsepunkter (se sektioner föregående uppslag).

Kontrast/samverkan

Gruvdeponierna kommer att stå i skarp kontrast till det omgivande berg-kullandskapet genom sina raka linjer och sin platta form. De kommer också att stå i kontrast genom färg och textur gentemot omgivningarna. Det kommer att ta lång tid, uppskattningsvis 100-150 år, innan uppvuxen skog kan få området att smälta in i landskapet på ett någorlunda naturligt sätt. Det är först när man kommer in till själva gruvan som man upplever den enorma storleken på anläggningen och de stora avstånden. Här kan man prata om en skalförhållandenas kontrastverkan.

När- och fjärrlandskap

E10:an passerar på 2-3 km avstånd från gruvan. Nattavaaravägen går nära klarvattenmagasinets I-J damm, men fortfarande på 2 km avstånd från den betydligt högre E-F dammen vid sandmagasinets nedre del. Betraktat från detta avstånd kan man prata om gruvområdet som ett fjärrlandskap. Det upplevs på håll. Man får en ganska dålig uppfattning om skala och de rumsliga strukturerna. Särskilt som man, vilket vi redan varit inne på, också befinner sig lägre i terrängen. Det är framför allt de raka linjerna som blir iögonfallande på detta avstånd.

Upplevelsen inifrån gruvområdet ger som sagt ett annorlunda perspektiv. I detta sammanhang kan man prata om närlandskapet. Här är det storskaligheten och de vidsträckta rummen som är slående. När man står på dagbrottets kant och tittar ned är det hänförande. Så kommer det även att vara under 150 år till dess gruvhålet vattenfyllts. Även när man står på gråbergssupplagen och blickar ut över sandmagasinet har man en enastående utsikt mot Dundret. Från T5:an till klarningsmagasinets nedre damm är avståndet ca 1 mil. Efter avslutad drift kommer sandmagasinet och gråbergssupplagen T1-T4 att möta varandra på samma höjd, 430 m ö h, och utgöra en vidsträckt, för ögat nästan plan, yta. Samtidigt kommer landskapet att vara, som den konceptuella efterbehandlingsplanen säger, något monotont. Frågan är om detta intryck inte snarast förstärks av den föreslagna åtgärden att plantera skog på ytan.



Ovan: G-H dammen sedd från den betraktelsepunkt på E10:an som motsvaras av sektion A-A, på föregående sida. Sandmagasinet underordnar sig landskapet (Foto: Simon Fogelqvist).

Nedan: Bild som visar G-H dammen efter planerad höjning. Dammvallen kommer att dominera landskapsbilden (Fotomontage: Simon Fogelqvist).



Ovan: T6:ans gråbergssupplag av miljöberg sedd från Grenselet, sektion C-C, på föregående sida. Redan idag är T6:an den gråbergsdeponi som är mest exponerad utåt (Foto: Simon Fogelqvist).

Nedan: Den framtida höjningen kommer att medföra att T6:an blir ännu mer visuellt dominant än i dagsläget (Fotomontage: Simon Fogelqvist).



Ovan: Aitik sett från Sakajärvi. Gruvlaven kommer att rivas innan 2010. T5:an syns till vänster i bilden. De övriga gråbergssupplagen skymtar ovanför trädtopparna liksom toppen av Kiilavaara (Foto: Simon Fogelqvist).

Nedan: Efter den framtida höjningen kommer gråbergssupplagen att bilda en rak och obruten horisontlinje som döljer Kiilavaara (Fotomontage: Simon Fogelqvist).



Sammanfattning

Den planerade utvidgningen av Aitikgruvan kommer oundvikligen att få konsekvenser för det omgivande landskapet. Sandmagasinet kommer att ta större yta i anspråk och nyckelbiotoper och fornlämningar kommer att påverkas. Samtidigt ligger Aitik i ett glesbefolkat område och möjligheterna för verksamheten att expandera är därför relativt goda.

Analysen har visat att det är landskapet som genom sin geologi skapat förutsättningarna för gruvbrytningen, och genom sin topografi styrt verksamhetens placering och utformning. Det är också landskapet som skapar förutsättningarna för en gestaltning av gruvan. Sett ur landskapsgestaltningens synvinkel finns det både fördelar och nackdelar med gruvans placering, dess framtida utbyggnad, och det omgivande landskapet. Det är dessa fördelar och nackdelar som skapar möjligheterna och begränsningarna för det förslag till landskapsgestaltning som presenteras i följande del.

Fördelar

- + Det naturliga berg-kullandskapet har hög visuell tålighet och tillåter storskaligheten i anläggningen.
- + Placeringen av anläggningen gör att dess exponering utåt är begränsad.
- + Grodperspektivet från de förbipasserande vägarna och Sakajärvi by begränsar ytterligare graden av exponering.
- + Det finns stora möjligheter att höja avsevärda delar av deponierna utan att detta blir synligt utifrån. Gråbergsdeponierna skulle t om. kunna höjas mer än nu tillståndsgivna höjder.
- + Det saknas till stor del vägar och bebyggelse i gruvans närområde och plankonflikterna är därför relativt få.
- + Även om Leipipir utgör ett värdefullt naturområde i nära anslutning till gruvan så påverkas det i ringa utsträckning genom att det är högre beläget. Inte heller ligger det i den dominerande vindriktningen från gruvan.
- + Närheten till Leipipir kan även ses som något positivt i en framtida landskapsgestaltning. Leipipir modellskog vill satsa på turism. Här finns förutsättningar att skapa ett besökscenter med parkeringar, restaurang etc. vid Aitik efter avslutad gruvverksamhet.
- + På samma sätt finns all infrastruktur i form av vägar, el, verkstäder för att nya verksamheter skulle kunna ta vid då gruvverksamheten upphör. Aitik är en stor arbetsplats i Gällivare kommun och en nedläggning skulle bli kännbar.
- + Det storskaliga industrilandskapet har sina kvaliteter och upplevelsevärden. Tar man fasta på dessa och utvecklar dem istället för att försöka dölja dem så skulle Aitik kunna bli ett besöksmål som kunde profilera både Boliden AB och Gällivare kommun.

Nackdelar

- Gråbergsupplagen och dammvallarna står i skarp kontrast till omgivande berg- kullandskap genom sina raka linjer.
- Den planerade höjningen av gråbergsupplag och sandmagasin kommer att medföra att landskapsbilden förändras, genomsiktligheten kommer att minska och gruvdeponierna blir mer visuellt dominanta.
- Det är svårt, för att inte säga omöjligt, att förhindra att skog etablerar sig på gråbergsupplag och dammkonstruktioner sett ur ett långt tidsperspektiv. Konsekvenserna är svåröverblickbara. Hur tillsyn och skötsel skall bedrivas i framtiden är oklart.
- Det hårda klimatet gör att växtmaterialet vid en efterbehandling är begränsat.
- Grannskapet med Leipipir ekopark skapar en potentiell konflikt-situation mellan gruvnäring och naturvårdsintressen. Den framtida utbyggnaden kommer att förflytta gränsen närmare ekoparken. Nya dagbrott och deponier kan komma att kringlära ekoparken.
- Nyckelbiotoper söder om Aitik kommer att förstöras.
- Fornminnen kommer att begravas eller schaktas bort vid gruvans utvidgning.
- Aitikgruvan utgör en svår passage för rennäringens flytt mellan vinter- och sommarbetesland. Utvidgningen av gruvan kommer också att innebära ett arealbortfall för sommarbeteslandet samt att renhägn måste flyttas.
- Ur landskapsperspektiv är det synd att dagbrottet vattenfylls och kanterna släntas av. Dagbrottet skulle utgöra ett intressant besöksmål. Det tar minst 150 år innan dagbrottet vattenfylls, frågan är då om det spelar någon roll att man släntar av översta 10-20 meterna?

4. FÖRSLAG

Bolidens nuvarande landskapsplan syftar till att återställa gruvområdet till ett så naturligt område som möjligt. Detta är det konventionella tillvägagångssättet för senare års efterbehandlingsprojekt i Sverige. Det är viktigt att långsiktigt säkerställa att mark och vatten inte försuras eller förorenas av metallurlakning. Att potentiellt syrabildande deponier på något sätt måste täckas och vegeteras står därför utom allt tvivel. Däremot är det inte självklart hur de slutgiltigt skall gestaltas och integreras i landskapet.

Det här förslaget vill visa på alternativa strategier för hur Aitikgruvan kan utformas. Förslaget överensstämmer inte till alla delar med den nuvarande efterbehandlingsplanens målsättningar, framför allt vad avser den framtida markanvändningen. Den nuvarande målsättningen från Bolidens sida, är att i möjligaste mån avlägsna alla spår av gruvdriften och låta området återgå till ett så naturligt tillstånd som möjligt. Det förslag som här presenteras vill istället behålla och framhäva gruvområdets industriella karaktär, och också utveckla den för nya verksamhetsområden.

För att genomföra förslaget krävs det att driften planeras under det sista årtiondet så att gråbergssupplag och sandmagasin får den föreslagna utformningen. Det i sin tur ifrågasätter både gällande praxis och tillstånd vad gäller höjder på gråbergssupplagen.

Förslaget är säkerligen inte till alla delar genomförbart. Det skall därför framför allt ses som ett idékoncept och diskussionsunderlag för den framtida utformningen av Aitikgruvan. En del av principerna i detta förslag skulle också kunna appliceras i andra sammanhang vid landskapsplanering efter storskaliga landskapsingrepp.

De grundläggande målsättningarna med förslaget är:

1. Att tydliggöra platsens historia istället för att försöka återställa (till något som det ändå inte varit).
2. Att framhäva storskaligheten istället för att försöka dölja den. En strävan att hålla avfallsdeponierna så låga som möjligt resulterar sannolikt i ett platt och fult landskap. Istället bör man sträva efter en medveten modellering av gråbergssupplag och sandmagasin.
3. Att skapa en plats som man vill se och uppleva, i motsats till ambitionen att till varje pris skapa en plats som ingen skall se.
4. Att ge platsen kontinuitet genom att tidigt planera för ny markanvändning.

Ett framtida perspektiv från toppen av T6:an över dagbrottet och T1:ans gråbergsdeponi ca 100 år efter avslutad gruvverksamhet.

