

Tulvariskien hallinnan toimenpiteiden kustannushyötytarkastelu

Koostanut ja päivittänyt 2. suunnittelukierrosta varten Antti Parjanne, SYKE

Muutokset 1. kierrokseen:

- Täsmennetty kustannushyötyanalyysin (ja jatkuvien toimenpiteiden) periaatteita (ei tarpeen alle 100 000 € toimenpiteille)
- Lisätty 1. kierroksen tietoja
- Tarkistettu diskonttokorko
- Lisätty kuvaus kustannus- ja hyötyarvioiden hyödyntämisestä priorisoinnissa
- Lisätty periaatteet ja kuvaus rahoituslähteiden kuvaamisesta hallintasuunnitelmissa

Sisällys

Tulvariskien hallinnan toimenpiteiden kustannusten ja hyötyjen arvioinnin periaatteet	1
Suositus:	3
Kustannusten ja hyötyjen arviointi 1. kierroksen hallintasuunnitelmissa	4
Kustannushyötytarkastelu osana toimenpiteiden alustavaa tarkastelua	4
Kustannushyötytarkastelu osana toimenpiteiden vertailua ja priorisointia	5
1) Hyödyn nykyarvon laskenta	5
2) Toimenpiteen kustannusten nykyarvo	7
3) Toimenpiteen nettonykyarvo	7
4) Herkkyystarkastelu	8
5) Priorisointi	8
Yleiset suositukset kustannushyötytarkasteluihin:	9
Toimenpiteiden rahoitus	9

Tulvariskien hallinnan toimenpiteiden kustannusten ja hyötyjen arvioinnin periaatteet

Tulvariskien hallintasuunnitelmissa on tarkasteltava tulvariskilain (620/2010) mukaan toimenpiteiden kustannuksia ja hyötyjä sekä esitettävä toimenpiteiden etusijajärjestys. Tulvariskien hallintasuunnitelmissa esitettävät tiedot on kuvattu tulvariskiasetuksen (659/2010) liitteessä. Suunnitelmissa on mm. esitettävä

- yhteenveto tulvariskien hallinnan tavoitteiden saavuttamiseksi valituista toimenpiteistä, niiden vaikutuksista sekä kustannuksista ja hyödyistä.
- kuvaus ja perustelut toimenpiteiden asettamisesta etusijajärjestykseen, arvioiduista kustannuksista, toimenpiteiden toteuttamiseen kiinnostuksensa ilmaisseista tahoista ja rahoitusmahdollisuuksista sekä siitä, miten suunnitelman täytäntöönpanon edistymistä seurataan.

Lisäksi valtakunnanrajan ylittävillä vesistöalueilla on esitettävä kuvaus kustannus-hyötyanalyysin menetelmistä sellaisten toimenpiteiden osalta, joilla on vaikutuksia toisen valtion alueella ja joiden osalta kustannus-hyötyanalyysin kuvaus on saatavilla.

Säädöksissä edellytetyn lisäksi tavoitteena on, että hallintasuunnitelmissa esitettävien toimenpide-ehdotusten kustannukset arvioidaan riittävän yhtenevin perustein, riittävän tarkasti ja kohtuullisella työpanoksella. Toimenpiteiden kustannusten ja hyötyjen arvioinnilla saadaan tulvariskialuekohtainen ja valtakunnallinen käsitys tulvariskien hallinnan tavoitteiden saavuttamisen edellyttämistä kustannuksista sekä hyödyistä. Lisäksi arviointi on tärkeää toimenpide-ehdotusvaihtoehtojen vertailun sekä etusijajärjestyksen määrittämisen takia. Kustannusten ja hyötyjen arviointi kytkeytyy myös toimenpiteen toteutusvastuisiin sekä toteuttajan ja/tai luvanhakijan löytymiseen. Hallintasuunnitelmissa on esitettävä kuvaus ja perustelut rahoitusmahdollisuuksista.

