

Tilapäiset tulvasuojelurakenteet

Selvitys tarjolla olevista vaihtoehdoista

Ville Suhonen ja Kari Rantakokko



Tilapäiset tulvasuojelurakenteet

Selvitys tarjolla olevista vaihtoehdoista

Ville Suhonen ja Kari Rantakokko



UUDENMAAN
YMPÄRISTÖKESKUS
NYLANDS
MILJÖCENTRAL

UUDENMAAN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 2 | 2006
Uudenmaan ympäristökeskus

Kannen taitto: Edita Prima Oy
Kannen kuva: Kari Rantakokko

Edita Prima Oy, Helsinki 2006

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
<http://www.ymparisto.fi/julkaisut>

ISBN 952-11-2317-6 (nid.)
ISBN 952-11-2318-4 (PDF)
ISSN 1796-1734 (pain.)
ISSN 1796-1742 (verkkokj.)

SISÄLLYS

1	Johdanto	4
2	Käyttötarpeet	5
3	Käyttökokemuksia	6
4	Tilapäisiä tulvasuojelurakenteita.....	7
4.1	Yleistä.....	7
4.2	Maarakenteiset suojavallit	8
4.2.1	Perinteinen maavalli.....	8
4.2.2	Hiekkasäkkivalli	8
4.2.3	Suurhiekkasäkit.....	10
4.3	Suojavalli pahvipaaleista	13
4.4	Siirrettävät tulvaseinät	14
4.4.1	Geodesign Barriers.....	14
4.4.2	Lifeline.....	15
4.4.3	Aqua-Stop-Damm.....	15
4.4.4	Puukehikot.....	16
4.5	Vesi- tai ilmatäytteiset suojavallit	17
4.5.1	Water-Gate.....	18
4.5.2	Sava Waterwall.....	19
4.5.3	AquaTube.....	20
4.5.4	Mobildeich	21
4.5.5	NOAQ Tubewall	22
4.6	Ovi- ja ikkunaukkojen suojaus.....	23
4.7	Tulvaseinät kiinteillä perustuksilla	24
5	Vaihtoehtojen vertailu.....	25
6	Ehdotus jatkotoimenpiteiksi.....	28
7	Yhteenveto	29
	Lähteet	31
	Liite	32
	Kuvailulehti	34
	Presentationsblad.....	35

1 Johdanto

Tämän selvityksen tarkoituksena on antaa yleiskuva erilaisista mahdollisuuksista pienentää tulvavahinkoja tilapäisillä, nopeasti pystytettävillä tulvasuojelurakenteilla. Erilaisten vaihtoehtojen vertailemiseksi on selvitetty markkinoilla olevien tuotteiden ominaisuuksia, kustannuksia ja käytettävyyttä. Lisätietoja ja tarjouksia tulvasuojelurakenteista pyydettiin suoraan ulkomaisilta valmistajilta, tai jos mahdollista, Suomessa toimivilta maahantuojilta. Lisäksi on kartoitettu Suomessa saatuja kokemuksia tilapäisten tulvasuojelurakenteiden käytöstä.

Selvitys palvelee ensisijaisesti alueellisia ympäristökeskuksia ja pelastuslaitoksia, mutta siitä on hyötyä myös kunnille ja kiinteistönomistajille. Alueellinen ympäristökeskus osallistuu tulvasuojelun suunnitteluun ja edistämiseen, mutta tulvatilanteessa on pelastuslaitoksilla paremmin resursseja varsinaiseen vahinkojen torjuntaan pumppaamalla ja rakennuksia suojaamalla. Tulvantorjunnan muuttuessa akuutissa tulvatilanteessa pelastustoiminnaksi siirtyy myös vastuu tulvantorjunnasta pelastuslaitokselle. Lisäksi osavastuu tulvavahinkojen torjunnassa on kiinteistön omistajalla tai haltijalla.

2 Käyttötarpeet

Nopeasti pystytettävillä tulvasuojelurakenteilla on käyttökohteita etenkin jokivesistöissä. Vähäjärvisillä vesistöalueilla virtaaman nousu on tyypillisesti nopeampi ja voimakkaampi kuin runsasjärvisillä alueilla. Lisäksi säännöstelyillä voidaan ehkäistä tulvavahinkojen syntymistä, tai ainakin saada lisää aikaa vahinkokohteiden suojaamiseksi. Tulvavahinkoja voidaan ehkäistä myös vesistöissä tehtävillä tulvasuojelutöillä, kuten perkauksilla ja pengerryksillä. Yksittäisten vahinkokohteiden suojaus on kuitenkin usein edullisempi vaihtoehto.

Vesistötulvat voidaan jakaa kevättulviin ja sadetulviin. Kevättulvien suuruuteen vaikuttavat pääasiassa lumen vesiarvo, lämpötila ja sadanta. Suurimmat kevättulvat syntyvät, kun suuri lumimäärä sulaa nopeasti ja samanaikaisesti sataa runsaasti. Lisäksi jääpadot voivat nostaa pienemmälläkin tulvalla vedenkorkeutta nopeasti. Lumettomana aikana tulvan muodostumiseen vaikuttavat sadanta, haihdunta ja maankosteuden vajuus. Tulviin varautuminen on lumettomana aikana vaikeampaa kuin keväällä, koska vesistöennusteissa¹ on enemmän epävarmuutta. Lisäksi tulvan nousun nopeuteen vaikuttavien rankkasateiden tarkka ennustaminen on vaikeaa.

Jokivesistöjen lisäksi tilapäisten tulvasuojelurakenteiden käyttökohteita löytyy merenrantakaupungeista. Merenpinnan nousuun ei voida vaikuttaa, vaan ainoa keino on suojata vahinkokohteet joko pysyvillä tai tilapäisillä tulvasuojelurakenteilla. Toisaalta vahinkokohteiden kartoitus on helpompaa kuin jokivesistöissä, koska tulvakorkeus on laajoilla alueilla likipitään sama.

Tärkeimmät Itämeren vedenkorkeuteen vaikuttavat tekijät ovat ilmanpaine, tuuli, virtaus Tanskan salmien läpi sekä talvella jäätilanne. Tuuli vaikuttaa vedenkorkeuteen painamalla vesimassoja rannikkoa vasten, vaikutus on merkittävin lahtien pohjukoissa. Tuulen ja aaltoilun vaikutus saattaa olla hyvin paikallista. Ilmanpaine vaikuttaa vedenkorkeuteen siten, että vedenpinta nousee matalapaineella ja laskee korkeapaineella. Yhden millibaarin paine-ero ilmanpaineessa vastaa noin yhtä senttimetriä vedenkorkeudessa. Lisäksi veden virtaus Tanskan salmien kautta vaikuttaa Itämeren kokonaisvesimäärään ja siten osaltaan vedenkorkeuksiin. Veden virtaus salmissa aiheutuu Itämeren ja Pohjanmeren vedenpintojen korkeuserosta sekä salmien alueen tuuliolosuhteista. (Merentutkimuslaitos 2005.)

¹ Suomen ympäristökeskus (SYKE) ylläpitää koko Suomen kattavaa vesistömallijärjestelmää. Mallin lähtötietoja ovat sade- ja lämpötilahavainnot sekä potentiaalinen haihdunta. Laskennassa hyödynnetään ympäristöhallinnon hydrologista havaintoverkkoa, Ilmatieteen laitoksen säähavaintoja ja -ennusteita, säätutkan sadetietoja, satelliittien lumen peittävyystietoja sekä tarvittaessa erikseen tehtäviä yksittäisiä vedenkorkeuden tai lumen vesiarvon mittauksia. Vesistöennusteet julkaistaan päivittäin ympäristöhallinnon verkkopalvelussa osoitteessa www.ymparisto.fi/vesistoennusteet.

3 Käyttökokemuksia

Tilapäisten tulvasuojelurakenteiden käyttökokemusten selvittämiseksi tehtiin vuodenvaihteessa 2006 kysely, jossa haastateltiin alueellisten ympäristökeskusten tulva-asioiden parissa työskenteleviä henkilöitä. Alueellisten ympäristökeskusten yhtenä tärkeänä tehtävänä on osallistua vesistöjen tulvasuojelun edistämiseen. Kyselyn perusteella kokemuksia tilapäisistä tulvasuojelurakenteista on ollut melko vähän, käytännössä vain maa-aineksesta tai hiekkasäkeistä rakennetuista suojavaileista. Lapissa on lisäksi suojattu yksittäisiä taloja kasaamalla hiekkaa rakennuksen seinustalle nostetun muovin päälle.

Taajamatulvien ja merenpinnan nousuun liittyvien tulvien torjunta kuuluu kunnille ja pelastuslaitoksille. Muutenkin tilapäisten suojarakenteiden toteuttaminen akuutissa tulvatilanteessa kuuluu erityisesti pelastusviranomaisten vastuulle. Yksittäisenä esimerkkinä tilapäisten tulvasuojelurakenteiden käytöstä voidaan mainita tammikuussa 2005 esiintynyt poikkeuksellinen meritulva, jolloin Helsingin kaupunki rakensi Kauppatorin suojaksi tulvavallin kierrätyspahvipaaleista. Pelkistä pahvipaaleista rakennettu pato ei ollut kuitenkaan kovin tiivis.

Joillakin vahinkokohteilla on varauduttu tulviin varta vasten suunnitelluilla nopeasti pystytettävillä suojarakenteilla. Länsi-Suomen ja Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskusten alueilla on eräillä kohteilla tehty valmiiksi tulvaseinämän perustukset. Tulvatilanteessa perustusten varaan voidaan nopeasti asentaa pystytuet ja puiset settilankut. Pohjois-Pohjanmaalla on rakennettu myös kiinteitä tulvasuojelupenkereitä, joihin on jätetty rakennusten kohdalle aukkoja. Tulvatilanteessa aukot on helppo täyttää hiekalla tai hiekkasäkeillä. Lapin ympäristökeskuksen alueella Rovaniemellä on varauduttu suojaamaan tiedekeskus Arktikum rakentamalla tulvatilanteessa rakennuksen ympärille pressuilla tiivistettävä elementtiseinä.

Tulvantorjunta saattaa aiheuttaa myös vahinkoa tai haittaa. Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen alueella rakennettiin tulvatilanteessa rivitalon suojaksi maavalli, ja pengeri oli tarkoitus maisemoida pysyväksi tulvasuojelurakenteeksi. Asukkaat eivät kuitenkaan hyväksyneet ratkaisua, vaan kokivat maavallin aiheuttaman esteettisen haitan saavutettua tulvasuojeluhuötyä suuremmaksi. Pengeri purettiin ja lisäksi jouduttiin tutkimaan, aiheuttiko maapenkka painumia talon rakenteisiin. Ennen tulvavallien rakentamista tulisikin selvittää vastuut mahdollisesti aiheutuvien vahinkojen varalta. Tulvatilanteessa rakentamisen tulisi olla pelastuslaitoksen päätös, koska sillä on pelastuslain (468/2003) mukainen toimintavastuu.

4 Tilapäisiä tulvasuojelurakenteita

4.1 Yleistä

Tulvavahinkojen torjuminen tilapäisillä rakenteilla edellyttää riittävän tiiviin ja tarpeeksi korkean rakenteen pystyttämistä. Vedenpitävyys on usein varmistettava erillisellä muovikalvolla tai muulla vastaavalla vesieristeellä. Lisäksi rakenteen tulee kestää vedenpaineen aiheuttama rasitus kaatumatta, liukumatta ja murtumatta. Suojausmenetelmät eroavat toisistaan monella tapaa. Vertailuperusteina voivat olla mm. kustannukset, tulvasuojauksen pystyttämisen vaatima tila, tarvittava työvoima ja kalusto sekä käytetyn materiaalin saatavuus ja varastointimahdollisuudet. Nopeasti nousevassa tulvatilanteessa myös rakenteen pystyttämiseen tarvittava aika voi olla olennaista. Rakenteen valintaan vaikuttavat myös maaperän kantavuus ja maastonmuodot. Varsinaisen tulvasuojelurakenteen lisäksi voidaan olosuhteista riippuen tarvita muitakin välineitä. Esimerkiksi jos rakenteen vakavuus perustuu vedenpaineeseen, saatetaan etenkin kovalla tuulella tarvita lisäänkurointia tai -painoja pitämään rakenne paikoillaan ennen vedenpinnan nousua.