TILLVÄGAGÅNGSSÄTT



1. Sandmagasinet växer kontinuerligt. År 2025 kommer sanden att ha stigit ca 40 m. Det gör att sandmassorna kommer att stå ca 500 m – 1 km högre upp mot Leipipirs sluttning. Det är ur säkerhetssynpunkt önskvärt att styra sanden bort från dammkonstruktionerna mot den naturliga terrängen i söder. För att kunna skapa fria vattenytor samt höja grundvattennivån i magasinet byggs dammar med långtidsstabila utskov på moränen innan sanden har nått slutlig nivå. I moränen finns ej permafrost, till skillnad från i sandmagasinet, detta säkerställer hållfasta dammkonstruktioner. Sanden kommer sedan vid fortsatta höjningar att vallas in av dessa dammar.



2. Dammvallarna förlängs av vägbankar ovanpå den befintliga avfallssanden. Vägbankarna är ej bäriga att dämna upp vatten eller sand på grund av permafrosten i sandmagasinet. Vägbankarna bör därför inte utsättas för stora belastningar, däremot kan de fungera för att styra sanden från utloppen ned mot de hållfasta dammkonstruktionerna och deras utskov. Genom att de konstrueras med en tät kärna av packad morän kan de också bidra till att höja grundvattennivån högre upp i magasinet.

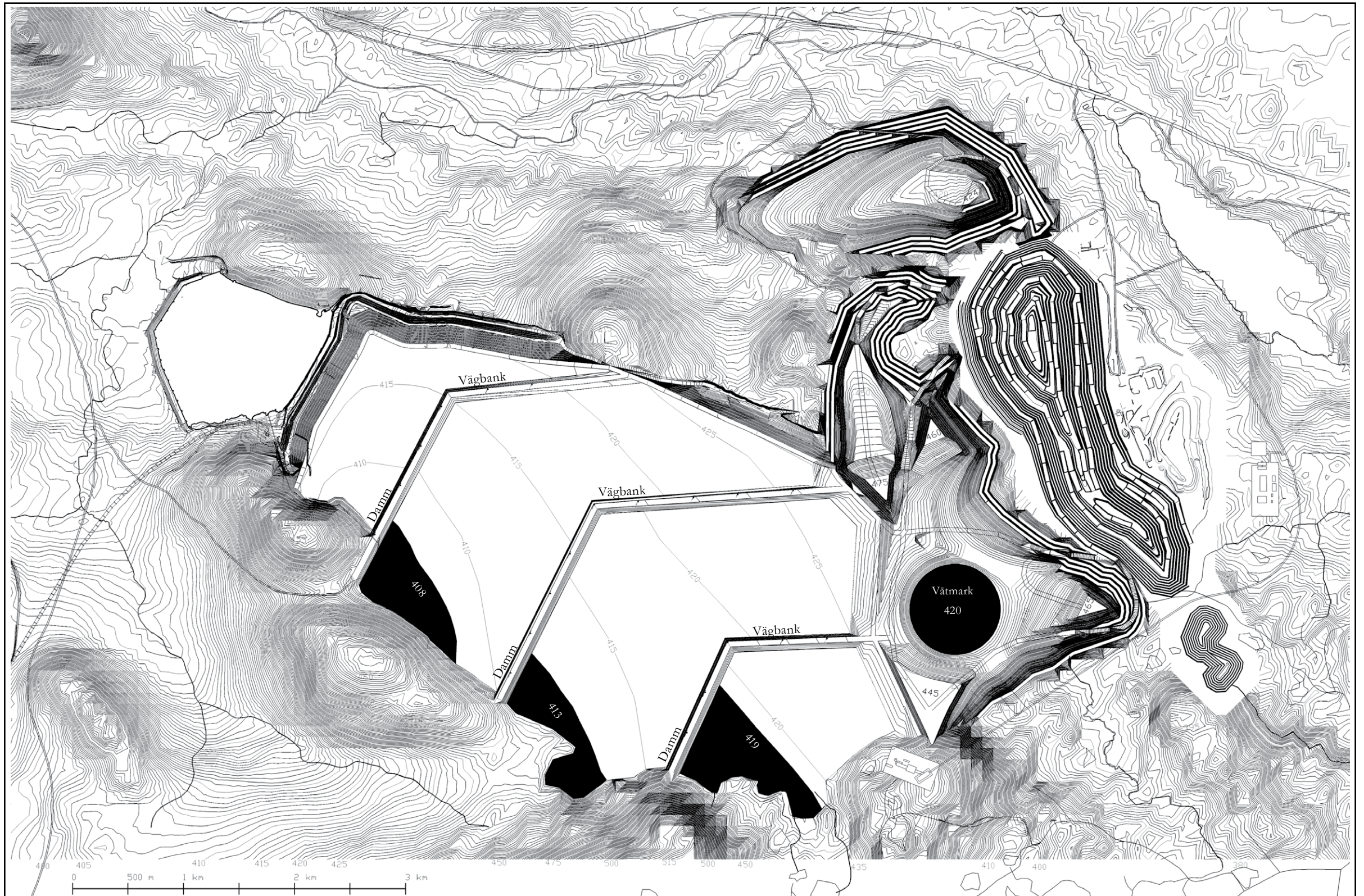
När sandmagasinet har nått färdig höjd har man fått tre mindre vattenytor i magasinets södra del. Sjöarna fungerar som sedimentationsdammar, de fördröjer vattentransporten och jämnar ut flödestoppar. Våtmarkerna som uppstår kan på sikt ersätta den förlust av nyckelbiotoper som sker vid sandmagasinets höjning. Vägbankarna tjänar som servicevägar och förbinder södra och norra delarna av sandmagasinet. Den förhöjda grundvattennivån högre upp i sandmagasinet underlättar växtetableringen och ger marken en högre bonitet.



3. Gråbergssupplagen utformas som svagt lutande ramper med en maxlutning på 8% från uppfartsvägarna. Dumprarna har då inga problem att köra upp och tippa massorna. Ytterkanterna av ramperna kan ges en brantare lutning på 1:3. Höjden på topparna är ca 30 m högre än gällande landskapsplan. En betydande del av upplagen hålls däremot något lägre än gällande tillstånd. De får också en mer varierad släntlutning från 1:3 till 1:6. Effekten är en landskapsgestaltning med större höjdskillnader och accentuerade toppar men också större genomsiktighet. Man bryter de långa horisontella linjerna som blir effekten av dagens landskapsplan och man skapar ett landskapssceneri med förgrund och bakgrund.

Genom att skapa högre toppar på gråbergssupplagen får man en lågpunkt mitt på upplaget T1-T4. Vid efterbehandlingen täcks deponierna av packad morän med låg hydraulisk konduktivitet. Det är då möjligt att anlägga en våtmark i denna lågpunkt. Eventuellt kan man här deponera den pyrithaltiga sanden som återstår efter flotationsprocessen av avfallssanden för att på så vis täcka den av en permanent vattenyta.

HÖJDSÄTTNINGSPLAN

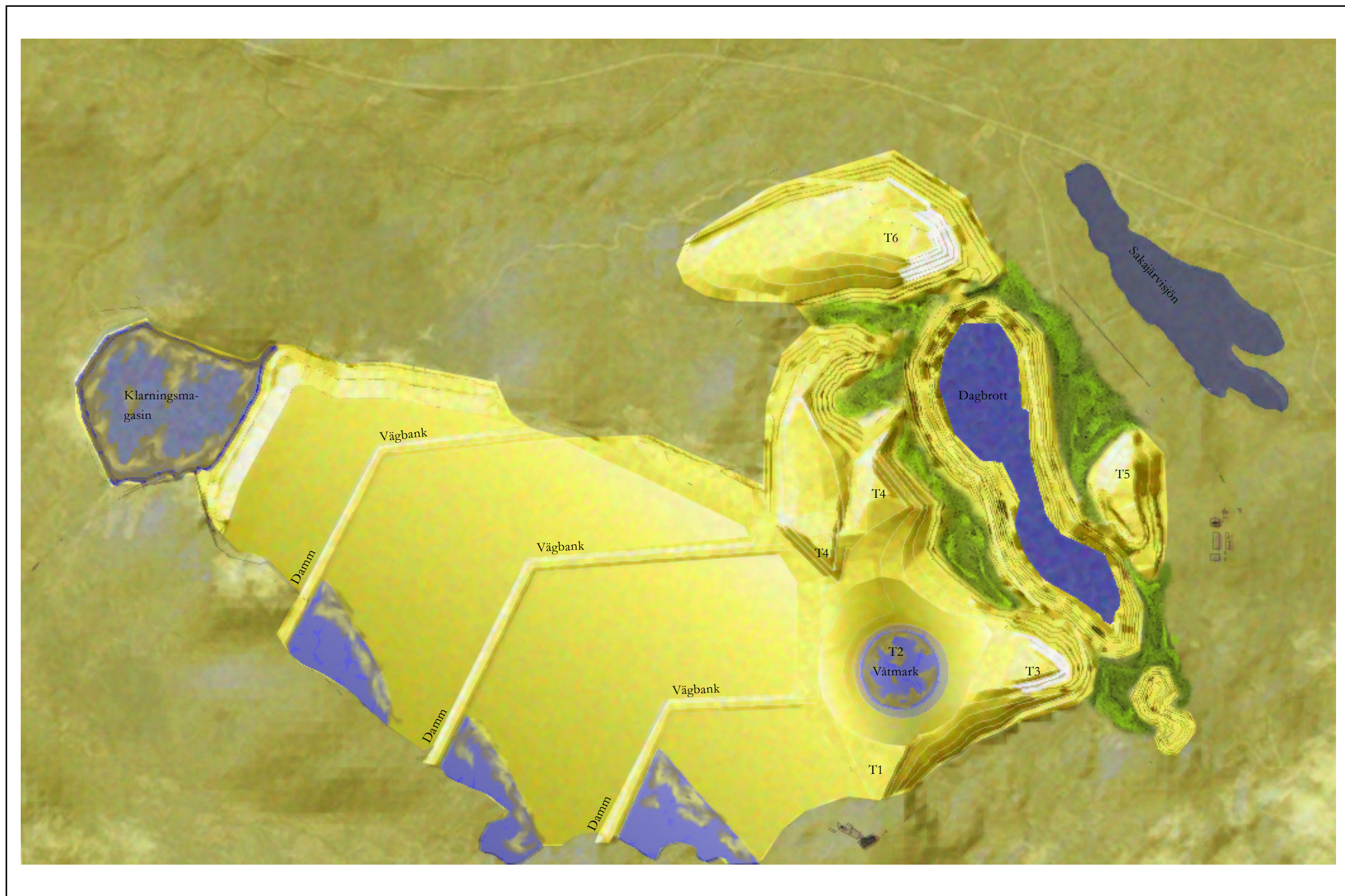


Dammarna kring sandmagasinet får de höjder som är planerade, dvs den östra A-B dammen blir 430 m ö h och den västra E-F dammen blir 416 m ö h.