Tulvariskien hallinnan rakenteellisten toimenpiteiden kustannusten arviointi on periaatteessa yksinkertaista ja suoraviivaista. Ei-rakenteellisten toimenpiteiden osalta kustannusten arviointi on jonkin verran hankalampaa, johtuen muun muassa vaikeasti arvioitavissa olevista investointi- ja käyttökustannuksista sekä siitä, että nämä toimenpide-ehdotukset jäävät usein yleisemmälle tasolle tai kaipaavat jatkoselvittelyä. Toimenpiteellä saavutettavien hyötyjen arviointi on molemmissa tapauksissa vaikeaa johtuen esimerkiksi tulvatapahtuman esiintymisen vaikeasta ennustettavuudesta sekä siitä, että saavutettavat hyödyt ovat epäsuoria tai yhteiskunnallisia ja vaikeasti arvotettavia (esim. ihmisten terveyden ja turvallisuuden varmistaminen, luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen, kulttuuriperinnön turvaaminen). Kustannuksiltaan pienimmille (<100 000 €) ei-rakenteellisille toimenpiteille ei ole välttämätöntä tehdä kustannushyötytarkastelua vaan kustannukset ja hyödyt voidaan arvioida muuten. Toinen vaihtoehto on arvioida kaikkia suunnitelman toimenpiteitä kustannusvaikutusanalyysillä¹. Jos kustannuksia on muuten hankala arvioida, voidaan tarvittaessa käyttää apuna vastaavaa toimenpiteiden kustannusten luokittelua kuin vesienhoidon ja merenhoidon osalta (alle 0,1 milj.€, 0,1-0,5 milj.€, 0,5-1 milj.€, 1-5 milj.€, 5-10 milj.€, 10-50 milj.€, yli 50 milj.€).

Luonteeltaan jatkuvien toimenpiteiden kuten tulvatilannetoiminnan ja jälkitoimenpiteiden kustannusten ja hyötyjen arvioinnissa toimenpiteet voidaan olettaa toisistaan riippumattomiksi, eli olettaa että mitään muita tilapäisiä tai tarvittaessa toteutettavia toimenpiteitä kuin arvioita toimenpide ei ole toteutettu. Tulvatilannetoiminnan ja jälkitoimenpiteiden kustannusten arviointi kannattaa perustaa tulvariskien hallinnan tavoitetason mukaiseen tulvaan nykytilanteessa ja sen aiheuttamiin varautumis- tai jälkitoimien kustannuksiin (toimenpiteiden toteutus ja niiden valmiuksien ylläpito). Hyödyt, eli vältetyt vahingot, voidaan arvioida saman tulvatilanteen perusteella. Jos kyseessä on jatkuvat toimenpide, voidaan kustannukset esittää vuotuisina kustannuksina ja hyötyinä erilaiset tulvatilanteet huomioon ottaen. Esimerkiksi jos virkatyönä tehtävän tulvariskikarttojen ajan tasalla pitämisen kustannukset olisivat vuosittain n. 5000 €, pitäisi saavutettavat hyödyt eri tulvatilanteissa arvioida vuositasolla eli käytännössä vuosihyödyn odotusarvona (vastaavasti kuin vuosivahingon odotusarvo, mutta hyötyjen osalta. Vuosivahingon odotusarvo on kuvattu tarkemmin jäljempänä luvussa tulvariskien hallinnasta saatavan hyödyn nykyarvo (asiantuntija-arviona tai SYKEN vahinkoarvioiden avulla).¹)

Monissa tapauksissa aineettomat hyödyt voidaan arvioida euromääräisesti esimerkiksi maksuhalukkuuskyselyn tai muun arvottamismenetelmän avulla, mutta arvottamistutkimukset ovat usein työläitä ja hankalasti hyödynnettävissä muilla alueilla tai muissa tapauksissa. Hallintasuunnitelmien laatimisen kannalta riittävä arvioinnin tarkkuustaso saavutetaan, jos arvio saavutettavista hyödyistä tehdään asiantuntijan toimesta euromääräisesti tai vertaamalla toimenpiteen kustannuksia siitä saataviin ei-rahallisiin hyötyihin. Vaikka hyötyjä ei pystyttäisi arvioimaan euromääräisesti, olisi ei-rakenteellisten toimenpiteiden osalta kuitenkin hyvä arvioida kustannukset ja hyödyntää näitä tietoja muun muassa toimenpiteiden priorisoinnissa. Pelkän euromääräisen kustannushyötytarkastelun perusteella ei koskaan tulisi tehdä päätöstä toimenpiteen toteuttamisesta tai toteuttamatta jättämisestä.