Maaperän ja rakenteen kautta tulevien suoto- ja vuotovesien määrän tulee pysyä kohtuullisena, eikä vesi saa päästä suojattavan rakennuksen perustuksiin saakka. Tätä voidaan ehkäistä ulottamalla rakenteen vesieristeenä toimivan muovikalvon helma tarpeeksi pitkälle vesipaineen puolelle rakennetta. Muovin reunalle tarvitaan painoksi esim. hiekkasäkkejä, jotta nouseva tulvavesi ei pääse vesieristeen alle. Maan vedenläpäisevyys taas riippuu mm. maan huokoisuudesta ja rae-koostumuksesta. Yleensä vedenläpäisevyys lisääntyy raekoon kasvaessa: savella ja hiesulla on huono vedenläpäisevyys, mutta soran ja hiekan läpi vesi suotautuu nopeasti. Lisäksi vedenjohtokykyyn vaikuttaa mm. maaperän vesipitoisuus. Vedenläpäisevyys on suurimmillaan täysin kyllästyneessä maassa ja pienenee maaperän kuivuessa.

Suojattavalle alueelle tulevien hulevesien sekä suoto- ja vuotovesien poistamiseksi tulee huolehtia riittävästä pumppauskalustosta. Tulvatilanteessa sähkönjake-lussa saattaa esiintyä häiriöitä, joten polttomoottoripumput ovat varmin ratkaisu. Toinen vaihtoehto on varautua sähkökatkoksiin aggregaateilla.

Suojavallin ali kulkevat putket ja muut läpiviennit tulee selvittää ja tarvittaessa sulkea, jotta tulvavesi ei pääse tulvasuojauksen sisäpuolelle. Jos putkia ei pystytä sulkemaan, on huolehdittava suojauksen sisäpuolelle jäävien viemärikansien tiivistämisestä. Suojavallin ali kulkevien putkien sulkeminen on kuitenkin aina ensisijainen toimenpide, ettei suotovesien määrä kasvaisi hallitsemattomaksi. Tilapäistenkin suojarakenteiden käyttö tulee siis suunnitella ennakoita ja varustaa tarvittaessa erilaiset purkuputket sulk- tai takaiskuventtiileillä. Erityisesti kellareihin saattaa maanalaisten putkien kautta päästä tulvavettä.

Jäljempänä esitellään erilaisia tilapäisiä tulvasuojelurakenteita. Selvitys ei ole kattava kooste markkinoilla olevista tuotteista, vaan tarkoitus on esitellä erityyppisiä ratkaisuja esimerkkituotteiden avulla. Luvun 5 taulukossa 9 on kootusti tietoa eri järjestelmien ominaisuuksista ja liitteeseen 1 on koottu valmistajien ja maahan-tuojien verkko-osoitteita.

4.2 Maarakenteiset suojavallit

4.2.1 Perinteinen maavalli

Vallin rakentaminen kohteen ympärille vaatii sopivaa kalustoa ja rakenteeseen soveltuvaa maa-ainesta. Maa-aineksen tulisi olla mahdollisimman huonosti vettä läpäisevää. Maaperän huono kantavuus tai lähelle jokea rakennettaessa uoman reunan sortumavaara saattavat asettaa rajoituksia maapenkereen käytölle. Tulvan jälkeisen siivouksen helpottamiseksi voidaan pengertä rakentaa paksun muovikelmun päälle. Muovi toimii samalla vesieristeenä ja vähentää tulvaveden suotautumista penkereen ali.

4.2.2 Hiekkasäkkivalli

Hiekkasäkkeistä on helppo rakentaa tulvavalli myös epätasaiseen maastoon. Säkit täytetään hienolla hiekalla noin 2/3 tilavuuteen, jotta ne muotoutuisivat mahdollisimman tiiviisti toisiaan ja maanpintaa vasten. Rakenne kannattaa tiivistää muovilla veden läpisuotautumisen estämiseksi. Hiekkasäkkivallia vasten voidaan myös asettaa esim. vanerilevyjä, joiden päälle muovi levitetään. Levyt tasoittavat vallissa mahdollisesti olevia epätasaisuuksia, eikä muovi repeä vedenpaineen vaikutuksesta niin helposti.

Hiekkasäkkejä valmistetaan mm. PP- ja PE-muovista ja juuttikankaasta. Muovisäkit ovat kestävämpiä ja edullisempia kuin juuttisäkit. Toisaalta juuttikankaasta valmistetut säkit eivät ole niin liukkaita kuin muoviset, ja tulvasuojauksen rakentaminen on niitä käyttäen helpompaa. Hiekkasäkkien täyttö ja liikuttelu on hidasta ja vaatii paljon työvoimaa. Jos vahinkokohteen lähistöllä sijaitsee varuskunta, voidaan tulvavallin rakentamiseen pyytää virka-apua puolustusvoimilta. Jos vahinkokohteiden tulvasuojelu on hiekkasäkkien varassa, tulisi etukäteen suunnitella, miten ja missä säkit täytetään ja kuinka paljon niitä tarvitaan. Hiekkasäkkejä tarvitaan usein apuna myös muita suojausrakenteita käytettäessä.



Kuva 1. Muovilla tiivistetty suojavalli hiekkasäkkeistä. Kuva: Ville Suhonen.

Käytön jälkeen on tulvavedestä kastuneet hiekkasäkit kerättävä pois ja vietävä sisältöineen kaatopaikalle, jotta tulvaveden mukana mahdollisesti kulkeutuvien taudinaiheuttajien leviäminen estetään. Kuivina säilyneet säkit ja niiden sisältämä hiekka voidaan käyttää uudelleen.

Täyttönopeus

Hiekkasäkkien täyttönopeus ja suojavallin rakentamiseen tarvittava säkkimäärä riippuvat säkkien koosta ja käytettävistä apuvälineistä. Suomen puolustusvoimissa on arvioitu, että kahden miehen osasto täyttää tunnissa noin 40–50 säkkiä. Puolustusvoimien käyttämät juuttisäkit ovat melko isoja, täytettyinä kooltaan 13x30x60 cm³. Hiekalla täytetyt säkit painavat siten kuivina noin 35–40 kg/kpl. Säkkejä voidaan täyttää myös täyttökehikon avulla, jolloin kahdella täyttökehikolla ja pyöräkuormaajalla varustettu 7–8 miehen osasto täyttää tunnissa noin 300–400 säkkiä. (Siirilä 2006.)

Saksassa Bundesanstalt Technisches Hilfswerk² ja Landesfeuerwehrverband Sachsen³ ovat arvioineet hiekkasäkeistä rakennettavaan suojaukseen tarvittavien hiekkasäkkien määrää ja työpanoksen suuruutta kesän 2002 tulvakokemusten perusteella (Seidel GmbH 2005). Näiden kokemusten perusteella yksi henkilö täyttää noin 80 hiekkasäkkiä tunnissa. Vastaavasti suojauksen rakentamiseen kuluu yhdeltä henkilöltä aikaa noin tunti 80 säkkiä kohden. Lisäksi on huomioitava 25 % reservi mm. taukoja varten. Käytetyt hiekkasäkit olivat melko pieniä, niiden painoksi arvioitiin kuivana 12–14 kg/kpl ja märkänä 20–25 kg/kpl.

Hiekkasäkkien täytön nopeuttamiseksi on kehitetty myös moottoroituja täytökoneita, joilla voidaan täyttää jopa 4 200 säkkiä tunnissa sekä erikoislapiota, joilla yksi henkilö voi täyttää 180–250 säkkiä tunnissa. Markkinoilla on myös hiekkasäkitelineitä, joiden avulla täyttää valmistajan mukaan yksi henkilö 148 säkkiä tai kaksi henkilöä 188 säkkiä tunnissa. Valmistajien verkko-osoitteita on listattu liitteeseen 1.

Hiekkasäkkien määrä

Suojaukseen tarvittavien säkkien määrä riippuu siitä, käytetäänkö vesieristeenä muovia, vai tuleeko riittävä tiiviys saavuttaa pelkillä hiekkasäkeillä. Jos tulasuojausta ei tiivistetä muovilla, tulee rakennettavan vallin leveyden olla kaksi kertaa sen korkeus ja lisäksi tarvitaan ylimääräinen säkkirivi lisävahvistukseksi (Seidel GmbH 2005). Erikorkuisten suojamuurien rakentamiseen tarvittavien hiekkasäkkien määrää on esitetty taulukossa 1. Vastaavasti muovilla tiivistetyn suojamuurin leveyden tulisi olla yhtä suuri kuin sen korkeuden. Kovin pitkiä ja korkeita suojavalleja ei hiekkasäkeistä kannata rakentaa, koska säkkien menekki ja työmäärä kasvaa nopeasti varsin suureksi.

Taulukko 1. Pienten hiekkasäkkien tarve erikorkuisissa suojarakenteissa pituusmetriä kohden, kun rakennetta ei erikseen tiivistetä muovilla (Seidel GmbH 2005).

Suojauksen korkeus (m)	Hiekkasäkkien tarve pituusmetriä kohde (kpl/jm)	Paino (kg/jm)	
		Kuivana	Märkänä
0,3	12	144–168	240–300
0,5	35	420–490	700–875
1,0	140	1680–1960	2800–3500
2,0	350	4200–4900	7000–8750

² Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW) on saksalainen vapaaehtoistoimintaan perustuva valtakunnallinen organisaatio. Sen toimialaan kuuluu teknisen avun antaminen siviilionnettomuuksissa kotimaassa ja liittovaltion hallituksen toimeksiantona myös ulkomailla. Yleisessä hätätilanteessa tai suuronnettomuuksissa THW on pyydettyäessä velvollinen auttamaan viranomaisia. THW:n tehtävät on määriteltä lailla.

³ Saksin osavaltion pelastuslaitosten liitto.

4.2.3 Suurhiekkasäkit

Tavallisten pienten hiekkasäkkien vaihtoehtona voidaan käyttää suuria hiekalla tai muulla maa-aineksella täytettäviä säkkejä. Niiden etuna tavallisiin hiekkasäkkeihin verrattuna on tulvasuojauksen pystyttämisen nopeus ja mahdollisuus käyttää pyöräkuormaajaa tai muuta vastaavaa konetta säkkien täyttöön ja liikutteluun. Lisäksi isoista elementeistä koostuva seinä on tukevampi ja kestää paremmin virtauksen tai aallokon aiheuttamaa räsitusta. Toisaalta isot säkit eivät ole yhtä joustavia kuin tavalliset hiekkasäkit. Epätasaisessa maastossa tai tulvamuurin päädyissä voidaankin joutua käyttämään lisäksi tavallisia hiekkasäkkejä. Suursäkkien tiiviys riippuu käytettyjen säkkien materiaalista ja täyteaineesta. Säkkien välisten saumojen tiiviys on joissain malleissa varmistettu kiinnitysmekanismilla, joilla yksittäiset säkit kiinnitetään toisiinsa. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää erillistä muovia tiiviyn varmistamiseksi. Muovi kestää vedenpainetta sen paremmin, mitä tasaisempi suursäkeistä rakennettavasta tulvamuurista saadaan.

Alfa Bag

Suomalaisen Alfa-Bag Oy:n tuotevalikoimissa on tehdasvalmisteisesti kaksi eri korkuista tulvantorjuntaan soveltuvaa suursäkkiä. Säkkien koot ovat 125x88x88 cm³ ja 62,5x88x88 cm³. Tilauksesta voidaan säkkejä valmistaa myös muun kokoisina. Säkit on jaettu väliseinillä neljään pystylokeroon, joten ne säilyttävät täytettyinä hyvin muotonsa ja pysyvät tukevasti pystyssä. Säkeissä on nostolenkit, joten niitä on helppo liikutella myös täysinä. Tulvamuuriin voidaan tehdä mutkia ja säkkejä voidaan pinota myös päällekkäin korkeamman tulvamuurin rakentamiseksi. Korkeammassa mallissa on myös alareunassa nostolenkit, joiden avulla säkin tyhjennys on helppoa. Alustavat hinnat toukokuun 2006 hintatason mukaan ovat pienemmälle säkille 13 €/kpl ja isommalle 18–19 €/kpl.