Vägbankarna styr sanden mot de nya dammarna och utskoven. Efterom dessa står på säker grund kan en nivåskillnad på ett par meter tillåtas mellan ovan- och nederdelen av dammarna. Sjöarna som bildas vid utskoven ligger således på olika nivåer, den östra på ca 419 m ö h, den mellersta på 413 m ö h och den västra på 408 m ö h. Vattnet transporteras från detta utskov vidare ned till klarningsmagasinet.

Gråbergssupplagen har i stort sett samma utbredning som den planerade upp till 390 m ö h. Ovanför denna nivå modelleras upplagen så att de får fem avlångt triangulära höjdryggar. Ryggarna fungerar som ramper med 8-10% lutning från de befintliga uppfartsvägarna. Det möjliggör effektiv dumpning av gråberget.

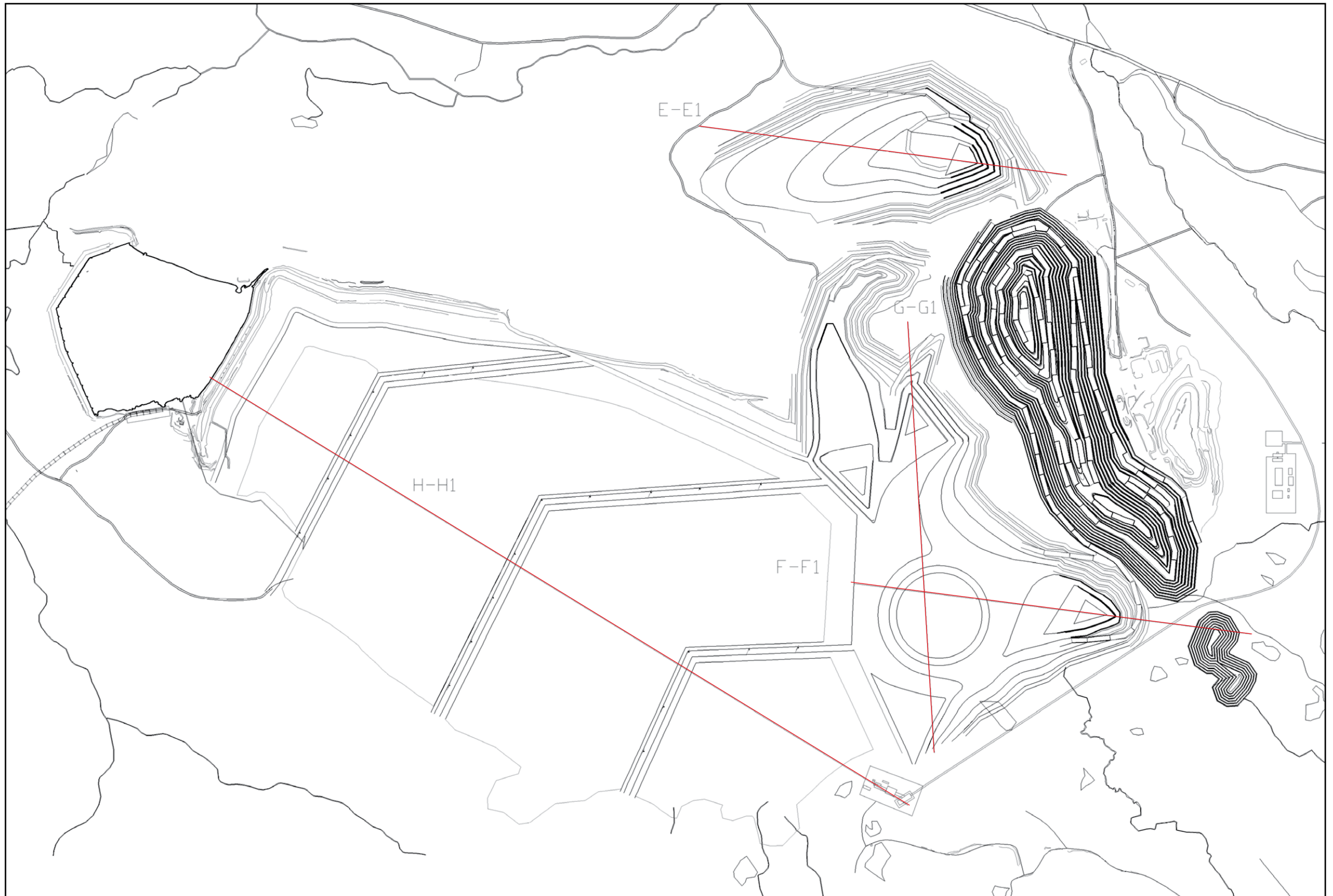
Stenen tippas ned för slänterna av höjdryggarna och jämnas ut till en lutning av maximalt 1:3. Höga slänter terraseras på samma sätt som tidigare. T6:an når en höjd av 424 m ö h, Övriga toppar är mellan 445 - 475 m ö h. T5:an har i förslaget betraktats som avslutad och därför ej modellerats.



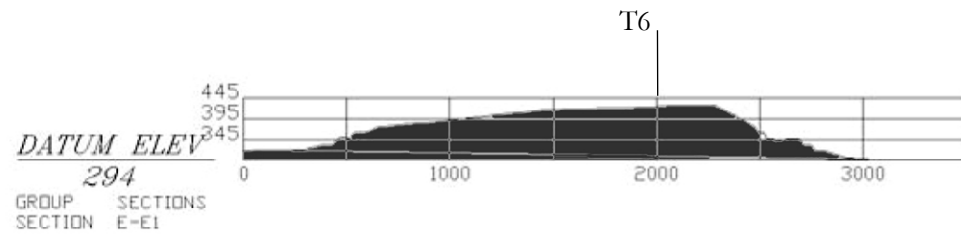
Utformningen av sandmagasinet gör att en större del än vad som idag är planerat kommer att utgöras av vatten och att det generellt blir fuktigare högre upp i magasinet. Vattenspeglarna kommer att möta bergsslutningarna och Leipipirs urskog i söder och bilda en övergång mellan det konstruerade och det naturliga landskapet. Vegetationen på sandmagasinet kommer att utveckla sig från fuktanpassad närmast vattnet till frisk och slutligen torrtålig mot de yttre dammvallarna.

Aven på gråbergsupplagen kommer vegetationen att utveckla sig i en gradient från vått till torrt, även om det till övervägande del kommer att råda torrare förutsättningar än på sandmagasinet. Det är olämpligt att plantera skog på gråbergsupplagen även om tall, björk och asp med tiden kommer att etablera sig naturligt. Vill man förhindra detta krävs kontinuerlig skötsel eller någon areell verksamhet som jordbruks- eller betesmark.

Runt dagbrottet planteras däremot skog och täta buskage för att förhindra olyckor och dölja eventuella skyddsstaket. Det kommer att ta minst 150 år innan dagbrottet vattenfylldt och skyddsanordningar kan därför komma att krävas. Skogsplantor av lärk används eftersom det är ett förhållandevis snabbetablerat och tåligt trädslag samt bryter av mot den naturliga vegetationen och framhäver platsens antropogena ursprung. Den skira grönskan hos lärken gör att vegetationen blir transparent, i synnerhet vintertid då den faller barren.

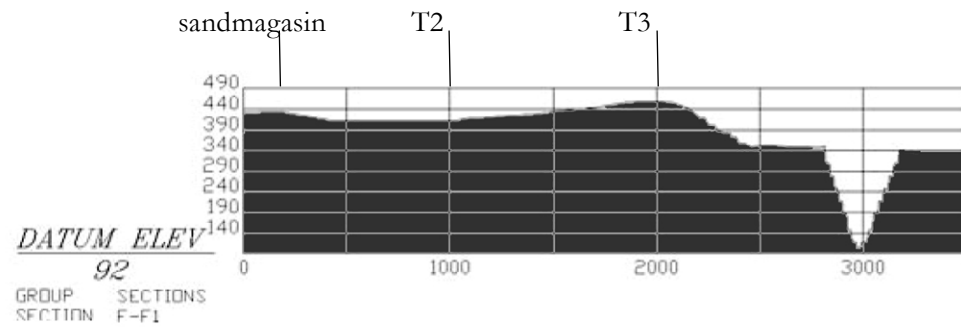


Sektionerna E-E₁ – H-H₁ visar profilen på de framtida gråbergsupplagen och sandmagasinet enligt den föreslagna landskapsgestaltningen.



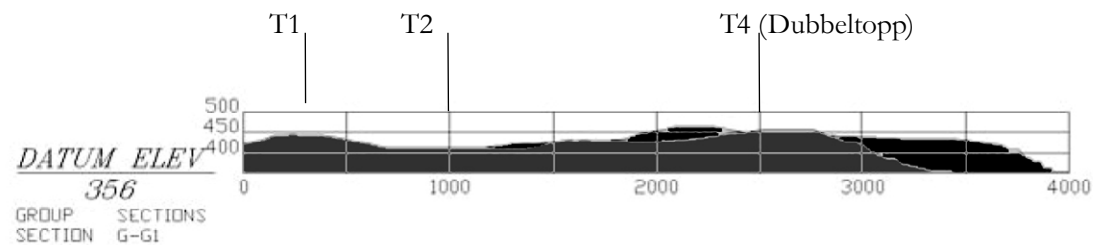
Sektion E-E₁.