Yllä mainituista seikoista johtuen hallintasuunnitelmissa esitettävien toimenpide-ehdotusten kustannushyötytarkastelu on perusteltua tehdä yleisellä tasolla, mutta toisaalta riittävän yhtenevin perustein. Kustannuksia ja hyötyjä voidaan arvioida myöhemmin tarkemmin toimenpiteen toteutuksen valmistelun yhteydessä. Hallintasuunnitelmissa on tärkeää kuvata ne hyöty- ja kustannustekijät, jotka

¹ esimerkiksi kuten Merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelman tausta-asiakirja 2: kustannusten ja vaikutusten analyysi. Oinonen, S. ym. 2015

arvioinnissa on otettu huomioon. Lisäksi on pyrittävä kertomaan miksi tässä vaiheessa jotkin hyödyt on arvioitu ja joitain ei, sekä miten tämä on vaikuttanut toimenpidevaihtoehtojen keskinäiseen vertailuun².

Kustannushyötytarkastelun tai kustannus-hyötyanalyysin avulla selvitetään, ylittävätkö suunnitellusta hankkeesta saadut hyödyt sen kustannukset. Käytännössä yleensä lasketaan hankkeen nykyarvo (nykyhetkeen diskontatut hyödyt miinus nykyhetkeen diskontatut kustannukset), ja mikäli se on positiivinen, hanketta suositellaan toteutettavaksi eli se on yhteiskuntataloudellisesti kannattava. Yhteiskunnallista kannattavuutta arvioitaessa on kuitenkin usein tarpeen käyttää myös muita kriteereitä kuin nykyarvoa. Vaikka peruseriaatteena onkin, että hallintasuunnitelmassa toteutettavaksi ehdotettavien toimenpiteiden tulisi olla kustannustehokkaita, niin rajatapauksissa muiden kriteerien, kuten esim. toimenpiteen yhteensopivuus vesienhoidon kanssa, vaikutus tulee arvioitavaksi ja se voi vaikuttaa toimenpiteen ottamiseen mukaan ehdotuksiin.

On hyvä muistaa, että toimenpide-ehdotuksen esittäminen hallintasuunnitelmissa ei välttämättä edellytä toimenpiteen toteuttamista. Jos esimerkiksi tarkemmassa kustannus-hyötyanalyysissä toimenpide osoittautuu kannattamattomaksi, voidaan se jättää toteuttamatta. Hallintasuunnitelmia varten tehtävässä kustannushyötytarkastelussa on syytä ottaa huomioon tarkasteluihin liittyvä epävarmuus sekä toimenpiteellä saatavien hyötyjen vaikea arvotettavuus. Kustannushyötytarkastelun tulosta ei kannata pitää ainoana totuutena, ja arvioille tulisi aina tehdä vähintään karkea herkkyystarkastelu.

Suositus:

Hallintasuunnitelmissa esitetään kustannushyötyarvioinnin pääperiaatteet, arvioitujen hyötyjen ja kustannusten osatekijät, arvioinnin tulokset kullekin toimenpide-ehdotukselle ja niiden vaikutus toimenpidevaihtoehtojen etusijajärjestykseen asettamiseen (VNA 659/2010 liite kohta A.4 & 9)

- Kustannushyötyarvioita ei tarvitse laskea luonteeltaan jatkuville tai virkatyönä toteutettaville toimenpiteille joiden kokonaiskustannukset ovat luokkaa 100 000 € tai vähemmän. Näiden toimenpiteiden kustannukset ja hyödyt voidaan kuvata muuten.