Puolustusvoimat käyttää Alfa-Bag Oy:n suursäkkejä linnoitustarkoituksiin. Säkkien täyttämiseksi on suunniteltu täyttökehikko, jonka avulla voidaan täyttää kolme säkkiä kerrallaan pyöräkuormaajan tai muun vastaavan avulla. Täyttönopeus yhdellä kehikolla ja pyöräkuormaajalla on 20–30 säkkiä tunnissa. Puolustusvoimat voivat antaa virka-apua myös tulvantorjuntaan.



Kuva 2. Alfa-Bag -suursäkkien täyttö täyttökehikon avulla. (Lähde: Alfa Bag Oy Ab)

Big Bag

Saksalainen Big Bag -järjestelmä koostuu 90x90x90 cm³ kokoisista muovisäkeistä. Säkkien päädyissä on puinen tukikehikko, ja säkit on valmiiksi ruuvattu yhteen 2–5 kappaleen yksiköihin. Kokoon taitettuina toimitettavat säkit vedetään auki ja täytetään hiekalla. Pidempää tulvasuojamuuria varten yksiköt ruuvataan neljällä ruuvilla puukehikoista kiinni toisiinsa.

Käytön jälkeen säkit voidaan nostaa trukkihaarukalla varustetulla traktorilla tai muulla vastaavalla irti toisistaan ja tyhjät säkit voidaan säilyttää kokoon taitettuina uudelleenkäyttöä varten. Viiden säkin yksikkö painaa tyhjänä 28 kg. Valmistajan mukaan kaksi henkilöä pystyttää yhden viiden säkin yksikön (pituus 4,5 m) 20 minuutissa, kun säkit täytetään koneellisesti.

Helmikuun 2006 hintatason mukaan kahden säkin yksikön hinta on 85 € (47 €/jm) ja viiden säkin yksikön hinta 135 € (30 €/jm). Lisäksi yli 200 yksikön tilauksesta annetaan 10 % suuruinen alennus. Suurissa tilauksissa hintaan sisältyy kuljetus Suomeen. Big Bag -järjestelmällä ei ole edustajaa Suomessa.



Kuva 3. Big Bag -tulvamuuri. (Lähde: Seidel GmbH)

Hesco Bastion

Englantilaisen Hesco Bastion -tulvamuurin runkona on teräsverkko, jonka varaan on kiinnitetty muovi. Rakenne koostuu yhteen liitetyistä kennoista, joita on tehdasvalmisteisesti saatavissa 60, 100 ja 137 cm:n korkuisina. Kennot on valmiiksi liitetty 2, 5 tai 10 kappaleen yksiköihin. Tulvatilanteessa kennosto vedetään auki ja täytetään hiekalla, soralla tai muulla saatavissa olevalla materiaalilla. Täytemateriaalin tulisi olla mahdollisimman huonosti vettä läpäisevää. Elementtien nurkissa on metallilenkkejä, joiden läpi pujotetaan metallitanko elementtien kiinnittämiseksi tiiviisti toisiinsa. Tulvamuuriin voidaan tehdä mutkia tai elementtejä voidaan koota päällekkäin korkeamman suojauksen rakentamiseksi. Käytön jälkeen rakenne voidaan varastoida kokoon taitettuna ja käyttää uudelleen. Yhdelle EUR-lavalle voidaan varastoida 1 metrin korkuista tulvamuuria 80 m. Rakennetta markkinoidaan myös Hesco Concertainer -nimellä

Valmistajan mukaan kaksi henkilöä pystyttää 10 metriä pitkän ja 1 metrin korkuisen tulvamuurin 20 minuutissa, kun säkit täytetään koneellisesti.

Taulukossa 2 on esitetty maahantuojalta helmikuussa 2006 saatuja erikorkuisien Hesco Bastion -tulvamuurien hintoja.

Taulukko 2. Hesco Bastion -tulvamuurin hintoja helmikuussa 2006.

Suojauskorkeus	0,3 m	0,61 m	1,0 m	1,37 m
Yksikön pituus x leveys	1,2 m x 0,61 m	1,2 m x 0,61 m 3,1 m x 0,61 m	10 m x 1 m	10 m x 1,06 m
Hinta	30 €/jm	50–61 €/jm	77 €/jm	101 €/jm



Kuva 4. Hesco Bastion -tulvamuuri. (Lähde: SGS Geotechnik)

Quick Damm

Saksalainen Quick Damm E -tulvamuurin elementit koostuvat metallikehikon vaaraan viritetystä geotekstiilisäkistä. Yhden elementin pituus on 2 m, korkeus 1 m, leveys 0,8 m ja paino tyhjänä noin 40 kg. Säkeissä on nurkissa nostolenkit, ja niitä voidaan siirrellä myös täysinä. Elementti voidaan tyhjentää nopeasti leikkaamalla säkki auki. Uudelleen käyttöä varten voidaan metallikehikkoon asettaa uusi säkki. Alustava hinta oli toukokuussa 2006 yhdelle elementille 300 € (150 €/jm). Rahdin kustannukset riippuvat tilattavasta määrästä.



Kuva 5. Quick Damm E -tulvamuuri. (Lähde: Quick Damm GmbH)

4.3 Suojavalli pahvipaaleista

Tammikuussa 2005 kokeiltiin Helsingin Kauppatorilla merivesitulvan torjumista kierrätyspahvipaaleilla. Pelkistä paaleista rakennettu pato ei ollut kuitenkaan riittävän tiivis. Helsingin kaupunki on varautunut pahvipaalien käyttöön jatkossakin, ja rakenteen tiivys on tarkoitus varmistaa muovikelmulla. Padon perusmateriaalin toimittaa Paperinkeräys Oy, joka huolehtii myös paalien lastauksen ja kuljetuksen haluttuun paikkaan. Rakentamisen asiantuntijana toimii virka-apuna puolustusvoimien linnoitusupseeri. (Helsingin kaupunki 2005.) Koska rakenne täytyy joka tapauksessa tiivistää muovilla, saattaisivat myös paperipaalit tulla kysymykseen.



Kuva 6. Suojavalli pahvipaaleista. Kuva: Helsingin kaupungin pelastuslaitos.

4.4 Siirrettävät tulvaseinät

Erilaiset siirrettävät tulvaseinät toimivat parhaiten rakennettaessa melko suoraa tulvasuojausta tasaiselle maalle. Rakenteen etupuolelle joudutaan riittävän tiiviiden varmistamiseksi levittämään muovikalvo. Muovin etureunalle tarvitaan painoa sen paikalla pitämiseksi ennen vedenpaineen kasvua. Kovalla tuulella on joidenkin rakenteiden osalta varmistettava myös itse rakenteen pystyssä pysyminen ennen tulvaveden nousua. Rakenne voidaan ankkuroida maahan tai sen päälle voidaan asettaa lisäpainoja. Myös rakenteen kelluvuus voi aiheuttaa ongelmia, jos tulvavesi on jo ehtinyt nousta asennuspaikalle.

Seuraavassa on esitelty kolme kaupallista ratkaisua, sekä vaihtoehtona seinäkkeiden valmistaminen itse.

4.4.1 Geodesign Barriers

Ruotsalaiseen Geodesign Barriers -tuoteryhmän muodostavat tulvaseinät koostuvat teräksistä tuista, niitä yhdistävistä poikittaisista tangoista ja tukien päälle asetettavista EUR-lavoista (Pallet Barrier), vanerilevyistä (Board Barrier) tai alumiinilevyistä (Steel Barrier). Seinä tiivistetään muovikalvolla, jonka päälle asetetaan painoksi järjestelmään kuuluvaa paksua metalliketjua tai esim. hiekkasäkkejä. Geodesign Barriers -tulvaseiniä on aikaisemmin markkinoitu myös nimellä Aqua Barrier.

Edullisin vaihtoehto on Pallet Barrier. Tällöin tulee etukäteen huolehtia siitä, että EUR-lavoja on tulvatilanteessa riittävästi saatavilla. Käytettäessä Board tai Steel Barrieria ei tulvatilanteessa tarvitse huolehtia lisäosien hankkimisesta, vaan vaneri- tai alumiinilevyt kuuluvat järjestelmään. EUR-lavoihin perustuvaa Pallet Barrier -järjestelmää ei käsitellä tässä selvityksessä tarkemmin, koska kuormalavojen saatavuus tulvatilanteissa on osoittautunut ongelmalliseksi. Kahdesta jäljelle jäävästä vaihtoehdosta alumiinilevyt ovat vanerilevyjä kalliimpia, mutta myös huomattavasti kestävämpiä.

Yhden seinäelementin pituus on 1,23 m, ja sillä saavutetaan 0,65 m korkea suojaustaso. Vastaavasti asetettaessa kaksi seinäelementtiä päällekkäin on suojauksen korkeus 1,25 m ja kolmella päällekkäin asetetulla elementillä 1,80 m. Matalimman mallin leveys on 0,95 m (muovin kanssa 2,7 m), keskimmäisen 1,9 m (muovin kanssa 3,7 m) ja korkeimman 2,85 m (muovin kanssa 5,4 m). Alumiiniset seinäelementit painavat 13 kg/kpl, vaneriset 15 kg/kpl ja teräksestä valmistetut tukijalat tulvaseinän korkeudesta riippuen 13–39 kg/kpl. Tukijalkoja tarvitaan aina kahden vierekkäisen seinäelementin liitoskohtaan. Maaston epätasaisuuksien ylittämiseksi ja mutkien rakentamiseksi järjestelmään sisältyy 10 asteen suuruisia kulmapaloja. Lisäksi on saatavilla lisäosia rakenteen ankkuroimiseksi maahan tai kiinteisiin seiniin.

Alumiinilevyihin perustuvaa vaihtoehtoa on saatavissa myös konttityksikkönä, joka sisältää 300 m tulvaseinää. Konttiin on pakattu kaikki tarvittava materiaali suojauksen pystyttämiseksi. Suorien seinämien lisäksi kontissa on 36 kpl 10 asteen suuruisia kulmapaloja, kaksi pumppua (kapasiteetti 3000 l/min) hule- ja suotovesien pois-pumppaamiseksi sekä käsikäyttöinen haarukkavaunu lavojen siirtelyyn ulos kontista tai asfaltoidulla alueella myös ulkona. Tulvaseinäelementit ja tarvikkeet on pakattu lavoille, jolloin niitä on nopea siirrellä trukilla tai esim. trukkihaarukoilla varustetulla traktorilla.

Taulukkoon 3 on koottu Board ja Steel Barrier -järjestelmien listahintoja vuodelle 2006. Hinnat sisältävät kuljetuksen Suomeen. Kulmaelementtien hinnat riippuvat suojauksen korkeudesta ja rakennettavan kulman suuruudesta. 9 kpl 10 asteen suuruisia kulmaelementtejä maksavat 0,65 m korkealle tulvaseinälle 918–1042 €, 1,25 m korkealle seinälle 2118–2484 € ja 1,80 m korkealle seinälle 5061–6510 €.

Taulukko 3. Geodesign Barriers -tulvaseinien listahintoja vuodelle 2006.

	Board Barrier, vain suoraa tulvaseinää	Steel Barrier, vain suoraa tulvaseinää	Kontti, sis. 300 m Steel Barrier + kaikki tarvittava
Suojauskorkeus	0,65 - 1,25 - 1,80 m	0,65 - 1,25 - 1,80 m	1,25 m
Hinta	264 - 377 - 720 €/jm	347 - 545 - 972 €/jm	179 000 € = 597 €/jm



Kuva 7 Steel Barrier -tulvaseinä, korkeus 1,25 m. Oikealla myös vesieristeenä toimiva muovi ja sitä paikoillaan pitävä ketju on asetettu paikoilleen. (Lähde: Geodesign AB)

4.4.2 Lifeline

Saksalainen Lifeline-tulvaseinä koostuu teräsrungon päälle kiinnitetystä 15 mm paksusta PP-muovilevystä. Seinäelementit pystytetään teräksisen tukijalan päälle vastaavasti kuin Geodesign Barrier -tulvaseinät (luku 4.4.1). Maaston epätasaisuuksien ylittämiseksi ja mutkien rakentamiseksi järjestelmään sisältyy 22,5 asteen suuruisia kulmapaloja. Seinäelementtien pituudet ovat 1,2–3,0 m. 2,7 m pitkä elementti painaa 70 kg (korkeus 0,62 m), 140 kg (korkeus 1,25 m) tai 200 kg (korkeus 1,9 m). Myös Lifeline-seinän päälle tarvitaan vesieristeeksi muovikalvo. Huhtikuussa 2006 listahinta 1,25 m korkealle seinälle oli 490 €/jm. Lifeline-järjestelmällä ei ole edustajaa Suomessa.