T6:an får en svag lutning på 8 % från väster till öster och avslutas sedan distinkt av en terrasserad slänt med en lutning på 1:3. Högsta punkten i öster blir ca 425 m ö h och blir ett tydligt landmärke för förbipasserande på E10:an.



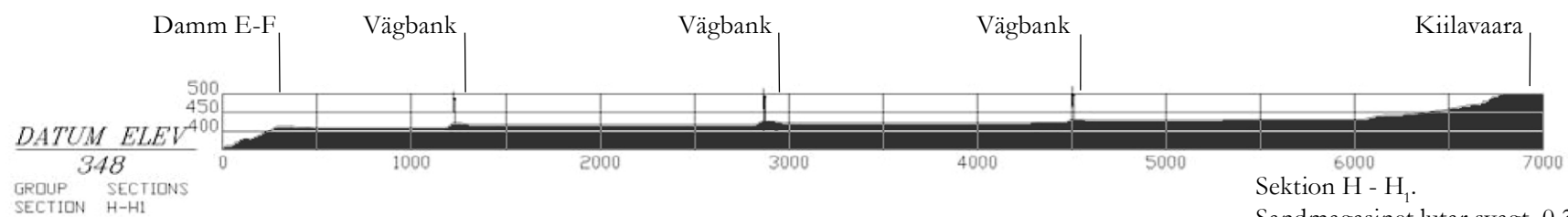
Sektion F - F₁.

T3:an blir en av de högsta topparna med en höjd av 465 m ö h. Det blir en utsiktspunkt med utblick över dagbrottet och sandmagasinet. Samtidigt kommer den knappt att synas utanför gruvområdet eftersom den döljs effektivt av T6:an i norr och T5:an i öster. En försänkning bildas mellan T3:an och sandmagasinet där en våtmark skapas.



Vy G - G₁.

Vyn visar T4:ans dubbeltoppar, den framförliggande med en höjd av 460 m ö h och den bakomliggande med 475 m ö h. Båda kommer att tjäna som utsiktplatser över dagbrott och omgivning. Söder om topparna syns återigen den sänka som bildas i de centrala delarna av T1:ans och T2:ans gråbergsupplag.



Sektion H - H₁.

Sandmagasinet lutar svagt, 0,3 %, från öster till utloppet i väster. De tvärgående vägbankarna blir ett par meter höga. Längst i söder ökar höjden då de övergår i stabila dammkonstruktioner för överdämningen av vatten. En nivåskillnad på några meter uppstår då mellan ovan- och nederdelen av dammarna och sandmagasinet blir här svagt terrasserat.

MARKANVÄNDNING

Den europeiska IPPC-byrån rekommenderar att man i efterbehandlingsprojekt försöker integrera en social dimension där nya verksamheter kan skapa arbetstillfällen. Aitik är en stor och viktig arbetsplats i Gällivare kommun. Förutom drygt 400 egna anställda finns ett hundratal entreprenörer och underentreprenörer. En nedläggning kommer att bli kännbar för hela kommunen. Redan i ett tidigt planeringsskede bör man därför sträva efter att finna intressenter och samarbetspartners som är intresserade av att utveckla området för nya verksamhetsområden. Landskapsgestaltningen är bara en liten del i processen att skapa ett attraktivt område.

Ombyggnationen av Aitiks industriområden t om 2010 kommer att innebära att kontorslokaler och anrikningsverk placeras åtskilda. Det är positivt för en framtida omvandling av området. Skilda verksamheter kan inrättas i de två olika områdena. Anrikningsverk och anslutande verkstäder kan användas för mer industriell verksamhet medan kontorslokaler skulle kunna utvecklas till ett besökscentrum för turism.

På samma sätt kan det vidsträckta sandmagasinet användas för fortsatt storskalig industriell verksamhet medan dagbrottet och de landskapsgestaltade gråbergssupplagen kan bli en turistattraktion och utvecklas till ett rekreativt landskap.

Produktionslandskap

Aitik är mer än 2000 ha stort. Det ligger 10 minuters körväg från Gällivare. Här finns en infrastruktur utbyggd i form av vägar, parkeringar, industri- och kontorslokaler, restaurang, sanitetsanordningar, elnät för stor kraftöverföring > 115 MW och även järnvägsanslutning till malmbanan.

Det vore ett enormt resursslöseri att riva dessa anläggningar för att plantera lågproduktiv tallskog. Det vore ett bättre alternativ att nya verksamheter kunde ta plats och utnyttja mark och infrastruktur.

Vi vet inte hur samhället kommer att se ut 20 år framåt i tiden, men med stor sannolikhet kommer energifrågorna att få allt större vikt för utvecklingen. De minskade oljereserverna och en accelererande växthuseffekt kommer att göra att vårt behov av alternativa energikällor ökar. Många olika strategier kommer att krävas för att möta framtidens energibehov. Trycket på de norrländska skogsmarkerna kommer att öka då biobränsleuttaget ökar i form av flis från hyggesrester. Det finns en begynnande motsättning mellan naturvårdens mål om bevarande av biologisk mångfald och målsättningen om en ökad andel av förnyelsebar energi från våra skogar. I framtiden kommer vi därför att behöva utveckla alla tänkbara energikällor.

Ironiskt nog är det ganska sannolikt att den dagen då Aitik tvingas lägga ned verksamheten så är det kanske inte på grund av sinande mineraltillgångar utan på grund av att kostnaderna för att bryta malmen ökar då oljan börjar sänkas och elpriset stiger.

Energiproduktion är skrymmande verksamheter. Biobränsleproduktion kräver stora arealer för att vara lönsamma. Dagens vindkraftverk är 90 meter höga och kräver avstånd på 450-500 meter, att finna lämpliga platser för en vindkraftpark är inte det lättaste.

Det stora platta sandmagasinet vore ytterst lämpligt för såväl vindkraft som odling av biobränsle. Vindförhållandena är goda och kraftnät finns tillgängligt för en utbyggnad av åtminstone 50-60 vindkraftverk (å 2 MW). Odling av rörflen har redan testats i fältförsök i liten skala (Kofoed 1999, Ledin 2006 s. 9). Garage och verkstäder för en lämplig maskinpark finns tillgänglig. Likaså finns pumpanläggningar om det skulle behövas bevattning. Någon av industrilokalerna skulle kunna byggas om för pellets-tillverkning. Eventuellt är 1400 ha en för liten yta för att en sådan anläggning skall vara lönsam. Men kanske kan produktionen av rörflen och andra energigrödor stimuleras att öka i regionen som helhet om en anläggning startas i Aitik. Det kommer dessutom att finnas fler gruvor i Norrbotten som kommer att avslutas de närmaste decennierna. Biobränsleproduktion kan vara ett koncept som kan genomföras i fler efterbehandlingsprojekt.

En stor fördel med att utveckla delar av Aitik till ett levande produktionslandskap är att man automatiskt får en tillsyn av området även framledes. En befintlig maskinpark möjliggör effektiv skötsel i form av slyborttagning på gråbergssupplag och dammar med slaghack. Utan denna skötsel kommer området ofrånkomligen att växa igen av skog.

Rekreativt landskap

Även om man gör allt vad man kan för att dölja och återställa gruvan kommer, under de 150 år det tar för dagbrottet att vattenfyllas, inga stängsel i världen att hindra människor från att ta sig in. Bergsklättrare kommer att söka sig hit för att klättra, sommartid såväl som vintertid. Fågelskådare kommer att besöka lokalen för att se häckande pilgrimsfalk och berggubbar. Geologiskt intresserade människor kommer att smyga ned för att knacka loss mineralprover. Ungdomar från Gällivare kommer att åka hit på sina mopeder för att dricka öl och dyka i den sjö som sakteligen utbildas på botten av dagbrottet.

En alternativ strategi är därför att aktivt utveckla dagbrottet till ett besöksmål för såväl lokalbefolkning som turister. Genom att organisera verksamheten kan man uppnå största möjliga säkerhet samt skapa upplevelsevärden. För att uppnå detta krävs att man bjuder in lokala krafter som är beredda att ta över vissa byggnader för att driva verksamheter. En kreativ miljö drar andra näringsidkare till sig.

De forna kontorslokalerna vid T5:an omvandlas till ett besökscentrum. Här inordnas ett gruv- och mineralmuseum. Guidade turer ned i dagbrottet kan ordnas, liksom klättring längs preparerade leder.

Ett naturrum för Leipipir ekopark inrättas. Projektet Leipipir modellskog, där Boliden redan ingår som en part, är ett samarbete där man strävar efter att utveckla markanvändningen så att mervärden skapas. På sikt vill man inom projektet se en utveckling mot naturturism (Sveaskog 2008).