Tulvariskien hallinnan suunnitteluprosessissa kustannusten arvioinnista on apua seuraavissa vaiheissa:

- 1) Toimenpiteiden alustava tarkastelu (mahdolliset toimenpiteet ja niiden toteuttamiskelpoisuus)
- 2) Toimenpidevaihtoehtojen arviointi
- 3) Toimenpidevaihtoehtojen vertailu ja asettaminen etusijajärjestykseen

Lisätietoa tulvariskien hallinnan suunnittelun taloudellisten vaikutusten huomioon ottamisesta löytyy mm. EU:n tulvatyöryhmän dokumentissa [Resource document on flood risk management, economics and decision making support](#) (WGF, 2012)

² esim. seuraavanlainen teksti: "Kahden toimenpiteen X ja Y vaikutus tulvariskin vähenemiseen on arvioitu yhtä suureksi. Toimenpide X vaikuttaisi olevan taloudellisesti kannattavampi kuin toimenpide Y, mutta toimenpide Y:llä saavutetaan myös kustannushyötytarkastelusta pois rajattuja virkistyskäyttö- ja luontohyötyjä, joten sitä voidaan pitää ensisijaisena vaihtoehtona."

Kustannusten ja hyötyjen arviointi 1. kierroksen hallintasuunnitelmissa



Kuva 1. Hallintasuunnitelmissa tehtyjen taloudellisten analyysien laatu 1. kierroksella ³ (Pilli-Sihvola ym. 2016)

Tulvariskien hallinnan toteutettujen toimenpiteiden kustannustietoja on kerätty ympäristöhallinnon tulvatietojärjestelmään sekä erilliseen excel-taulukkoon (ns. toimenpide-excel). Tietyin toimenpiteen kustannukset riippuvat aina alueesta ja toteutustavasta, mutta yleissuunnitelma tasoisessa tulvariskien hallinnan suunnittelussa voi olla hyvä verrata toimenpide-ehdotuksen kustannusarviota johonkin vastaavan aiemmin toteutetun toimenpiteen kustannuksiin.

Kustannushyötytarkastelu osana toimenpiteiden alustavaa tarkastelua

Kustannushyötytarkastelu olisi hyvä tehdä jo osana toimenpiteiden alustavaa tarkastelua, jolloin selvästi kustannustehottomat toimenpiteet voidaan jättää pois jatkotarkastelusta. Pelkän kustannushyötytarkastelun perusteella ei kuitenkaan koskaan tulisi tehdä päätöstä jatkotarkasteluun valittavista tai hallintasuunnitelmissa ehdotettavista toimenpiteistä. Jos kustannusten nykyarvo ylittää toimenpiteellä saatavat hyödyt (rahalliset ja rahattomat, tulvahyödyt ja muut hyödyt), on toimenpide perusteltua jättää jatkotarkasteluiden ulkopuolelle.

Toimenpiteiden alustava tarkastelu voidaan toteuttaa vertaamalla tulvista nykytilanteessa aiheutuvia tulvariskien hallinnan tavoitetason mukaista keskimääräistä vuosivahinkoa (AAD) tai vuosivahingon odotusarvoa toimenpiteen elinkaareen sekä kustannuksiin. Lisäksi voidaan laskea täydellisen tulvasuojelun nykyarvo, eli summa joka alueella maksimissaan kannattaa investoida tulvariskien hallintaan (näitä on laskettu keskitetysti tulvakartoitetuille alueille) ⁴. Käytännössä millään yksittäisellä toimenpiteellä ei voida saavuttaa täydellistä tulvasuojelua, vaan jäljelle jää aina jäännösriski eli riski joka voi realisoitua esimerkiksi häiriö- tai murtumatilanteessa. Toisaalta toimenpiteellä voidaan saavuttaa paljon muitakin kuin tulvariskien hallinnan hyötyjä. Nämä hyödyt olisi hyvä ottaa mukaan euromääräisenä osana alustavaa tarkastelua tai muuten asiantuntijoiden arvioina.

Esimerkki toimenpidetarkastelun maksimikustannusten laskemisesta:

oletetaan jonkin tietyn alueen tulvien nykytilanteen vuosivahingon odotusarvoksi 500 000 €/a, mahdollisen toimenpiteen arvioiduksi elinkaareksi 50 vuotta ja käytetyksi korkokannaksi 3,5 %. Tällöin tarkasteluajanjakson aikana tulvasuojeluhankkeesta enimmillään saatavan laskennallinen nykyarvon mukainen kustannussäästö olisi vuosihyötykaavan (kaava 1)mukaan n. 12 milj. € ($A = 500\,000 \cdot (1,035^{50}-1)/(0,035 \cdot 1,035^{50}) = 11,72 \text{ milj.€}$)