4.4.3 Aqua-Stop-Damm

Saksalainen Aqua-Stop-Damm -tulvaseinä perustuu A-mallisiin muovielementteihin. Elementtien liitoskohtiin asetetaan alumiiniset tukikappaleet, jotka samalla estävät rakenteen liukumista ja elementtien päälle levitetään vesieristeeksi muovikalvo. Taulukossa 4 on esitetty tulvaseinäelementtien mittoja ja listahintoja huhtikuussa 2006. Hinta sisältää maatuet ja seinän päälle levitettävän muovin. Suorien elementtien lisäksi järjestelmään on lisähinnasta saatavissa 45 ja 90 asteen suuruisia kulmaelementtejä, ja lisäosia rakenteen ankkuroimiseksi maahan tai kiinteisiin seinisiin. Valmistajan mukaan kaksi henkilöä pystyttää 100 m pitkän tulvaseinän 1,5 tunnissa. Aqua-Stop-Damm -järjestelmällä ei ole edustajaa Suomessa.

Taulukko 4. Aqua-Stop-Damm -tulvaseinän mitat ja listahinnat huhtikuussa 2006.

Korkeus x pituus	0,50 m x 2,50 m	1,00 m x 2,00 m	1,30 m x 2,00 m
Paino	14 kg/kpl 5,6 kg/jm	n. 30 kg/kpl n. 15 kg/jm	n. 42 kg/kpl n. 21 kg/jm
Hinta	400 €/jm	480 €/jm	560 €/jm

Lisäksi veloitetaan kuljetuslavoista alle 100 juoksumetrin tilauksissa 18 €/kpl, alle 250 juoksumetrin tilauksissa 15 €/kpl ja alle 500 juoksumetrin tilauksissa 12 €/kpl. Yhdelle erikoislavalle mahtuu 1 metrin korkeista seinää 20 elementtiä eli 40 m.

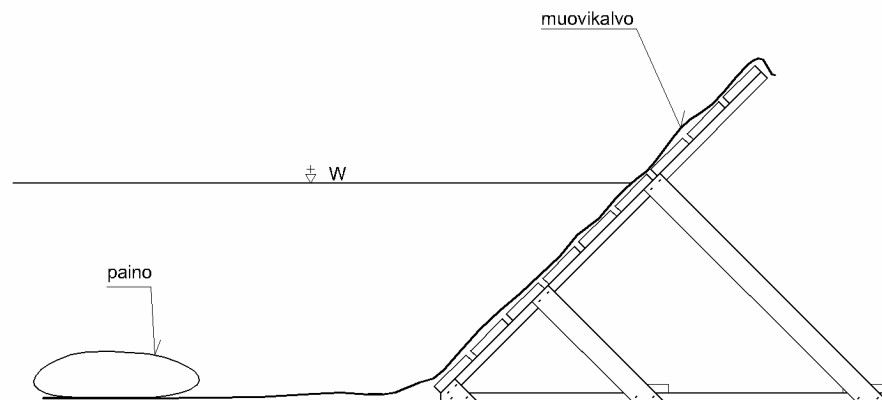


Kuva 8. Aqua-Stop-Damm -tulvaseinäelementti. (Lähde: AQUA-STOP Hochwasserschutz)

4.4.4 Puukehikot

Kohdekohtainen tulvasuojelu voidaan toteuttaa myös rakentamalla tulvatilanteessa tulvaseinäkkeitä itse. Kuvassa 9 on periaatepiirros puisesta kehikosta, jonka päälle kiinnitetään muovikalvo. Rakenteet tulisi etukäteen mitoittaa ja niiden rakentamiseksi tulisi laatia selkeät ohjeet. Etukäteen tulisi myös selvittää mahdolliset yhteistyötahot, jotka voisivat tulvatilanteessa rakentaa seinäkkeitä nopealla aikataululla. Lisäksi tulisi miettiä, rakennettaisiinko kehikot paikan päällä vai jossain muualla, josta ne kuljetettaisiin esim. 5 m pituisina elementteinä kohteeseen.

Puusta rakennettavia tulvaseinäkkeitä ei tarvitsisi etukäteen hankkia varastoon, ja kuluja syntyisi ennen tulvatilannetta lähinnä suunnittelutyöstä. Myös rakennuskustannukset ovat varsin pieniä markkinoilla oleviin valmiisiin tulvaseinien hintoihin verrattuna. Toisaalta kynnys rakentamisen aloittamiseen tulvatilanteessa voi olla korkea, ja jos tulva nousee nopeasti, ei puukehikoita välttämättä ehditä valmistaa.



Kuva 9. Periaatepiirros puusta rakennettavasta tulvaseinästä. Kuva: Ville Suhonen.

4.5 Vesi- tai ilmatäytteiset suojavallit

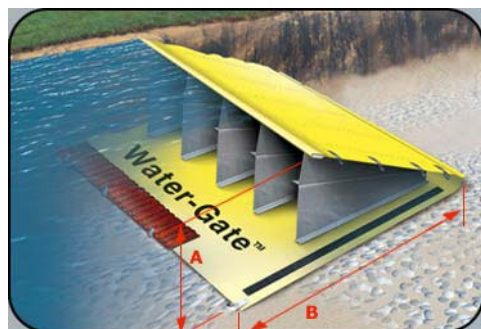
Tulvia voidaan torjua myös muovista tai kumista valmistetuilla vesi- tai ilmatäytteisillä rakenteilla. Muoviset rakenteet muotoutuvat hyvin myös epätasaiseen maastoon ja kuormittavat maanpintaa tasaisesti. Toisaalta järjestelmät ovat herempiä rikkoutumaan kuin kiinteisiin seinäkkeisiin tai hiekkaan perustuvat tulvamuurit. Valmistajien mukaan rakenteiden vakaus ei kuitenkaan kärsi isoistakaan vuodoista, ja monet mallit kestävät myös veden ylivirtauksen. Osa malleista perustuu vedenpaineeseen, ja siksi saatetaan ennen vedenpinnan nousua tarvita lisäpainoja rakenteen paikallaan pitämiseksi. Toisaalta, jos tulvavesi on jo ehtinyt nousta asennuspaikalle, voi rakenteen kelluvuus aiheuttaa ongelmia.

Seuraavassa esitellään viisi erilaista ratkaisua tulvien torjumiseksi ilma- tai vesitäytteisillä rakenteilla.

4.5.1 Water-Gate

Kanadalainen Megasecur Water-Gate on muovista valmistettu poikkileikkaukseltaan kolmiomallinen tulvaportti. Eri malleja on saatavissa korkeuksissa 0,15–2,0 m. Tarvittava tila leveyssuunnassa (mitta B kuvassa 10) on suojauskorkeudesta riippuen 0,6–7,9 m.

Water-Gate -tulvaportin pystyttäminen on nopeaa. Tulvaportti asetetaan haluttuun paikkaan ja tarvittaessa varmistetaan sen pysyminen paikallaan tulvan puoleisen liepeen päälle asetettavilla lisäpainoilla. Nouseva tulvavesi virtaa rakenteen sisään kolmion avoimelta sivulta ja täyttää sen. Tulvaportti rullautuu automaattisesti auki ja vedenpaine tiivistää rakenteen maata vasten.



Kuva 10. Water-Gate -tulvaportin rakenne. (Lähde: MegaSecur Inc.)

Tulvaportteja on kolmea mallia. Parhaiten rakennusten suojaamiseen soveltuvat WL-mallit, joissa on sisäänrakennettu paino etuliepeessä. Niiden pystyttämiseen ei tarvita mitään lisävarusteita, ainoastaan pumppu hule- ja suotovesien pumppaamiseksi suojauksen sisällä olevalta alueelta. Yli 0,35 m korkeiden WL-mallien pituus on 15,2 m, mutta useita yksittäisiä elementtejä voidaan liittää yhteen pidemmäksi rakenteeksi. Isompia määriä toimitettaessa elementit on valmiiksi liitetty yhteen 152 metrin pituisiksi ketjuiksi.

Edullisempi vaihtoehto on pieniin uomiin työpadoksi soveltuva WA-malli. WA-malleissa ei ole sisäänrakennettuja painoja. Rakenne on siten helpommin siirreltävä ja se mukautuu paremmin epätasaiseen maastoon. Toisaalta tulvaportin paikallaan pitämiseksi ennen sen täyttymistä tarvitaan erillisiä painoja. WA-mallia on saatavissa korkeudesta riippuen 7,6–15,2 metrin pituisina.

Kolmas, WP-malli, on rakenteeltaan muita heiveröisempi, eikä siinä ole sisäänrakennettuja painoja. Suomen maahantuojat ovat ottanut valikoimiinsa vain WL- ja WA-malleja.

Taulukossa 5 on esitetty eri mallien mittoja ja hintoja. Toimitukseen sisältyvät myös kiinnikkeet tulvaporttien kiinnittämiseksi toisiinsa.

Taulukko 5. Water-Gate -tulvaporttien mittoja ja hintoja helmikuussa 2006.

Malli	WA-2850	WA-3930	WL-2650	WL-3950	WL-5050
Korkeus(A) x leveys(B)	0,71 m x 2,5 m	1,0 m x 4,0 m	0,67 m x 2,5 m	1,0 m x 4,0 m	1,3 m x 5,4 m
Pituus	15,2 m	9,1 m	15,2 m	15,2 m	15,2 m
Paino	50 kg/kpl 3,3 kg/jm	75 kg/kpl 8,2 kg/jm	82 kg/kpl 5,4 kg/jm	148 kg/kpl 9,7 kg/jm	184 kg/kpl 12,1 kg/jm
Hinta	2657 €/kpl 169 €/jm	4379 €/kpl 481 €/jm	3003 €/kpl 198 €/jm	7744 €/kpl 509 €/jm	10301 €/kpl 678 €/jm

4.5.2 Sava Waterwall

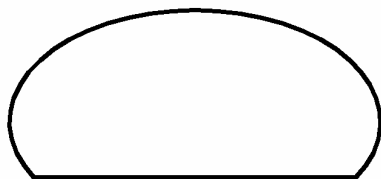


Kuva 11. Sava Waterwall -tulvamuuri, malli B. (Lähde: Sava Trade Inc.)

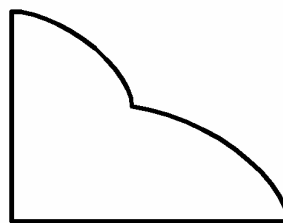
Slovenialainen Sava Waterwall on EPDM-kumista valmistettu vedellä täytettävä tulvamuuri. Sitä markkinoidaan Suomessa nimellä Kaiko-Sava Vesiseinä. Vesiseinän sisällä oleva vesi pitää rakenteen paikoillaan. Suojauksen vakauden varmistamiseksi ei tulvavesi saa nousta rakenteen harjan tasolle. Rakennetta on saatavissa kahta eri mallia (kuva 12). Malli A soveltuu tulvamuurin rakentamiseen tai esim. rantapenkan korottamiseen. Pidemmän suojauksen rakentamiseksi voidaan yksittäisiä Vesiseinä-elementtejä asettaa peräkkäin. Malli B soveltuu ovi- tai muiden kulkuaukkojen suojaamiseen. Molempien mallien suojauskorkeus on 0,8 m. Taulukossa 6 on toukokuussa 2006 maahantuojalta saatuja listahintoja. Mallia A on saatavissa myös pituuksissa 10, 15 ja 20 m.

Taulukko 6. Sava Waterwall -järjestelmän maahantuojan listahintoja toukokuussa 2006.