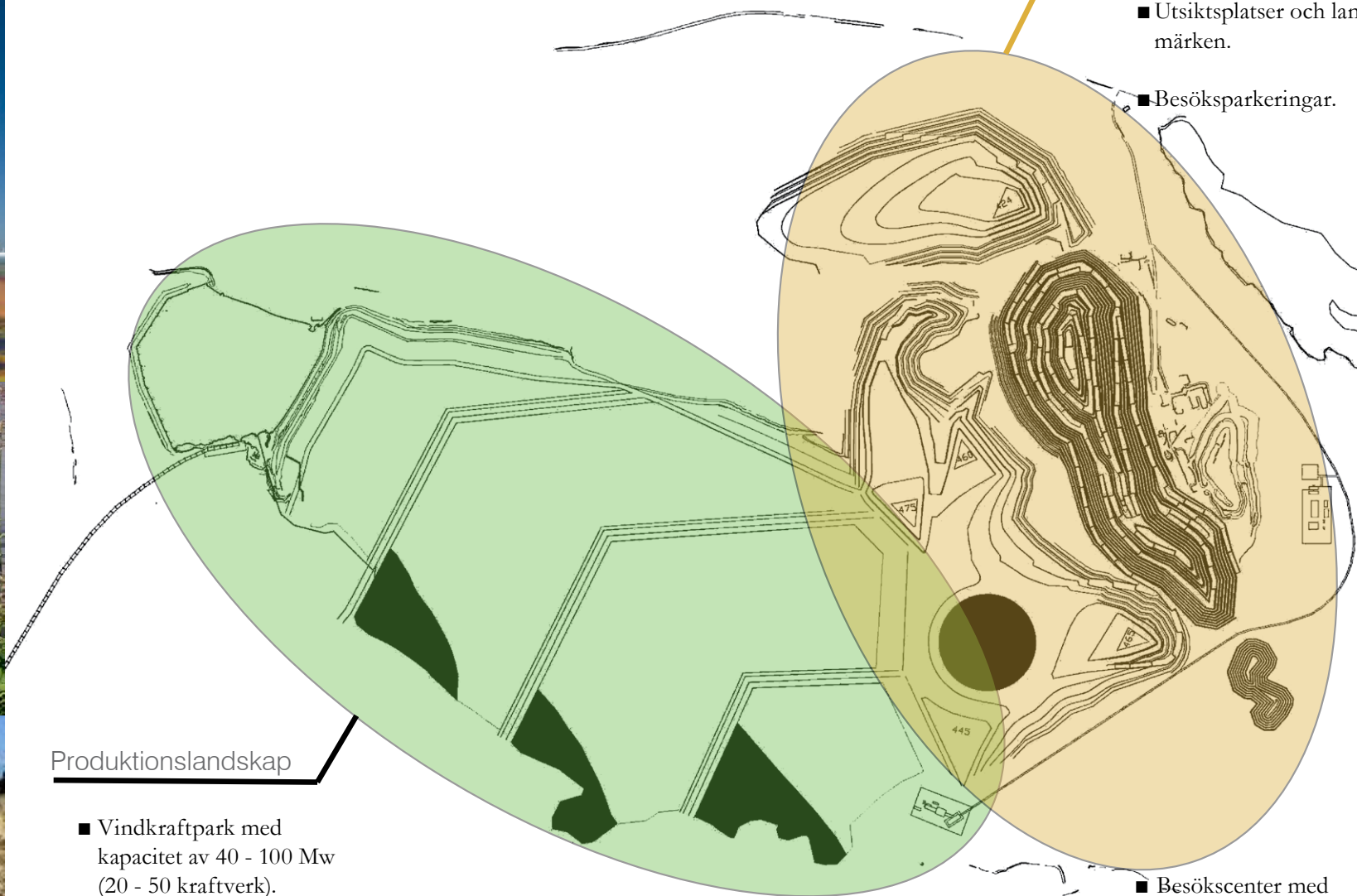
Besökscentrat utgör en startpunkt för skid- och vandringsleder ut i Leipipirs ekopark. Kontrasten mellan det orörda naturlandskapet och industrilandskapet kommer att vara slående.

Vintertid kan man ordna skoteruthyrning och skoterleder ut över sandmagasinet.

Vandringsleder skapas runt dagbrottet som leder upp till topparna av de landskapsgestaltade gråbergssupplagen. Utsiktsplatser anordnas där man kan blicka ned i dagbrottet eller ut över sandmagasinets vindkraftpark med Dundret i bakgrunden.

På de högsta topparna av T1:an och T6:an reser man höga monument av sprängsten från dagbrottet som påminner om den forna gruvdriften. Belägenheten utmed E10:an gör att Aitik är lättillgängligt. Förbipasserande resenärer kommer att se T6:ans gråbergssupplag med det höga monumentet och lockas att besöka platsen (se bild sid. 43). Aitik kan bli en symbol både för Gällivare kommun och för Boliden AB.

MARKANVÄNDNING

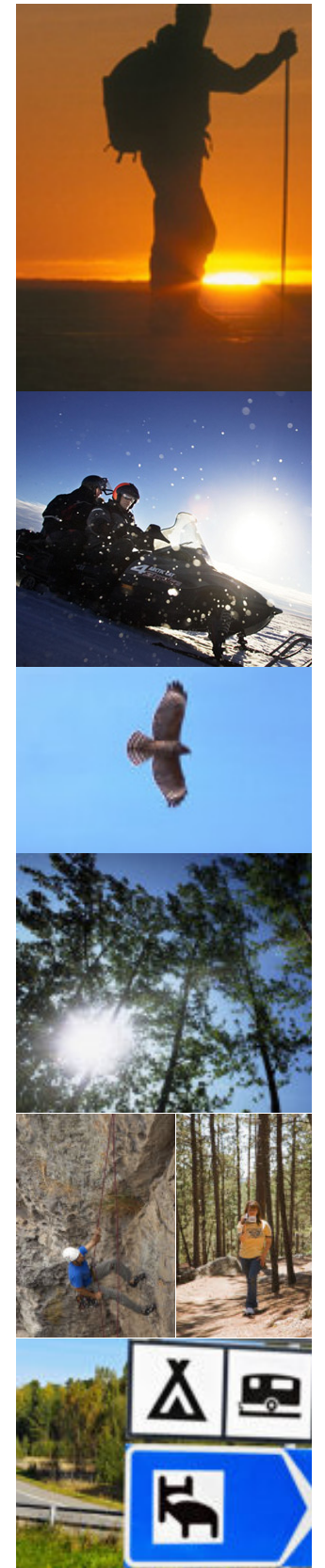


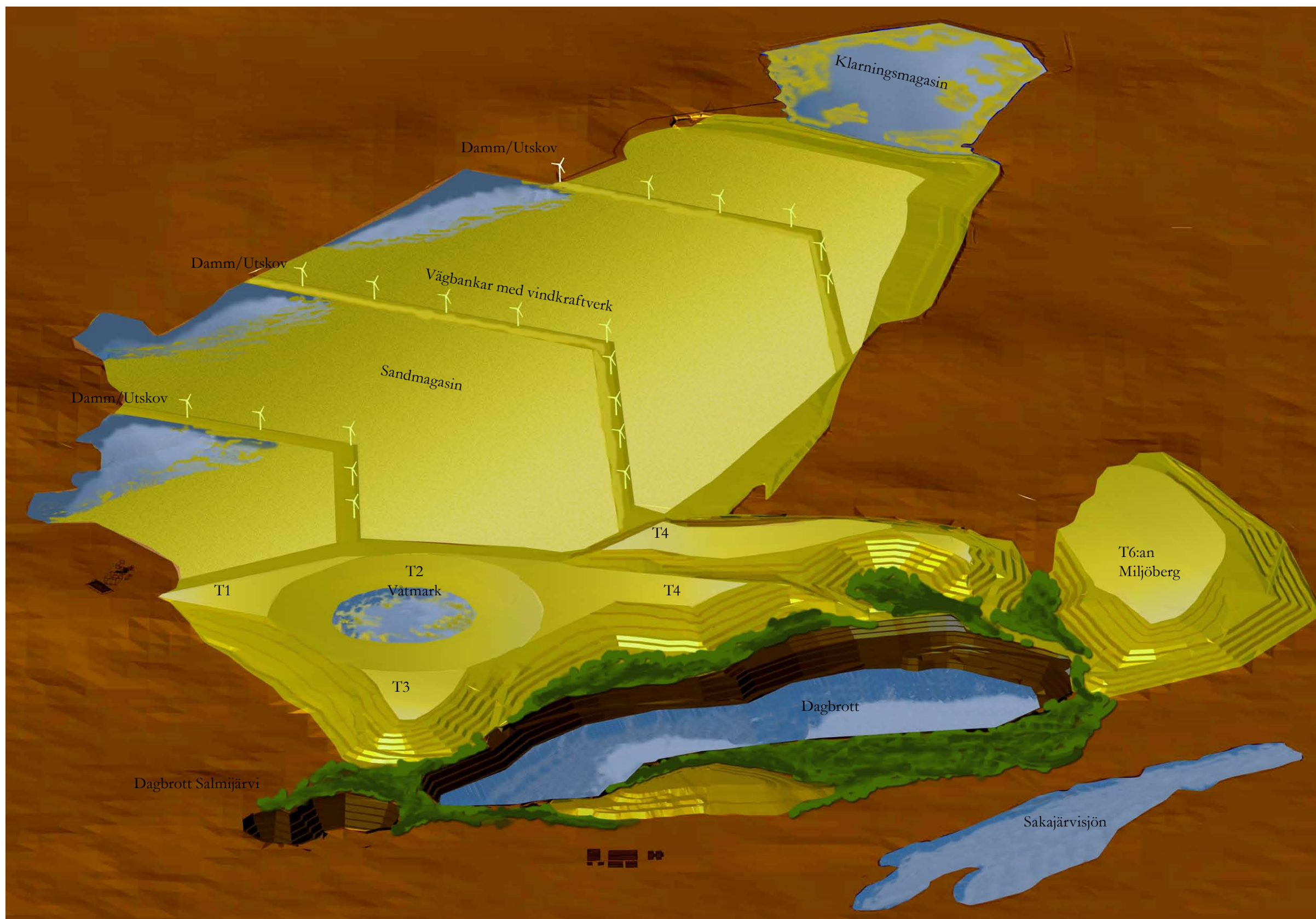
Produktionslandskap

- Vindkraftpark med kapacitet av 40 - 100 Mw (20 - 50 kraftverk). Elnät återanvänds.
- Biobränsleproduktion. Verkstäder och garage kan få nytt användningsområde.
- Pelletstillverkning i före detta industrilokaler.
- Spridning av avloppsslam från kommunala reningsverk på biobränslegröda.