- ➔ Täydellisellä tulvasuojelulla säästettäisiin joka vuosi odotusarvon mukainen 500 000€, jolloin hyödyn nykyarvo olisi yhteensä 11,72 milj.€. Tätä enempää ei nykyrahassa kannattaisi investoida hankkeeseen (ts. toimenpiteet jonka nykyarvon mukaiset kustannukset ovat yli 12 milj. € eivät ole taloudellisesti kannattavia)

³Pilli-Sihvola ym. 2016. Taloudellisesti tehokkaampaa sää- ja ilmastoriskien hallintaa Suomessa <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-301-9>

⁴ (AHTI-linkki: kkq43.ymparisto.fi/gispro/projekti/Tulva/Tulvariski/tilastot/tunnusluvut, SYKE-linkki:

kkq43\gispro\projekti\Tulva\Tulvariski\tilastot\tunnusluvut > vahinkoyhteenveto_4_2014.xlsm, välilehti "yhteenveto", muista valita kartoituksen nro! (solu F2)).

Kustannushyötytarkastelu osana toimenpiteiden vertailua ja priorisointia

Erilaisten toimenpiteiden tai projektien hyödyt ja kustannukset toteutuvat yleensä eri aikoina. Diskonttaamalla voidaan ilmaista eri ajankohtina ja eri ajanjaksoilla toteutuvia kustannuksia ja hyötyjä nykyarvoisina ja yhteismitallisesti. Tämä helpottaa toimenpiteiden vertailua ja priorisointia.

Nykyarvoon perustuvaa kustannushyötytarkastelua varten on tarpeen laskea:

- 1) tulvariskien hallinnasta saatavan hyödyn nykyarvo (asiantuntija-arviona tai SYKEN vahinkoarvioiden avulla)
- 2) toimenpiteen kustannusten nykyarvo (asiantuntija-arviona)
- 3) nettonykyarvo saadaan vähentämällä kohdassa 1) lasketusta arvosta kohdassa 2) laskettu arvo
- 4) lopuksi on syytä tehdä herkkyyshanalyysi erilaisilla lähtötiedoilla ja tutkia sen vaikutusta tulokseen

Kustannus-hyötytarkastelu toteutetaan käytännössä noudattaen seuraavia pääpiirteitä:

- varsinainen
kustannushyötytarkastelu
1. Määritetään tarkasteltavat toimenpidevaihtoehdot (tavoitteiden ja paikallisten olosuhteiden ym. perusteella)
 2. Päädetään keille koituvilla hyödyillä ja kustannuksilla on merkitystä (pääpaino yleiseltä kannalta katsoen vahingollisissa seurauksissa, 620/2010, 8§)
 3. Määritetään toimenpiteen vaikutukset ja käytettävät mittayksiköt (monitavoitearviointi)
 4. Ennustetaan tulevat vaikutukset koko toimenpiteen ajalta (monitavoitearviointi ja vahinkoarviot)
 5. Määritetään rahallisesti arvioitavat vaikutukset ja muulla tavoin arvioitavat vaikutukset
 6. Muutetaan rahallisesti arvioitavat vaikutukset euroiksi (euromääräiset vahinkoarviot ja hyödyt, tarvittaessa asiantuntija-arvioon perustuen)
 7. Diskontataan tulevat kustannukset ja hyödyt nykyhetkeen
 8. Lasketaan kunkin hankevaihtoehdon nettonykyarvo (NPV)
 9. Suoritetaan herkkyyshanalyysi
 10. Tehdään suositus nettonykyarvon ja herkkyyshanalyysin perusteella

1) Hyödyn nykyarvon laskenta

Hankkeesta saatava vuosittaisen hyödyn nykyarvo:

$$A = a * [(1+p)^n - 1] / [p * (1+p)^n] \quad (\text{kaava 1})$$

, jossa n = tarkastelun ajanjakso, a = vuosittainen hyöty (tulo- tai menoerä), p = vuotuinen korkokanta