Malli	A2	A3	A4	A5	B2	B3	B4	B5
Suojauskorkeus	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m	0,8 m
Pituus	2 m	3 m	4 m	5 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Hinta	1002 € 501€/jm	1177 € 392€/jm	1346 € 336€/jm	1477 € 295€/jm	1143 € 572€/jm	1365 € 455€/jm	1705 € 426€/jm	1836 € 367€/jm



Malli A



Malli B

Kuva 12. Periaatekuvat Sava Waterwall -tulvamuurin A- ja B-mallien poikkileikkauksista.
Kuva: Ville Suhonen.

4.5.3 AquaTube



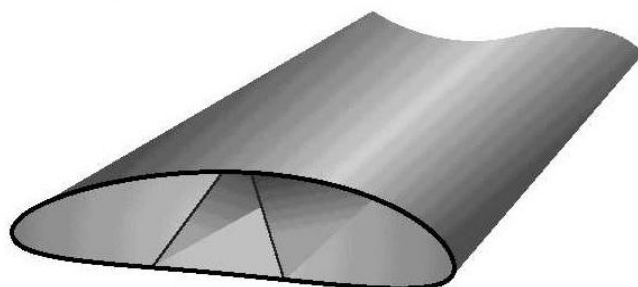
Kuva 13. AquaTube -tulvamuuri (Lähde: Hydro Response Ltd)

Yhdysvaltalainen AquaTube -tulvamuuri on vedellä täytettävä muovinen, poikkileikkaukseltaan ovaalin muotoinen putkilo. Materiaali on polyesterillä vahvistettua PVC-muovia. Putkilon sisällä on sen koosta riippuen kaksi (DFS-mallit) tai kolme (TFS-mallit) pitkittäistä väliseinää ja se pysyy paikallaan sen sisällä olevan veden painon avulla.

Tulvamuurin vakavuuden varmistamiseksi vedenkorkeus saa olla enintään 75 % putkilon korkeudesta. Putkiloita on saatavissa 3–50 metrin pituisina. Lyhimät soveltuvat esim. oviaukkojen suojaamiseen, pidemmällä taas voidaan suojata kokonaisia rakennuksia tai rakennusryhmiä. Yksittäisiä AquaTube -putkiloita voidaan liittää yhteen pidemmän suojauksen rakentamiseksi. Putkilot asetetaan tällöin suojauksen korkeudesta riippuen 0,45–3,60 m limittäin. Taulukkoon 7 on koottu tietoa eri malleista. Hinnat on annettu 20 kappaleen tilaukselle 50 m pitkiä AquaTube -putkiloita ja ne sisältävät kuljetuksen Suomeen. AquaTube -järjestelmällä ei ole edustajaa Suomessa.

Taulukko 7. AquaTube -tulvamuurin mittoja ja hintoja huhtikuussa 2006.

Malli	DFS-61	DFS-91	TFS-122	TFS-152	TFS-183	TFS-213
Putkilon korkeus	0,61 m	0,91 m	1,22 m	1,52 m	1,83 m	2,13 m
Suurin padotuskorkeus	0,46 m	0,69 m	0,91 m	1,14 m	1,37 m	1,60 m
Leveys	1,52 m	2,59 m	3,66 m	4,57 m	5,49 m	6,40 m
Paino tyhjänä	4,0 kg/jm	6,4 kg/jm	12,4 kg/jm	13,9 kg/jm	16,3 kg/jm	18,2 kg/jm
Paino täytenä	749 kg/jm	1968 kg/jm	3738 kg/jm	5838 kg/jm	8398 kg/jm	11629 kg/jm
Hinta 50 m pitkälle putkilolle		254 €/jm	319 €/jm			



Kuva 14. Kahdella väliseinällä varustettu AquaTube -tulvamuurin poikkileikkaus. (Lähde: Hydro Response Ltd)

4.5.4 Mobildeich



Kuva 15. Mobildeich-tulvamuuri. (Lähde: Mobildeich)

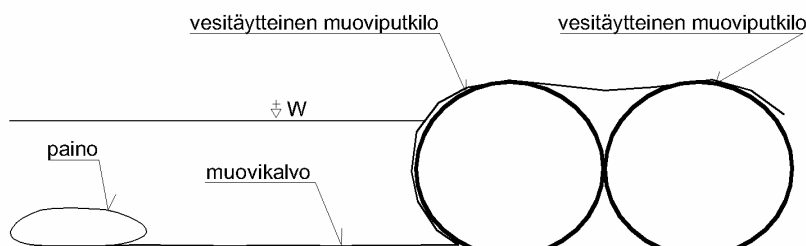
Saksalaisen Mobildeich-tulvamuurin toiminta perustuu kahteen rinnakkain asetettavaan muoviputkiloon, jotka täytetään vedellä. Suojausta voidaan korottaa asettamalla näiden päälle vielä kolmas putkilo. Lisäksi tarvitaan suojauksen korkeudesta riippuen 4–9 m leveä muovimatto, jolla estetään veden virtaus rakenteen ali. Putkiloita on viittä eri kokoa (halkaisija 0,45–1,50 m), joilla voidaan rakentaa 0,40–2,60 m korkea tulvasuojaus.

Taulukossa 8 on listahintoja muutamasta eri korkeudesta. Putkiloita on saatavissa 10, 20, 30 ja 50 metrin pituisina. Mitä pidempiä putkiloita valitaan, sen edullisempi on kokonaishinta. Tarvittavat tiivistysrakenteet sisältyvät hintaan. Putkilot toimitetaan rullattuina, joiden liikuttelemiseksi on saatavissa pyörät listahintaan 2 400 €/pari.

Valmistajan mukaan viisi henkilöä pystyttää 500 m pitkän tulvasuojauksen päivässä. Mobildeich-järjestelmällä ei ole edustajaa Suomessa.

Taulukko 8. Mobildeich-järjestelmän mittoja ja listahintoja helmikuussa 2006.

Malli	MD45-2	MD93-2	MD150-2
Putkilon halkaisija ja pituus	2 x 45 cm, pituus 10–50 m	2 x 93 cm, pituus 10–50 m	2 x 150 cm, pituus 10–50 m
Tarvittava tila leveyssuunnassa	4 m	6 m	9 m
Suosittelava padotuskorkeus	0,30 m	0,55 m	0,90 m
Suurin padotuskorkeus	0,40 m	0,85 m	1,40 m
Paino tyhjänä	275 kg/kpl 5,5 kg/jm	563 kg/kpl 11,3 kg/jm	907 kg/kpl 18,1 kg/jm
Hinta (riippuu pituudesta)	166–250 €/jm	272–400 €/jm	434–600 €/jm



Kuva 16. Periaatepiirros kahdesta putkilosta rakennetusta vesitäytteisestä Mobildeich-tulvamuurista. Kuva: Ville Suhonen

4.5.5 NOAQ Tubewall

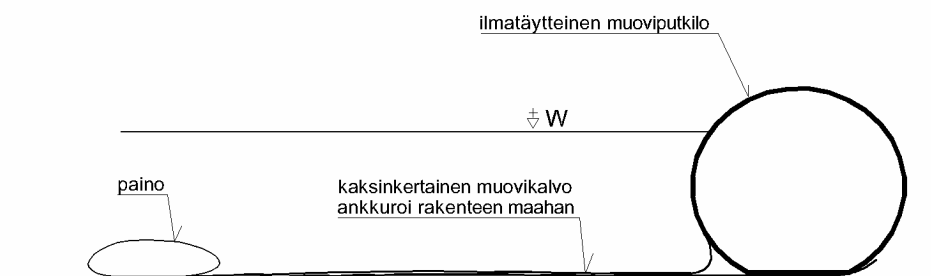


Kuva 17. NOAQ Tubewall -tulvamuuri. (Lähde NOAQ)

Ruotsalainen Noaq Tubewall -tulvamuuri on ilmalla täytettävä muoviputkilo. Vedennpaine painaa putkilon tulvanpuolelle kiinnitettyä kaksinkertaista muovikalvoa maata vasten ja pitää rakenteen paikoillaan. Alemmassa muovikalvossa on uria, joita pitkin vuotovedet ohjautuvat pois muovin alta. Muovikalvoa varten putkilon edessä tulee olla 0,75 m korkealle rakenteelle 2,4 m vapaata tilaa. Ennen kuin vedennpaine on kasvanut riittävän suureksi, joudutaan varsinkin kovalla tuulella muovimaton päälle laittamaan painoa rakenteen pitämiseksi paikoillaan. Tulvan aikana putkiloa tulee valvoa, jotta mahdolliset vuodot ehditään paikkaamaan ja ilmanpaine putken sisällä pidettyä sopivana. Ilmanpaine saattaa nousta auringonpaisteessa ilman kuumentuessa putkilon sisällä.

Noaq Tubewall -tulvamuuria on saatavissa 0,50 m, 0,75 m ja 1,00 m korkeina vaihtoehtoina. Yksittäisen putkilon pituus on 5–20 m, mutta pidemmän suojauksen rakentamiseksi voidaan useita putkiloita liittää yhteen. 0,75 m korkean rakenteen paino on 5 kg/jm

Helmikuussa 2006 listahinnat olivat 194 €/jm (korkeus 0,50 m), 208 €/jm (korkeus 0,75 m) ja 244 €/jm (korkeus 1,00 m). Hinta sisältää ilmapumpun putkilon täyttämiseksi, tarvikkeet putkiloiden liittämiseksi toisiinsa ja paikkausvälineet mahdollisten vuotojen korjaamiseksi. Valmistajan mukaan kaksi henkilöä rakentaa tunnissa 60 metrin pituisen tulvasuojauksen. NOAQ Tubewall -järjestelmällä ei ole edustajaa Suomessa.



Kuva 18. Periaatepiirros ilmatäytteisestä NOAQ Tubewall -tulvamuurista. Kuva: Ville Suhonen

4.6 Ovi- ja ikkunaukkojen suojaus

Koko rakennuksen suojaamisen sijaan voidaan myös vain estää tulvaveden pääsy sisään rakennuksen ovi- tai ikkuna-aukoista. Etukäteen tulee selvittää, kestävätkö rakennuksen seinät tulvaveden aiheuttaman paineen, ja minkälaisia vesivahinkoja rakennuksen seinää vasten nouseva tulvavesi aiheuttaa. Tulvaveden sisäänpääsyn estämiseksi ovi- tai ikkuna-aukon karmeihin voidaan asentaa kiskot tai muut vastaavat kiinnikkeet, joihin tulvatilanteessa kiinnitetään esim. alumiinilevyt tai settilankkuja (kuva 19).

Tulvaveden pääsy autotalliin tms. voidaan estää esim. varustamalla oviaukko tulvatilanteessa alaslaskettava tulvapuomilla (kuva 20). Myös pihamuuria voidaan hyödyntää osana tulvasuojausta. Tällöin riittää, että kulkuaukot suljetaan tulvatilanteessa. Pihamuurin vedenpitävyys ja kestävyys tulvaveden painetta vastaan on kuitenkin varmistettava etukäteen. Myös ajoväylään voidaan valmiiksi upottaa metallilevyjä, jotka tulvatilanteessa käännetään ylös.

Ovi- ja ikkuna-aukkojen suojaamiseksi tulvavesiltä on useita yllä esitettyjen vaihtoehtojen kaltaisia menetelmiä. Suojauksen toteutustapa tulee aina selvittää tapauskohtaisesti.



Kuva 19. Ikkuna-aukon suojaus alumiinisilla seteillä. (Lähde: WP Wasto)



Kuva 20. Oviaukon sulkeminen tulvapuomilla. (Lähde: Jacob Nettekoven)

4.7 Tulvaseinät kiinteillä perustuksilla

Usein toistuvaa tulvaa vastaan voidaan käyttää valmiille perustuksille nopeasti pystytettäviä tulvaseiniä, jos ei voida tai haluta rakentaa pysyvää rakennetta tulvaa vastaan. Kaupunkialueella perustukset voidaan upottaa esimerkiksi olemassa olevaan rantamuriin. Toinen vaihtoehto on rakentaa suojaus rantapenkereen päälle. Rantapenkerettä voidaan myös vahvistaa ponttiseinällä, jonka yläreunaan tilapäinen tulvaseinä voidaan sen jälkeen yhdistää.