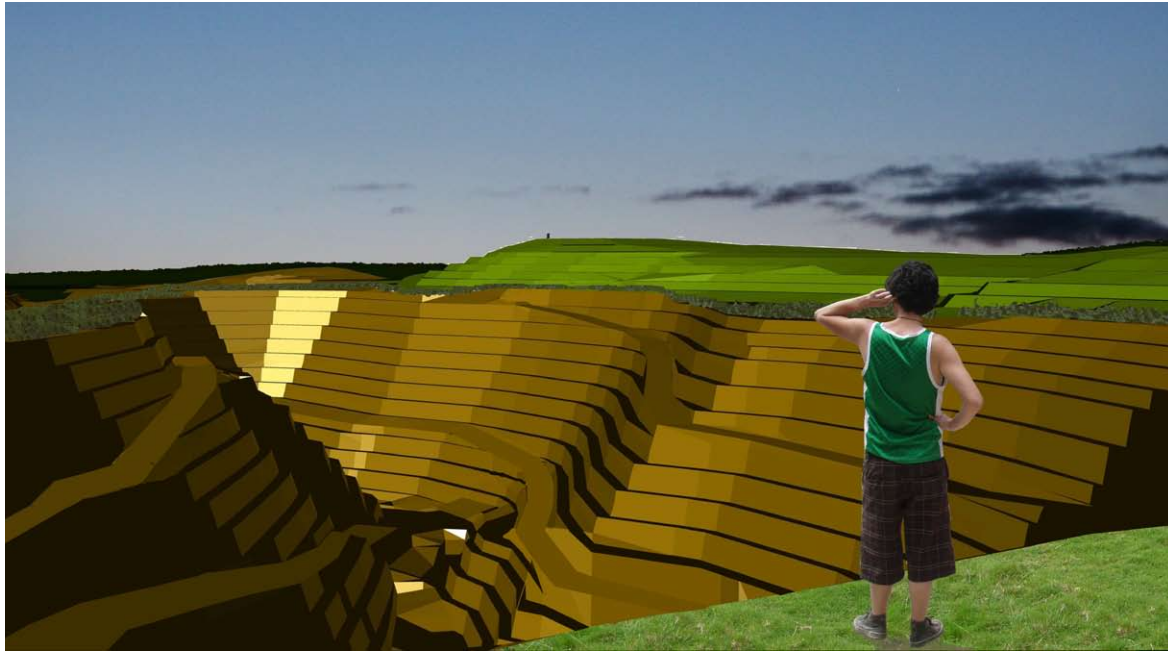
Rekreationslandskap

- Skid- och vandringsleder runt gruvan och ekoparken.
- Utsiktsplatser och landmärken.
- Besöksparkeringar.
- Besökscenter med mineralmuseum och information om gruvverksamhet samt ett naturrum för Leipipirs ekopark.
- Klätterleder i dagbrottet med möjlighet till guidade turer.
- Skoteruthyrning vintertid
- Camping och vandrarhem

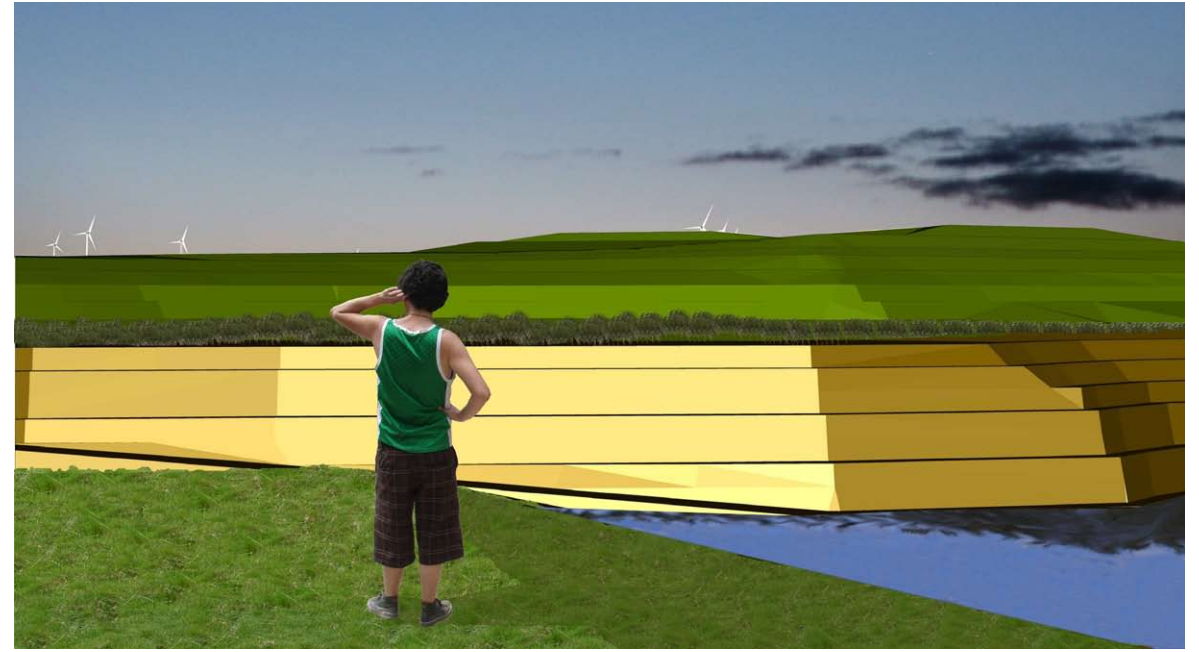




Fågelperspektiv över det framtida Aitik enligt den föreslagna landskapsgestaltningen. Sandmagasinet har omvandlats till en vindkraftspark och för odling av energigrödor. Stora delar av bebyggelsen finns kvar och har fått nya användningsområden. Gråbergssupplagen och området närmast dagbrottet har utvecklats till ett grönt rekreationsområde med ett brett aktivitets- och upplevelseutbud både för det forna gruvområdet och den intilliggande ekoparken.



Utsikt från T6:an över det 600 m djupa dagbrottet som ännu inte har börjat vattenfyllas. T1:an syns som en grön getrygg på motsatta sidan av dagbrottet. Ett 15-20 meter högt monument av sprängsten skymtar på dess topp och ger en viss uppfattning om skalan. Till höger, bakom T1:ans västra del, skyntar Kiilavaaras topp tack vare att gråbergsupplagen här hållts lägre.



Utsikt från T5:an över dagbrottet som här syns vattenfyllt. På andra sidan syns T4:ans dubbla toppar. Landskapsgestaltningen skapar ett perspektiv med förgrund, mellangrund och bakgrund. Bortom gråbergsupplagen skyntar de 90 meter höga vindkraftverken.



Från anriktningsverket på Kiilavvaras sluttning har man utblick över sandmagasinet. Till vänster i bilden syns vattenytorna som möter urskogen i söder. Vindkraftsparken ger upplevelsen av ett centralperspektiv över sandmagasinet bort mot Dundret i fjärran.



T6:an blir Aitiks ansikte utåt. Den höga toppen är det första man kommer att se av gruvan när man passerar på E10:an på väg mot Gällivare. Från Grenselet har man en öppen sikt upp mot T6:an. Ett storskaligt monument av kopparmalm på dess topp förstärker ytterligare dess funktion som landmärke.

UTVECKLING ÖVER TID

Efter 25 år

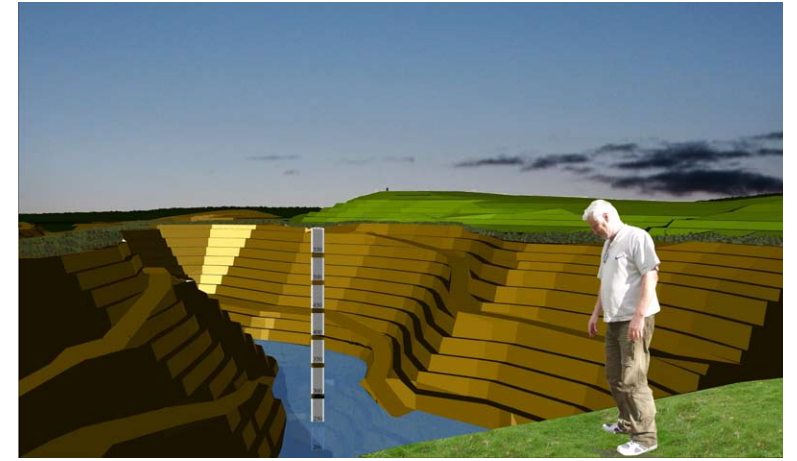
Med biobränsleproduktion kan landskapet bibehållas öppet. Väljer man däremot att låta den naturliga successionen fortgå kommer sandmagasinet successivt att övergå till skogsmark. Sandmagasinet kan också tillåtas att växa igen utan risk eftersom tätskiktet i form av avpyritiserad sand är så pass mäktigt. En tät grässvål kan dock under de första 10-20 åren förhindra träd från att etablera sig.

Eftersom man vill undvika träd från att etablera sig på gråbergsupplagens tunnare tätskikt måste det till en skötsel med exempelvis slaghack för att regelbundet ta bort sly.

Dagbrottet kommer successivt att vattenfyllas. Det kommer att ta minst 150 år innan det är helt fyllt. Efter 25 år har då vattnet stigit ungefär 250 meter i dagbrottet.



Sandmagasinet efter 25 år



Dagbrott och gråbergsupplag efter 25 år

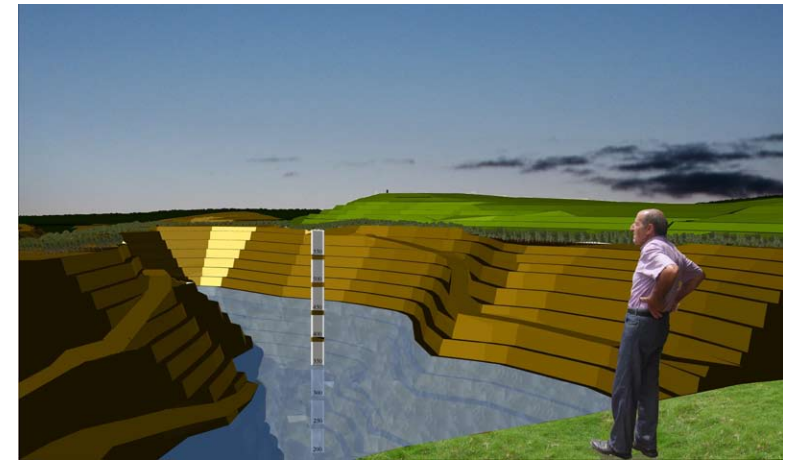
Efter 50 år

Pionjärträd som björk, asp, sälg och tall kommer att etablera sig efter några decennier. När denna utveckling väl har börjat kommer gräset att skuggas och igenväxningen accelererar. Efter 50 år kommer lövsly att dominera på sandmagasinet. I skydd av lövslyt kommer tallen successivt att breda ut sig.