Kiinteiden perustusten tekeminen on melko kallista. Itse tulvaseinien kustannuksiin vaikuttaa suuresti valittu materiaali ja toteutustapa. Edullisimmillaan kyse on pystytukien väliin ladottavista puisista lankuista. Toisaalta toistuvasti kaupunkialueelle pystytettävien tulvaseinien tulisi sopia myös kaupunkikuvaan. Tällöin myös kalliimmat, esim. alumiiniset tai lasiset ratkaisut tulevat kysymykseen (kuvat 21 ja 22).

Kiinteiden rakenteiden tarve ja rakenteiden toteutustapa tulee aina selvittää tapauskohtaisesti.



Kuva 21. Valmiiden perustusten varaan pystytettävä alumiininen settiseinä. (Lähde: GOH)



Kuva 22 Valmiiden perustusten varaan pystytettävä lasiseinä. (Lähde: AQUA-STOP)

5 Vaihtoehtojen vertailu

Suunniteltaessa vahinkokohteen tulvasuojelua tulee ensimmäisenä arvioida, soveltuuko kohteen suojaukseen parhaiten kiinteä vai vasta tulvatilanteessa pystytettävä tulvasuojaus. Tähän vaikuttaa ennen kaikkea vahinkoa aiheuttavan tulvan toistuvuus. Myös vahinkokohteen sijainti saattaa asettaa rajoituksia menetelmän valinnalle. Rantamaisemaa tai kaupunkikuvaa ei välttämättä haluta muuttaa pysyville rakenteilla, vaan mieluummin varaudutaan tilapäiseen tulvantorjuntaan. Laajemmilla vahinkoalueilla tulisi selvittää myös mahdollisuudet vaikuttaa vesistön tulvaherkkyyteen vesistössä ja valuma-alueella tehtävillä toimenpiteillä.

Maa-aineksesta rakennettavat tai maatyönteiset rakenteet ovat edullisia ja helppokäyttöisiä. Toisaalta tulvasuojauksen rakentaminen niiden avulla sitoo melko paljon kalustoa ja työvoimaa. Erikokoisten hiekkasäkkien täyttämiseksi on kehitelty täyttökehikoita ja koneita, joiden avulla täyttäminen nopeutuu huomattavasti. Heikosti kantavalla maalla tai rantapenkereillä saattaa maasta rakennettava suojaus aiheuttaa maan painumista tai sortumia.

Pahvipaaleista rakennettava tulvamuuri on nopea pystyttää, mutta edellyttää melko tasaisen maaperän. Pahvipaalien saatavuudesta ja toimituksesta tulee neuvotella paikallisen paperinkeräisyhtiön kanssa. Pahvipaalien käytöstä tulvantorjunnassa on vain vähän kokemuksia. Koska tulvamuuri joudutaan joka tapauksessa tiivistämään muovilla, myös kierrätyspaperipaalit saattaisivat tulla kysymykseen. Pahvi- ja paperipaalien soveltuvuus tulvien torjuntaan tulisi testata käytännössä.

Siirrettävät tulvaseinäkkeet soveltuvat parhaiten rakennettaessa suoraa tulvamuuria tasaiselle maalle. Vaikka järjestelmiin sisältyy myös kulmapaloja, eivät jäykät seinäkkeet sovellu kovin hyvin epätasaiseen maastoon tai mutkittelevan tulvamuurin rakentamiseen. Kovalla tuulella tulee varmistaa seinämän pystyssä pysyminen ennen vedenpaineen nousua. Tulvaseinän rakentaminen on nopeaa ja elementit ovat helposti varastoitavissa ja uudelleen käytettävissä. Toisaalta rakenteet ovat melko kalliita.

Vesitäytteiset rakenteet voidaan jakaa kahteen ryhmään. Ensimmäisen ryhmän rakenteiden vakavuus perustuu rakenteen sisään pumpattavan veden painoon. Niitä ei tarvitse ankkuroida alustaan millään tavalla, mutta toisaalta tulvavesi ei saa nousta rakenteen harjan tasalle. Toisessa ryhmässä rakennetta pitää paikoillaan paitsi sen sisällä oleva vesi, myös tulvan puolelle levitettävän muoviliepeen päällä olevan tulvaveden paino. Näin ollen ne kestävät myös tulvaveden ylivirtauksen kaatumatta. Vertailun ainoa ilmalla täytettävä rakenne on Noaq Tubewall. Koska rakenteilla ei itsessään ole juurikaan massaa, voidaan ennen tulvaveden nousua joutua käyttämään ylimääräisiä painoja tai ankkurointia maahan. Muovista valmistetut rakenteet ovat myös muita vaihtoehtoja alttiimpia rikkoutumaan.

Ovi- ja ikkuna-aukkojen suojaaminen tulvavedeltä ja kiinteille perustuksille rakennettavat tulvaseinät tulee aina suunnitella tapauskohtaisesti. Niiden etuina on pystytyksen nopeus ja hyvä vedenpitävyys. Hyvin suunniteltuina ne sopivat myös paremmin kaupunkikuvaan kuin muut tilapäiset rakenteet. Myös kiinteisiin penkereisiin tai tulvamuureihin verrattuna saavutetaan normaalioloissa huomattava maisemallinen hyöty. Jos ainoastaan rakennuksen ovi- ja ikkuna-aukot suojataan tulvalta, saattaa rakennukselle aiheutua vahinkoa seinää vasten nousevasta vedestä. Kiinteille perustuksille rakennettavien tulvasuojauksien suurin ongelma on niiden korkea hinta. Kohdekohtaisten suojausrakenteiden suunnittelu, perustusten tai kiinnityskiskojen rakentaminen ja tulvaseinien varastointi on kallista. Kustannusten pienentämiseksi voidaan myös rakentaa kiinteiden ja tilapäisten rakentei-

den yhdistelmiä. Pysyvään rantapenkereeseen voidaan jättää rakennuksen kohdalle aukko, joka on tulvatilanteessa nopea täyttää maapenkalla, hiekkasäkeillä, tai varta vasten kyseiselle paikalle suunnitelluilla rakenteilla.

Taulukkoon 9 on koottu tietoja erilaisten tulvasuojelurakenteiden ominaisuuksista. Tarkempia tietoja löytyy luvusta 4 kunkin menetelmän esittelyn kohdalta, sekä valmistajien verkkosivuilta (liite 1). Lisäksi taulukossa on vertailtu eri valmistajien tarjoamia noin 1 metrin korkeisten tulvamuurien mittoja ja yksikköhintoja.

Hintatiedot on saatu suoraan valmistajilta tai maahantuojilta tai ne ovat valmistajien verkkosivuilta poimittuja listahintoja. Isoissa tilauksissa monien valmistajien hintoihin sisältyy kuljetus Suomeen. Hinta saattaa vaihdella myös tilauksen koon mukaan, joten lopullinen hinta määräytyy vasta tilausvaiheessa. Hintojen vertailua hankaloittaa myös se, että erilaisissa menetelmissä elementit ovat erikoisia, ja hinnat sisältävät erilaisen määrän lisävarusteita.

Taulukko 9.

RAKENTEEN TIEDOT											VERTAILU		
Tyyppi	Valmistaja	Malli	Korkeus m	Elementin pituus m	Rakenteen leveys ¹⁾ m	Tarvittava kuivavara	Tarvittavat koneet ²⁾	Maahantuojaja Suomessa	Suojaus- korkeus m	Rakenteen leveys ¹⁾ m	Hinta-arvio keväällä 2006 €/jlm		
Suuret Hiekkasäkit	Alfa-Bag Oy Ab Big Bag Hesco Bastion Quick Damm E		0,63–1,25 0,9 0,3–1,4 1,0	0,9 1,8–4,5 1,2–10 2,0	0,9 0,9 0,3–1,1 0,8	0 0 0 0	traktori tms. traktori tms. traktori tms. traktori tms.	Alfa-Bag Oy Ab ei ole FinnProtec Oy Oy Sahakonttori Ab	1,25 0,9 1,0 1,0	0,9 0,9 1,0 0,8	18–19 +hiekk 30–47 +hiekk 77 +hiekk 150 +hiekk		
Pahvipaalit	Paperinkeräys Oy		n. 1	n. 1	n. 1		trukki tms.		1,0	n. 1,0	³⁾		
Siirrettävät tulvaseinät	Geodesign Barriers Geodesign Barriers Geodesign Barriers Lifeline Aqua-Stop-Damm	Board Steel kontti	0,65–1,8 0,65–1,8 1,25 0,62–1,9 0,5–1,3	1,2 1,2 1,2 1,2–3,0 2,0–2,5	1,0–2,9 2,7–5,4 2,7–5,4 n. 0,6–1,9 n. 0,6–1,6	0 0 0 0 0	- - - - -	Ipset Oy Ipset Oy Ipset Oy ei ole ei ole	1,25 1,25 1,25 1,25 1,0	1,9 1,9 1,9 n. 1,3 n. 1,2	377 545 597 ⁴⁾ 490 480		
Vesitöyhtteiset tulvaseinät	Water-Gate Water-Gate Sava Waterwall Sava Waterwall Aqua-Tube Mobildeich	WA WL A B	0,15–2,0 0,15–2,0 0,61–2,13 0,40–2,60	7,6–15,2 15,2 ⁶⁾ 2–20 2–5 3–50 10–50	0,6–7,9 0,6–7,9	0 0 Suojaus- korkeus 0,8 m Suojaus- korkeus 0,8 m n. 25 % n. 10 %	- - vesipumppu vesipumppu vesipumppu vesipumppu	Suomen Tapahtumarakenne Suomen Tapahtumarakenne Kaiko Oy Kaiko Oy ei ole ei ole	1,0 1,0 0,8 0,8 0,9 1,4	4,0 4,0 2,1 1,7 3,7 9,0	481 ⁵⁾ 509 295–501 ⁷⁾ 367–572 319 ⁸⁾ 434–600		
Ilmatäytteiset tulvaseinät	Noaq Tubewall		0,75–1,0	5–20		0	ilmapumppu	ei ole	1,0	>2,4 ⁹⁾	244		

1) Lisäksi tilaa vaatii mahdollisesti tarvittava eristemuovi.

2) Lisäksi tarvitaan kuljetuskalustoa sekä pumppuja suoto- ja hulevesien pumppaamiseksi.

3) Paperinkeräys Oyn ja Helsingin kaupungin yhteistyöhanke.

4) Valmis kontti, joka sisältää kaiken tarvittavan 300 m pitkän suojauksen rakentamiseksi.

5) Hinta 9,1 m pitkälle elementille. 15,2 m pitkälle elementille yksikköhinta on pienempi.

6) Alle 0,35 m korkeiden tulvaporrttien pituus 9,1 m.

7) Hinta 2–5 m pitkille elementille.

8) Hinta 50 m pitkälle elementille.

9) 0,75 m korkean rakenteen leveys on 2,4 m. 1 m:n korkuinen tarvitsee enemmän tilaa.

6 Ehdotus jatkotoimenpiteiksi

Tulva-alueella sijaitseville rakennuksille aiheutuvia vahinkoja voidaan pienentää alentamalla tulvavedenkorkeuksia tai suojaamalla vahinkokohteita. Laajamittaiset vesistötyöt voivat aiheuttaa huomattavia haittoja ja kustannuksia, eikä niiden toteuttaminen ole siksi kaikissa tapauksissa kovinkaan todennäköistä. Yksittäisten kohteiden suojaaminen tilapäisillä tai pysyvillä tulvasuojelurakenteilla on usein edullisempi vaihtoehto. Siirreltävät rakenteet sopivat parhaiten vasta harvinaisilla tulvilla vahinkoa kärsiville kohteille, tai jos kiinteitä rakenteita ei haluta kaupunkikuvallisista tai maisemallisista syistä rakentaa.

Tulvatilanteeseen tulee varautua etukäteen suunnittelemalla tarpeen mukaan tilapäisten suojausten toteuttaminen. Tulvasuojelurakenteiden tarvetta tulisi selvittää sekä valtakunnallisella että alueellisella tasolla. Sopivia tulvasuojelurakenteita ja muuta kalustoa voidaan hankkia valmiusvarastoon, mistä niitä voidaan tarvittaessa kuljettaa nopeasti vahinkokohteille. Laajassa tulvatilanteessa ongelmaksi saattaa muodostua rakenteiden riittävyys. Varastoinnin sijaan voidaan varautua rakenteiden valmistamiseen tai maavallien rakentamiseen vasta tulvatilanteen uhatessa. Tällöin tulisi etukäteen suunnitella, miten suojarakenteiden valmistus tulvatilanteessa järjestetään.

Erilaisia tulvasuojelurakenteita tulisi myös testata käytännössä, mikäli niiden hankintaa suunnitellaan. Syksyllä 2006 järjestetään kaksi koetilaisuutta. Helsingin kaupunki on suunnitellut testaavansa tulvavallien rakentamista erikokoisista hiekkasäkeistä sekä kierrätyspahvi- ja kierrätyspaperipaaleista. Menetelmät valittiin niiden hyvän saatavuuden perusteella. Lapissa järjestettävän patoturvallisuusharjoituksen yhteydessä taas on tarkoitus testata joitakin kaupallisia ratkaisuja. Testien tulosten perusteella voidaan arvioida erilaisten menetelmien toimivuutta. Mikäli tulvasuojelurakenteita päätetään hankkia, tulisi valmiusvaraston sijaita tulvavahinkokohteiden kannalta keskeisellä paikalla, jotta kuljetusmatkat eivät muodostuisi liian pitkiksi. Käytännössä tulvasuojauksen rakentamisesta vastaavat pelastuslaitokset, joten valmiusvaraston luonnollinen paikka olisi keskeisellä paikalla sijaitsevan pelastusaseman yhteydessä.

Tämän selvityksen perusteella suurhiekkasäkit näyttävät muita vaihtoehtoja edullisimmilta. Jos säkit osoittautuvat myös käytännön testeissä toimivaksi ratkaisuksi, olisi yksi mahdollisuus valmistaa tai hankkia säkkien täyttökohikoita ennakkoon. Ne voitaisiin varastoida joko valmiiksi tunnettujen vahinkokohteiden läheisyyteen tai valmiusvarastoon muiden tulvantorjuntavälineiden kanssa. Lisäksi tulisi selvittää, onko säkkejä saatavilla myös tulvatilanteessa vai tulisiko niitä hankkia etukäteen varastoon.

Tulvasuojelurakenteiden lisäksi tarvitaan pumppuja hule- ja vuotovesien pumppaamiseksi suojauksen sisäpuolelta. Pumppuja voidaan tarvittaessa myös vuokrata, mutta laajassa tulvatilanteessa ei sopivaa kalustoa välttämättä ole tarjolla. Tulvantorjuntavalmiuksien ylläpitämiseksi tulisi rakenteiden pystyttämistä ja niiden käyttöön liittyvää viranomaisyhteistyötä myös harjoitella säännöllisesti

7 Yhteenveto

Tässä selvityksessä on esitelty erilaisia mahdollisuuksia tulvavahinkojen rajoittamiseksi tilapäisillä, nopeasti pystytettävillä rakenteilla. Selvitys on suunnattu pääasiassa alueellisille ympäristökeskuksille ja pelastuslaitoksille, jotka ovat keskeisiä toimijoita tulvantorjunnassa. Eri menetelmiä on havainnollistettu esimerkeillä markkinoilla olevista ratkaisuista. Esitetyt ratkaisut soveltuvat myös kuntien ja kiinteistönomistajien omatoimiseen varautumiseen.

Tulvavahinkojen ehkäisystä tilapäisillä rakenteilla on alueellisille ympäristökeskuksille alkuvuodesta 2006 tehdyn kyselyn perusteella Suomessa toistaiseksi vain vähän kokemuksia. Lähinnä on käytetty maasta tai hiekkasäkeistä rakennettuja suojavalleja. Lisäksi muutamalla tunnetulla vahinkokohteella on varauduttu tulviin hankkimalla ennakkoon kyseiselle kohteelle suunniteltuja seinäkkeitä tai tekemällä rantavalliin valmiiksi perustukset settiseinälle. Järvivesistöillä ei nopeasti pystytettävien rakenteiden tarvetta koettu kovin suureksi, koska tulvavahinkoja voidaan rajoittaa säännöstelyn avulla. Isommallakin tulvalla saadaan lisää aikaa esim. maavallien rakentamiseen. Vesistötulvien lisäksi tilapäisillä tulvasuojelurakenteilla voidaan torjua meriveden nousun aiheuttamia vahinkoja. Merenranta-kaupunkien kokemuksia tulvien torjunnasta ei kuitenkaan lähdetty tämän työn puitteissa selvittämään.

Tulvasuojelurakenteen tulee olla riittävän tiivis ja sen tulee kestää veden aiheuttama paine kaatumatta, liukumatta ja murtumatta. Erilaiset rakenteet on tässä selvityksessä jaettu neljään pääryhmään.

Ensimmäisen ryhmän muodostavat maatytytteiset rakenteet, joiden toiminta perustuu rakenteen muodostavan tai sen täytteenä olevan maan painoon. Ryhmään kuuluvat perinteiset maavallit ja hiekkasäkit sekä suuremmat, noin 1–2 m³:n kokoiset jättihiekkasäkit. Jättihiekkasäkkejä käytettäessä suojauksesta tulee tukevampi ja sen rakentaminen nopeutuu huomattavasti. Jättihiekkasäkkien hinta noin 1 m:n korkuiselle suojaukselle on tyypillisesti noin 20–80 €/jm.

Toisen ryhmän muodostavat varsinaiset tulvaseinäkkeet. Rakenteessa on tyypillisesti runko, sen päällä tasainen levy, ja levyn päällä muovi tiiviuden varmistamiseksi. Yleinen toteutustapa on metallisen tuen varaan asetettava metalli-, muovi- tai puulevy. Vedenpaine tiivistää muovin rakennetta vasten ja painaa rakenteen tiukasti kiinni maahan. Seinäkkeet ovat nopeasti pystytettäviä, mutta vaativat melko tasaisen alustan. Tulvaseinäkkeiden hinnat 1,25 m:n korkuiselle suojaukselle ovat noin 400–600 €/jm.

Kolmannen ryhmän muodostavat vesi- tai ilmatytytteiset ratkaisut. Muovista valmistettavat rakenteet ovat kevyitä, ja niiden vakavuus perustuu joko rakenteen sisällä tai sen päällä olevan veden painoon. Vedellä tai ilmalla täytetyt rakenteet toimivat melko epätasaisessakin maastossa, mutta ovat muita rakenteita alttiimpia rikkoutumaan. Vesitytytteisten rakenteiden hinnat noin 1 m:n korkuiselle rakenteelle ovat noin 300–600 €/jm. Vertailun ainoan ilmatytytteisen suojausrakenteen 1 m:n korkuisen mallin hinta on 244 €/jm.

Neljännän ryhmän muodostavat kiinteille perustuksille rakennettavat tulvaseinät, sekä ovi- ja ikkuna-aukkojen suojaukseen tarkoitettut ratkaisut. Rakenteet ovat kohdekohtaisia ja melko kalliita. Toisaalta valmiiden perustusten ansiosta on tiiviin ja kestäväen tulvaseinän pystytys nopeaa. Valmiille perustuksille rakennettavat suojaukset soveltuvat parhaiten toistuvasti tulvavahinkoja kärsiville kohteille, joiden suojelua ei voida toteuttaa pysyvillä tulvasuojelurakenteilla.

Tilapäisiä tulvasuojelurakenteita voidaan hankkia ennakkoon alueellisiin varastoihin, joista ne voidaan tulvan uhatessa ottaa nopeasti käyttöön. Samaa varastoon olisi hyvä koota muutakin tarvittavaa kalustoa, kuten pumppuja.

Koska pelastuslaitoksella on akuutissa tulvatilanteessa vastuu tulvantorjunnasta, voisi sopiva paikka mahdolliselle valmiusvarastolle olla keskeisellä paikalla sijaitsevan pelastuslaitoksen yhteydessä. Tulvantorjuntavalmiuksien ylläpitämiseksi tulisi rakenteiden käyttöä sekä viranomaisyhteistyötä myös harjoitella säännöllisesti.

LÄHTEET

Helsingin kaupunki. 2005. Tulvantorjuntatyöryhmän loppuraportti 31.12.2005. 22 s.

Merentutkimuslaitos. 26.1.2005 (Päivitetty). Vedenkorkeusvaihteluun vaikuttavia tekijöitä. <http://www.fimrl.fi> > Palvelut > Aallokko ja vedenkorkeus > Vedenkorkeusvaihtelu. [Viitattu 12.6.2006.]

Pelastuslaki. 2003. Suomen säädöskokoelma 468/2003.

Seidel GmbH. 9.11.2005 (Päivitetty). <http://www.sandsaecke-bs.de> > Sandsäcke > Extrainfo. [Viitattu 16.2.2006]

Siirilä, P. 2006. Puolustusvoimien materiaalilaitoksen Esikunta, Tampere. [Sähköposti 7.5.2006. Pertti Siirilältä saatu arvio Puolustusvoimien käyttämien hiekkasäkkien täyttönopeudesta.]

Valokuvien lähteet

Alfa Bag Oy Ab (<http://www.storsack.com>)

AQUA-STOP Hochwasserschutz (<http://www.aquastop.net>)

Geodesign AB (<http://www.geodesignbarriers.com/steelbarrier.htm>)

GOH – Gesellschaft für operativen Hochwasserschutz mbH (<http://www.goh.de>)

Hydro Response Ltd – Innovative Water Containment Solutions (<http://www.hydroresponse.com>)

Jacob Nettekoven – Techn. Handels GmbH (<http://www.nettekoven.de>)

MegaSecur Inc. – Environmental Security (<http://www.megasecur.com>)

Mobildeich (<http://www.mobildeich.de>)

NOAQ – Flood Protection AB (<http://www.noaq.com>)

Quick Damm GmbH (<http://www.quick-damm.de>)

Sava Trade Inc. (<http://www.savatrade.com>)

Seidel GmbH – Braunschweig (<http://www.sandsaecke-bs.de>)

SGS Geotechnik (<http://www.sgs-geotechnik.at>)

WP Wasto (<http://www.wpwasto.de>)

Valmistajien ja maahantuojien verkkosivuja

Alla on lueteltu tilapäisten tulvasuojelurakenteiden valmistajien ja maahantuojien verkko-osoitteita. Lista sisältää kaikki tässä selvityksessä mainitut valmistajat, mutta useimmista ratkaisuista on olemassa muidenkin valmistajien kehittelemiä malleja. Kiinteille perustuksille rakennettavia tulvaseiniä ja ovi- ja ikkuna-aukkojen suojausjärjestelmiä valmistavia yrityksiä ei selvityksessä tarkemmin esitelty, mutta alla olevaan luetteloon on koottu muutamien valmistajien verkko-osoitteita.