Vattnet i dagbrottet har efter 50 år stigit ytterligare 100 meter till 350 meters nivå. Lärkskogen runt dagbrottet har vid det här laget utvecklats till ungskog.



efter 50 år



efter 50 år

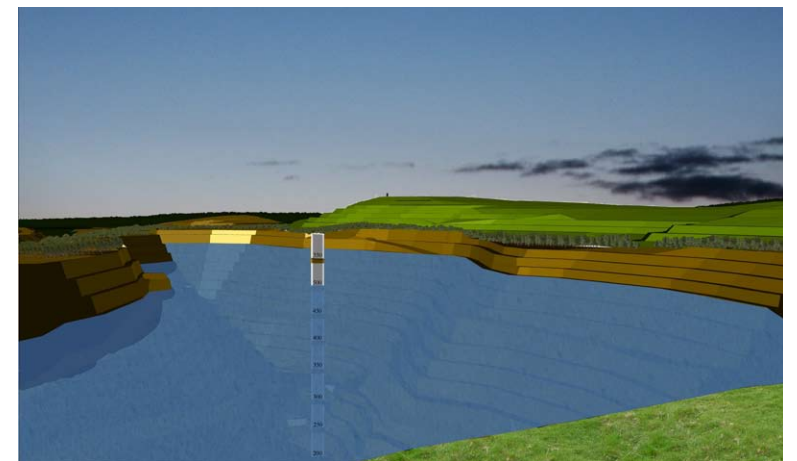
Efter 100 år

Tallen kommer att dominera på sandmagasinet. På friskare partier kan gran förekomma. När skogen väl vuxit upp kommer vattenpartierna att utgöra de enda kvarvarande öppna landskapsrummen på sandmagasinet. De kommer att vara viktiga för att bryta monotonin i den platta tallheden och bilda en naturligare övergång till urskogen på Kiilavaaras och Ahmavaaras sluttningar. Lärkskogen kring dagbrottet kommer nu att ha nått en höjd av 20-25 meter.

Vattnet i dagbrottet har vid det här laget stigit till en nivå av ca 500 meter. Fortfarande återstår 100 meters till dagbrottets krön. Den nuvarande landskapsplanen avser att slänta av de övre palmarna i dagbrottet för att förhindra olyckor. Mot bakgrund av den tid det tar för vattnet att stiga är det ganska verkningslöst. Dessutom är dagbrottet en huvudattraktion i det framtida landskapet. Detta förslag väljer därför att visa dagbrottet utan vidare efterbehandling av slänterna. Det är inte heller nödvändigt att vattenfylla hela dagbrottet. Vid en viss nivå kan man med pumpar drivna av vindkraft pumpa ur tillrinnande vatten. Den nivå man isådana fall skall välja är en framtida avvägningsfråga.



efter 100 år



efter 100 år

DISKUSSION

Arbetet med terrängmodellen för det slutgiltiga förslaget har tidvis varit krävande. Precis som vid all databehandling blir resultatet aldrig bättre än det underlag man haft till sitt förfogande. Man skall komma ihåg att terrängmodellen är en grov förenkling av verkligheten. Det digitala underlag som Boliden tillhandahållit har ibland varit varit otillräckligt. Det har bland annat inte framgått hur de framtida dammkrönen och deras förlängningar mot befintlig terräng kommer att se ut. Ritningarna i förslaget bygger därför på mina egna antaganden. Inte heller har de nya industrianläggningarna funnits med i underlaget utan placeringen av dessa har fått göras på fri hand utifrån den tekniska beskrivningen (2006). Gråbergssupplagens höjdkurvor har slutligen i ritunderlaget visat sig vara betydligt brantare än de 1:3 som föreskrivs i landskapsplanen. Det är dock knappast något som syns i modellen i den skala som använts.

Det förslag till landskapsgestaltning som slutligen har presenterats i detta examensarbete skall i första hand ses som en inspirationskälla. Det finns många frågor att lösa innan det skulle kunna bli en genomförbar landskapsplan, och det skulle säkerligen krävas en stab av konsulter för att lösa denna uppgift. Några av grundtankarna i gestaltningen skulle förhoppningsvis kunna användas i modifierad form.

Det gäller i första hand gråbergssupplagen som borde kunna få en medveten gestaltning utan alltför stora merkostnader. Det största hindret för att genomföra det förslag som presenterats är troligen att man bara har tillstånd att bygga upplagen till 430 m ö h. Det är medvetet som jag ifrågasatt detta tillstånd. Det beror delvis på att jag i min analys visat att man mycket väl kan bygga delar av gråbergssupplagen högre utan att detta blir synligt utifrån i någon högre grad, eftersom T5:an och T6:an effektivt döljer inre delar av gråbergssupplagen. Men det beror framför allt på att jag inte tror att det är höjden som är mest störande för landskapsbilden utan

de långa horisontella linjerna. Eftersom gråbergssupplagen ändå blir visuellt dominant så är en god landskapsgestaltning, där man i någon mån återskapar landskapets förgrund och bakgrund, den bästa lösning som jag kan se.

Det är också en av förutsättningarna för att Aitik ska bli det framtida rekreativlandskap som är den långtgående visionen i förslaget.

Det skall också tilläggas att gestaltungsförslaget för gråbergssupplagen innebär att de rymmer större volymer än vad som är möjligt med den gällande landskapsplanen. Om driften verkligen upphör 2025 kommer dessa volymer inte att finnas, men om driften kommer att utökas eller förlängas kommer det kanske att bli nödvändigt att höja upplagen, alternativt att påbörja nya deponier. Den föreslagna gestaltningen skall i det fallet vägas mot alternativet att man tar ny mark i anspråk för nya gråbergssupplag.

Utformningen av sandmagasinet, som trots allt utgör största delen av gruvområdet, är svårare att påverka. Iallafall om det skulle ske till någon rimlig kostnad. Från början var dammarna i förslaget tänkta att dämna upp avfallssanden på så vis att en större, eller lika stor, volym skulle kunna deponeras utan att behöva höja de yttre dammvallarna lika mycket. Det skulle bibehålla sikten över Leipipir och Kiilavaara från E10:an. De inre dammarna skulle också göra det möjligt att överdämna en stor del av sandmagasinet. Det vore en tilltalande idé ur landskapsynpunkt. Idén är inte helt befängd, den har tillämpats och kallas då celldeponering (Bohlin och Jonasson 2002). Permafrosten i sandmagasinet i Aitik gör däremot att metoden är olämplig ur dammsäkerhetsynpunkt. Kvar är därför ett något urvattnat förslag där endast små vattenytor kunnat erhållas och dammkonstruktionerna istället sänkts till vägbankar som fått tjäna för servicevägar i en vindkraftpark. I ett annat sammanhang, under andra klimatförhållanden, hade den ursprungliga idén kunnat vara tillämpbar.

Jag hoppas hur som helst att med detta examensarbete kunna förmedla att landskapsgestaltning är en viktig aspekt i arbetet med efterbehandling av gruvor och andra postindustriella miljöer.

REFLEKTION

Arbetet med examensarbetet har inneburit en lång process där hoppfullhet och hopplöshet avlöst varandra. Som hoppfullast var jag kanske alldeles i början då jag fick besöka Aitik och stifta bekantskap med en av landets basnäringar som jag, som 'sörlänning', visste mycket litet om. Jag är glad över att ha fått göra ett exjobb för Boliden med de utmaningar det har inneburit. Det har varit lärorikt på många sätt.

Bland annat har jag fått återknyta till tidigare kurser i markvetenskap och geologi, kunskaper som fallit i lätt glömska men som nu visat sig behövliga. Jag har haft stor hjälp av professor Stig Ledin, vid institutionen för markvetenskap, som inledningsvis förmedlade kontakten med Boliden och som sedan stött mig under arbetets gång.

Jag har också lärt mig att jobba i en stor skala, där det mänskliga perspektivet lätt försvinner. Det har krävt andra metoder än vad jag tidigare jobbat med. Framför allt har arbetet i 3D-modell varit avgörande, allt från de första naiva skisserna och arbetet i oljesandmodell till de slutliga ritningarna i Land Desktop. Det har varit värdefullt att lära sig att växla mellan modell och skiss, plan och perspektiv. Många har ifrågasatt värdet av det tidsödande jobb jag lagt ned på att skapa en terrängmodell i AutoCad. Jag är ändå nöjd med att ha tillägnat mig grundläggande kunskaper i programmet som trots allt är det som används vid projektering av väg- och vatteningenjörer och andra tekniker. Jag anser att

programmet har större trovärdighet än renodlade designprogram som SketchUp m fl. Vissa funktioner, som att hantera punkter och höjder i en databas, har man stor nytta av även då man jobbar i plan. Jag ser det också som en fördel att arkitekter och tekniker arbetar i samma program för ömsesidig förståelse och kommunikation.

Framför allt tycker jag att arbetet i 3D gett en djupare förståelse för höjdkurvor och höjdsättning även i en 2D-ritning. Jag har ibland fått höra att man som konsult aldrig hinner rita i 3D och att det ändå oftast är en planritning som beställs. Men i själva verket jobbar vi alltid i 3D, även i plan.

Det går alltid att önska att man kommit längre. För att bli färdig har jag fått sänka ambitionsnivån. Bland annat hade jag intentionen att lyfta in terrängmodellen i Novapoint och där skapa en rörlig animation över gestaltungsförslaget. Det är en idé jag fått släppa och spara för framtiden.

Svårast med arbetet har, som så ofta, avgränsningen varit. Det är först när man lärt sig allt och nått slutet som man inser vad arbetet egentligen handlar om och vad man kunde ha uteslutit.

Det har också varit motigt att arbeta ensam under så lång tid och att tvingas lösa alla triviala problem, som alltid uppstår i ett arbete som detta, på egen hand. I en organisation står man sällan ensam när datorn krånglar eller när tankarna gått in i en återvändsgränd. På det sättet liknar inte examensarbetet det verkliga yrkeslivet eftersom man som student förväntas lösa dessa problem på egen hand. Men skam den som ger sig, till slut blev det ändå klart!

KÄLLFÖRTECKNING

Tryckta källor

Axelsson, C-L. et al. 1993. *Efterbehandling av sandmagasin i Aitik. Hydrogeologiska förutsättningar för åtgärdsplan*. Rapport 927-1877. Uppsala. Golder associates AB.

Berger, A. 2002. *Reclaiming the American west*. New york: Princeton Architectural Press.

Bjelkevik, A. 2005. *Stability of Tailings Dams. Focus on Water Cover Closure*. Luleå: Department of Environmental Engineering, division of Applied Geology, LTU.

Bohlin, T. & Jonasson, F. 2002. *Dränerad celldeponering ur ett geotekniskt perspektiv*. LTU. Institutionen För väg- och vattenbyggnad, avdelningen för geoteknik.

Boliden Mineral AB. 2006(A). *Teknisk beskrivning av Aitik vid en utökad verksamhet med en årlig produktion av upp till 36 Mton malm*. Bilaga A i ansökan till miljödomstolen.

Boliden Mineral AB. 2006(B). Nytt förslag till landskapsplan. Bilaga B18 (i) *Miljökonsekvensbeskrivning gällande utökad produktion och ett nytt anrikningsverk vid Boliden Mineral AB:s gruva i Aitik*. Eriksson et al. 2006.

Buckley, G.P (ed). 1989. *Biological habitat reconstruction*. London: Belhaven

Bungart, R. & Huttli, R.F. 2001. Production of biomass for energy in post-mining landscapes and nutrient dynamics. *Biomass and Bioenergy* 20 (2001) 181–187). Oxford : Perganom Press

Bradshaw, A.D. & Chadwick, M.J. 1980. *The restoration of land : the ecology and reclamation of derelict and degraded land*. Oxford: Blackwell

Carlsson, E. 2002. *Sulphide-Rich Tailings Remediated by Soil Cover. Evaluation of cover efficiency and tailings geochemistry, Kristineberg, northern Sweden*. Luleå: Department of Environmental Engineering, division of Applied Geology, LTU.

Carman, E. 2001. From laboratory to landscape: a case history and possible future direction for phyto-enhanced soil bioremediation. (i) *Manufactured sites: rethinking the post-industrial landscape* (ed) Kirkwood, Niall. New York: E & FN Spon s. 43-51.

Denscombe, M. 2000. *Forskningshandboken – för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. Lund: Studentlitteratur.

Detaljplan 2007. Aitikgruvan - Sakajärvi 2.4, Leipipir 1:12 samt del av Leipipir 1:1, Liikavaara 1:2, Sakajärvi 2:1 samt Storlandet 5:1. Antagen av Miljö- och Byggnämnden, Gällivare kommun, okt 2007, reviderad nov 2007.

Eriksson, N. 2006. Konceptuell efterbehandlingsplan Aitik 36 Mton. Bilaga B29. (i) *Miljökonsekvensbeskrivning gällande utökad produktion och ett nytt anrikningsverk vid Boliden Mineral AB:s gruva i Aitik*. Gällivare: Boliden Mineral AB.

Eriksson et al. 2006. *Miljökonsekvensbeskrivning gällande utökad produktion och ett nytt anrikningsverk vid Boliden Mineral AB:s gruva i Aitik*. Bilaga B i ansökan till miljödomstolen. Gällivare: Boliden Mineral AB.

Europaparlamentets & rådets direktiv 2006/21/EG. 2006. *Om hantering av avfall från utvinningsindustrin och om ändring av direktiv 2004/35/EG*.

European IPPC Bureau (Institute for Prospective Technological Studies Sustainability in Industry, Energy and Transport). 2004. *Reference document on Best available Techniques for Management of Tailinings and Waste-Rock in Mining Activities*.

Evangelou. 2000. Pyrite microencapsulation technologies: Principles and potential field application. *Ecological Engineering* 17 (2001) 165–178

Helliwell, D.R. 1996. *Case studies in Vegetation Change, Habitat Transference and Habitat Creation*.

Höglin, S. 1998. *Agrarhistorisk landskapsanalys över Norrbottens län*. Landskapsprojektet 1998:6. Stockholm: Riksantikvarieämbetet.

Kirkwood, N. (ed). 2001. *Manufactured sites: rethinking the post-industrial landscape*. New York: E & FN Spon

Kofoed, J. 1999. *Växtetableringsförsök i Aitik:s slaggsand. Rapport utifrån inventering 990615*. Uppsala: Institutionen för markvetenskap, SLU.

Krinke, R. 2001. Design practice and manufactured sites. (i) *Manufactured sites: rethinking the post-industrial landscape* (ed) Kirkwood, Niall. New York: E & FN Spon. s. 125-149

Latz, P. 2001. Landscape Park Duisburg-Nord: themetamorphosis of an industrial site (i) *Manufactured sites: rethinking the post-industrial landscape*. New York: E & FN Spon

Ledin, S. 1999. *Växtetablering på störda marker – särskilt på deponier för gruvavfall*. Rapport 5026. Naturvårdsverkets förlag.

Ledin, S. 2006. *Metoder för växtetablering på sandmagasinet vid Aitik - miljöeffekter av rötslam som jordförbättringsmedel*. Uppsala: Institutionen för markvetenskap, SLU.

Lindvall, M. 2005. *Strategies for remediation of very large deposits of mine waste; the Aitik mine, Northern Sweden*. Luleå: Department of Chemical Engineering and Geosciences, Division of Applied Geology, LTU.

Länsstyrelsen i Norrbottens län. 1998. *Arkeologi i Norrbotten - en forskningsöversikt*. Luleå: Länsstyrelsen i Norrbotten, Åjtte, Norrbottens museum, RAÄ.

Naturvårdsverket. 2003. Reparation pågår - om sanering av förorenad miljö. Stockholm: Naturvårdsverket.

Nilsson, K. 1988. *Industri möter landskap. Visuella aspekter på utformning och inplacering av industriella ingrepp i landskapet*. SLU, Alnarp

Nilsson, T. 1996. *Leipipir - en översiktlig naturinventering*. Rapportserie nummer 10/1996. Luleå: Länsstyrelsen i Norrbottens län.

Ripa, G. 2007. Miljökonsekvensbeskrivning (i) *Detaljplan 2007. Aitikgruvan - Sakajärvi 2.4, Leipipir 1:12 samt del av Leipipir 1:1, Liikavaara 1:2, Sakajärvi 2:1 samt Storlandet 5:1*. Gällivare: Tyréns

Rock, S. 2001. Phytoremediation: integrating art and engineering through planting. (i) *Manufactured sites: rethinking the post-industrial landscape* (ed) Kirkwood, Niall. New York: E & FN Spon s. 53-58

Schibbye, B. & Pålstam, Y. 2001. *Landskap i fokus. Utvärdering av metoder för landskapsanalys*. Stockholm: Riksantikvarieämbetets förlag.

Stjernman, L. 2000. *Gruvavfall som växtsubstrat – effekter av organiskt material*. Uppsala: examensarbete vid institutionen för markvetenskap, SLU.

Stjernman Forsberg, L. & Ledin, S. 2003. Effects of iron precipitation and organic amendments on porosity and penetrability in sulphide mine tailings. *Water, Air and Soil Pollution* 142: 395-408. Netherlands. Kluwer Academic Publishers.

Strelow, H. (ed). 2004. *Ecological aesthetics: art in environmental design: theory and practice*. Basel: Birkhäuser.

Wennman, P. 2004. *Decomposition and nitrogen transformations in digested sewage sludge applied to mine tailings – effects of temperature, soil moisture, pH and plants*.

Uppsala: Licentiate Thesis at the Department of Soil Sciences, SLU.

Wennman, P & Kätterer, T. 2004 (I). *The effect of moisture and temperature on C and N mineralization in mine tailings mixed with sewage sludge in a long-term incubation experiment*. Uppsala: Department of Soil Sciences, SLU.

Wennman, P. & Ledin, S. 2004 (II). *Nitrogen transformations in sewage sludge mixed into mine tailings*. Uppsala: Department of Soil Sciences, SLU.

Weilacher, U. 1999. *Between landscape architecture and land art*. Basel: Birkhäuser.

Översiktsplan för Gällivare kommun. 1991. Gällivare

Otryckta källor

Boliden mineral AB, miljöfaktablad

http://www.boliden.se/www/bolidense.nsf/0/b159cc842c06c7cec1256ddc00626016?opendocument&CategoryNr= (2006-03-29)

Lantmäteriverket (LMV)

Marktäckedata och vägkarta, Geodatabas för ArcMap (2006)

Marksaneringsinfo/ Lagstiftning

http://www.marksaneringsinfo.net/lagstift.htm (2007-01-31)

Miljömålsportalen

http://miljomal.nu (2007-01-05)

Mineral Information Institute

www.mii.org (2008-05-12)

Ministry of Northern Development and mines (Ontario)

http://www.mndm.gov.on.ca/mndm/mines/mg/rehab/rehabexmp_e.asp (2008-05-12)

Monumental Land Art of the United States

http://www.daringdesigns.com/earthworks.htm (2008-05-12)

Ren 2000/ riksintressen

http://www.ren2000.se/ren2000/ren2000.asp (2008-05-03)

Riksantikvarieämbetet/ Fornminnesregistret

http://www.raa.se/cms/extern/informationstorg/fornminnesinformation/fornminnesregistret.html (2008-05-04)

Riksantikvarieämbetet/ landskapskonventionen

http://www.raa.se/cms/extern/kulturarv/landskap/europeiska_landskapskonventionen.html (2008-05-04)

SGU/ riksintressen för mineraler

http://www.sgu.se/sgu/sv/samhalle/malm-mineral/riksintressen

2008-05-03

SGU/ berggrundskartan

http://www.sgu.se/sgu/sv/produkter-tjanster/tjanster/kart-tjanst_start.htm#berg (2008-05-03)

Skogsvårdsstyrelsen/ Skogens pärlor/ Nyckelbiotoper mm.

http://www.skogsstyrelsen.se/episerver4/templates/skogensparlor.aspx (2008-05-04)

SMHI/Medeltemperatur och årsnederbörd i fjällen

http://www.fjallen.nu/fakta/temp.htm (2008-05-12)

Sveaskog/ Ekoparker

www.ekopark.se/default.aspx (2008-05-12)

SveMin/ gruvavfall

http://www.svemim.se/Templates/Article0.aspx?PageID=c0372175-e0bb-4144-8b4a-ddf4ada6a7b0 (2008-02-27)

Svensk trädgård riksförbundet/ zonkarta

http://www.tradgard.org/svensk_tradgard/zonkartan.html (2008-05-12)