Hiekkasäkkien täyttölaitteita

Koenig Innovationstechnik GmbH, <http://www.sandsacklsepp.de>

Lobbe GmbH & Co KG, <http://www.sandsackschaufel.de>

The Sandhopper, <http://www.proearthdev.com>

Saquick, <http://www.saquick.de>

Seidel GmbH, <http://www.sandsaecke-bs.de>

Suuret hiekkasäkit

Big Bag

Seidel GmbH, <http://www.sandsaecke-bs.de>

Hesco Bastion – Concertainer

HESCO Bastion Ltd, http://www.hescobastion.com/CIVIL_SITE/enter_civil.html

Maahantuoja: FinnProtec Oy, <http://www.finnprotec.fi>

Quick Damm

Quick Damm GmbH, <http://www.quick-damm.de>

Maahantuoja: Oy Sahakonttori Ab, <http://www.sahakonttori.fi>

Siirrettävät tulvaseinät

Geodesign Barriers

Geodesign AB, <http://www.geodesignbarriers.com/>

Steelbarrier -tulvaseinä: <http://www.geodesignbarriers.com/steelbarrier.htm>

Maahantuoja: IPSET OY

Lifeline

Hünnebeck GmbH, <http://www.huennebeck.de/>

Lifeline-esite: http://www.huennebeck.de/deutsch/pdf/p_hochwasserlifeline_d.pdf

Aqua-Stop-Damm

AQUA-STOP Hochwasserschutz GmbH, <http://www.aquastop.de>

Vesitäytteiset rakenteet

Water-Gate

MegaSecur Inc. – Environmental Security, <http://www.megasecur.com>

Maahantuoja: Suomen Tapahtumarakenne, <http://www.tapahtuu.fi>

Sava Waterwall

Sava Trade Inc., <http://www.savatrade.com>

Maahantuoja: Kaiko Oy, <http://www.kaiko.fi>

AquaTube

Aqua-Barrier, <http://www.aquabARRIER.com/>

Edustaja Euroopassa: GreenBanks erosion control systems,

<http://www.greenbanks.nl/English/indexe.htm>

Mobildeich

Mobildeich GmbH, <http://www.mobildeich.de>

Ilmatäytteiset rakenteet

NOAQ Tubewall

Noaq Flood Protection AB, <http://www.noaq.com>

Kiinteille perustuksille rakennettavat tulvaseinät sekä ovi- ja ikkuna-aukkojen suojaus

anhamm Behälter-, Stahl & Apparatebau, <http://www.rueckhaltesysteme.de>

AquaFence AS, <http://www.aquafence.com/>

AQUA-STOP Hochwasserschutz GmbH, <http://www.aquastop.de>

GOH – Gesellschaft für operativen Hochwasserschutz mbH, <http://www.goh.de>

IBS GmbH, <http://www.hochwasserschutz.de/>

RS- Stepanek OHG, <http://www.rs-stepanek.de>

WP Wasto, <http://www.wpwasto.de>

KUVAILEHTI

<i>Julkaisija</i>	Uudenmaan ympäristökeskus	<i>Julkaisu-aika</i> Heinäkuu 2006		
<i>Tekijä(t)</i>	Ville Suhonen ja Kari Rantakokko			
<i>Julkaisun nimi</i>	Tilapäiset tulvasuojelurakenteet: Selvitys tarjolla olevista vaihtoehdoista			
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 2/2006			
<i>Julkaisun teema</i>				
<i>Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut</i>	Julkaisu on saatavana myös internetistä: http://www.ymparisto.fi/julkaisut			
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Suomessa rakennuksia on perinteisesti suojattu tulvia vastaan lähinnä hiekkasäkeistä tai maa-aineksesta rakennetuilla suojavalleilla. Markkinoilla on kuitenkin lukuisia muitakin vaihtoehtoja tulvavahinkojen pienentämiseksi. Tässä selvityksessä on esitelty ja vertailtu erilaisia tilapäiseen tulvantorjuntaan soveltuvia tulvasuojelurakenteita.</p> <p>Tulvasuojelurakenteen tulee olla riittävän tiivis ja sen tulee kestää veden aiheuttama paine kaatumatta, liukumatta ja murtumatta. Rakenteen keveys helpottaa tulvasuojauksen pystyttämistä, mutta silloin saatetaan tarvita varsinkin kovalla tuulella lisäpainoja tai ankkurointia maahan ennen tulvaveden nousua. Rakenteen päälle joudutaan yleensä levittämään muovikalvo tiiviiden varmistamiseksi ja maaperän läpi suotautuvan vesimäärän pienentämiseksi. Lisäksi tarvitaan pumppuja hule- ja suotovesien pumppaamiseksi.</p> <p>Erilaiset rakenteet on tässä selvityksessä jaettu neljään pääryhmään. Maatäytteisten rakenteiden etuna on materiaalin hyvä saatavuus ja edullisuus. Esim. jättihiekkasäkkien hinta on tyypillisesti noin 20–80 €/jm. Siirreltävät tulvaseinäkkeet taas sopivat parhaiten tasaiselle alustalle. Elementeistä koottavan tulvaseinän pystytys on nopeaa. Tulvaseinäkkeet maksavat noin 400–600 €/jm. Seinäkkeitä on saatavana myös kontissa, jossa on mukana kaikki tarvittava 300 m pitkän suojauksen pystyttämiseksi. Tulvavahinkoja voidaan vähentää myös muovista valmistetuilla vesi- tai ilmatäytteisillä rakenteilla. Muoviset rakenteet ovat kevyitä ja vievät tyhjänä suhteellisen vähän tilaa. Osa malleista täyttyy automaattisesti tulvaveden virratessa sisään, toiset täytetään etukäteen vedellä tai ilmalla. Vesitäytteiset rakenteet maksavat noin 300–600 €/jm. Neljännen ryhmän muodostavat ovi- ja ikkuna-aukkojen suojausratkaisut ja kiinteille perustuksille pystytettävät tulvaseinät. Rakenteet ovat kohdekohtaisia ja melko kalliita, mutta valmiiden perustusten ansiosta nopeita pystyttää. Valmiille perustuksille rakennettava tulvasuojaus soveltuu parhaiten usein tulvavahinkoja kärsiville kohteille, joiden suojaksi ei voida rakentaa kiinteää tulvasuojausta.</p> <p>Tulvatilanteeseen tulisi varautua etukäteen selvittämällä tilapäisen tulvantorjunnan tarvetta ja mahdollisesti perustamalla valmiusvarastoja tulvasuojelurakenteiden nopean saatavuuden varmistamiseksi. Ennen mahdollista rakenteiden hankintapäätöstä tulisi sopivimmiksi katsottuja vaihtoehtoja testata käytännössä. Tulvantorjuntavalmiuksien ylläpitämiseksi tulisi rakenteiden pystyttämistä ja niiden käyttöön liittyvää viranomaisyhteistyötä myös harjoitella säännöllisesti.</p>			
<i>Asiasanat</i>	Tulvat, tulvavahingot, tulvantorjunta			
<i>Rahoittaja/ toimeksiantaja</i>	Maa- ja metsätalousministeriö			
	ISBN 952-11-2317-6 (nid.)	ISBN 952-11-2318-4 (pdf)	ISSN 1796-1734 (pain.)	ISSN 1796-1742 (verkkoj.)
	<i>Sivuja</i> 35	<i>Kieli</i> Suomi	<i>Luottamuksellisuus</i> Julkinen	<i>Hinta (sis. alv 8 %)</i>
<i>Julkaisun myynti/ jakaja</i>	Edita Publishing Oy, Asiakaspalvelu, PL 800, 00043 Edita. Puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380 Sähköposti: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi , Internet: www.edita.fi/netmarket			
<i>Julkaisun kustantaja</i>	Uudenmaan ympäristökeskus			
<i>Painopaikka ja -aika</i>	Edita Prima Oy 2006			

PRESENTATIONSBLAD

<i>Utgivare</i>	Nylands miljöcentral	<i>Datum</i>	Juli 2006
<i>Författare</i>	Ville Suhonen ja Kari Rantakokko		
<i>Publikationens titel</i>	Tilapäiset tulvasuojelurakenteet: Selvitys tarjolla olevista vaihtoehdoista (Tillfälliga översvämningsskydd: En utredning av tillbudsstående alternativ)		
<i>Publikationsserie</i>	Nylands miljöcentrals rapporter 2/2006		
<i>Publikationens tema</i>			
<i>Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt</i>	Publikationen finns tillgänglig på internet: http://www.ymparisto.fi/julkaisut		
<i>Sammandrag</i>	<p>I Finland har man traditionellt byggt vallar av sandsäckar eller jord för att skydda byggnader mot översvämningar. På marknaden finns det dock ett stort antal andra alternativ för att minska skadorna till följd av översvämning. I den här utredningen presenteras och jämförs olika konstruktioner för tillfälligt översvämningsskydd.</p> <p>Skyddskonstruktionerna ska vara tillräckligt täta och stå emot vattnets tryck utan att stjärpa, flytta sig eller brista. Om konstruktionen är lätt blir det lättare att sätta upp den, men då kan det särskilt vid hård vind behövas extra tyngder eller förankringar i marken innan översvämningensflödet stiger. Ovanpå konstruktionen behövs i vanliga fall plastfilm för att den säkert ska vara tät och för att minska vattenmängden som läcker genom marken. Dessutom behövs pumpar för dag- och lakvatten.</p> <p>Konstruktionerna har i den här utredningen indelats i fyra huvudgrupper. Konstruktioner fyllda med jord är fördelaktiga tack vare att materialet är lättillgängligt och billigt. T.ex. storsäckar med sand kostar vanligtvis cirka 20–80 euro/löpmeter. Rörliga översvämningsskydd lämpar sig bäst på jämn mark. Barriären går snabbt att resa eftersom den består av element. Priset rör sig runt 400–600 euro/löpmeter. Barriärer fås även i containrar som innehåller allt som behövs för att resa ett 300 meter långt skydd. För att minska översvämningsskador kan man även utnyttja konstruktioner i plast fyllda med vatten eller luft. Plastkonstruktioner är lätta och tar relativt lite förvaringsutrymme när de är tomma. En del av modellerna fylls automatiskt när översvämningensvatten rinner in, andra fyller man i förväg med vatten eller luft. Vattenfyllda konstruktioner kostar cirka 300–600 euro/löpmeter. Den fjärde gruppen består av olika skydd för fönster och dörrar samt barriärer som placeras ut på fasta fundament. Konstruktionerna är objektspecifika och relativt dyra men snabbmonterade tack vare att fundamentet är färdigt. Översvämningsskydd på färdiga fundament lämpar sig bäst på ofta översvämningssutsatta ställen där man inte kan bygga fasta skyddskonstruktioner.</p> <p>För att ha beredskap inför översvämningar bör man i förväg utreda vilket behovet av tillfälligt översvämningsskydd är och eventuellt inrätta beredskapsförråd för att säkerställa att skyddskonstruktioner snabbt finns att tillgå. De alternativ man finner bäst bör testas i praktiken innan man fattar beslut om anskaffning. För att upprätthålla översvämningsskyddet bör man även regelbundet öva att sätta upp konstruktionerna och gå igenom hithörande myndighetssamarbete.</p>		
<i>Nyckelord</i>	Översvämningar, översvämningsskador, översvämningsskydd, skadeförebyggande åtgärder		
<i>Finansiär/ uppdragsgivare</i>	Jord- och skogsbruksministeriet		
	ISBN 952-11-2317-6 (hft.)	ISBN 952-11-2318-4 (PDF)	ISSN 1796-1734 (print)
	<i>Sidantal</i> 35	<i>Språk</i> Finska	<i>Offentlighet</i> Offentlig
			ISSN 1796-1742 (online) <i>Pris (inneh. moms 8 %)</i>
<i>Beställningar/ distribution</i>	Edita Publishing Oy, Kundenservice, PB 800, 00043 Edita. Tel +358 20 450 05, fax +358 20 450 2380 E-mail: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi , Internet: www.edita.fi/netmarket		
<i>Förläggare</i>	Nylands miljöcentral		
<i>Tryckeri/ tryckningsort och -år</i>	Edita Prima Oy 2006		

Tulvien aiheuttamia vahinkoja voidaan torjua nopeasti pystytettävillä tilapäisillä tulvasuojelurakenteilla. Suomessa on perinteisesti käytetty maa-aineksesta tai hiekkasäkeistä rakennettuja valleja, mutta markkinoilla on monia muitakin vaihtoehtoja. Tässä selvityksessä on esitelty ja vertailtu mm. suurhiekkasäkkejä, tulvaseinäkkeitä ja muovista valmistettuja vesi- tai ilmatäytteisiä rakenteita. Suojausmenetelmät eroavat toisistaan monella tapaa. Esimerkiksi kustannukset, tulvasuojauksen pystyttämiseen tarvittava tila ja aika, työvoiman ja kaluston tarve sekä käytetyn materiaalin saatavuus vaihtelee. Tulvan toistuvuudesta ja suojattavasta kohteesta riippuu, kuinka paljon painoarvoa suojausrakenteiden eri ominaisuuksille annetaan.



**UUDENMAAN
YMPÄRISTÖKESKUS**
NYLANDS
MILJÖCENTRAL

Uudenmaan ympäristökeskus
Asemapäällikönkatu 14
PL 36, 00521 Helsinki
puh. 020 490 101

ISBN 952-11-2317-6 (nid.)

ISBN 952-11-2318-4 (PDF)

ISSN 1796-1734 (pain.)

ISSN 1796-1742 (verkkoj.)