Yllä olevaa kaavaa voidaan hyödyntää kaikkien toimenpiteiden tarkasteluun. Tarkasteluajanjakson tulisi olla riittävän pitkä, n. 50...100 vuotta, mutta toimenpiteen elinkaari ja ilmastomuutoksen mahdolliset vaikutukset tulisi ottaa huomioon (WGF 2012 s. 23). Yli 100 vuoden tarkastelujaksoa ei kuitenkaan tulisi käyttää. Toisaalta EU:n suunnasta suositellaan myös vesi- ja ympäristöhankkeille 30v aikajännettä (Euroopan komissio 2006 s. 6). Jos tarkastelu tehdään kaikille toimenpidevaihtoehdoille samalla tarkasteluajanjaksolla, voi olla hyvä käyttää 50 aikajännettä. Mahdollista on myös tehdä tarkastelu sekä pidemmällä aikajänteellä (esim. 100v), että lyhyemmällä (esim. 30v) tulosten epävarmuuden havainnollistamiseksi. Tällöin pitkäikäisten hankkeiden 30v aikajänteen ylittävät investoinnit olisi hyvä ottaa lisäksi erikseen huomioon.

Diskonttauskoron korkokantana olisi hyvä olla 3-5 % ja (Euroopan komissio 2008). Eri Euroopan maissa kustannushyötytarkastelussa käytetyt diskonttokorot vaihtelevat noin välillä 3-4%). Korkeimmillaan suositellaan käytettäväksi 5 % korkoa, jota on käytetty muun muassa vesienhoidon toimenpiteiden kustannustehokkuuden arvioinnissa 1. ja 2. suunnittelukierroksilla (Euroopan komissio 2006, ymparisto.fi/vesienhoito). Jatkossa vesienhoidossa suositellaan käytettäväksi 2 % tai 3 % korkokantaa.

- EU:n tulvatyöryhmän kustannuksiin ja hyötyihin keskittyneessä työpajassa (Ghent 10/2012) päädyttiin suosittelemaan 3,5 – 4 % korkoa. Samalla työryhmä totesi, että käytettävän korkoprosentin valinnalla on suurempi vaikutus lopputulokseen kuin tarkastelujakson pituudella (WGF, 2012, s. 23)

- Sternin (2006) raportissa valitaan diskonttokorko optimaalisen kasvuvauhdin lähestymistavalla⁵. Stern on käyttänyt arvoa $p=1,4\%$ kun taas Boardman ym. suosittelevat arvoa $p=3,5\%$ (2-6%). Sternin raportti suosittelee mittavia välittömiä päästöleikkauksia, jotka joidenkin kriitikoiden mukaan ovat ylisuuria. On arvioitu, että Sternin raportin tuloksiin vaikuttaa merkittävästi valittu diskonttokorko.
 - Boardman ym. (2011) suosittelevat Moodyn AAA-yritysten velkakirjojen tuottojen kuukausittaisen keskiarvon käyttöä ("monthly average of the real yields on Moody's AAA-rated corporate bonds"), joka tämän kirjoitushetkellä (3/2019) on $3,8\%$ (vaihteluväli viimeisen 5 v. jaksolla $3,2-4,3\%$). Tämä korko voi olla liian korkea mm. markkinavääristymien ja julkisten hankkeiden osittaisen verorahoituksen takia.
 - Koska mitä kauempana tulevaisuudessa nettohyödyt ovat, sitä epävarmempia ne ovat, Boardman ym. (2011) suosittelevat, että käytetään ajassa laskevaa diskonttokorkoa, silloin kun projektin pituus ylittää 50 vuotta ($t < 50a = 3,5\%$, $50 < t < 100a = 2,5\%$). Iso-Britannian HM Treasury (2003, liite 6) suositus on käyttää laskevaa diskonttokorkoa 30 vuoden tarkastelujaksoa pidemmille projekteille: $t < 30a = 3,5\%$, $31a < t < 75a = 3,0\%$ ja $76a < t < 125a = 2,5\%$.
- ➔ Edellä olevien käytäntöjen perusteella voidaan suositella tulvariskien hallinnan toimenpide-ehdotusten kustannushyötytarkasteluissa käytettäväksi diskonttokorkoa $3,5\%$ (mikäli ei ole erityistä syytä käyttää jotain tiettyä muuta arvoa). Herkkyystarkastelu kannattaa lisäksi tehdä 5% korolla. Kustannuksiltaan suurien ja pitkän elinkaaren toimenpiteiden osalta on suositeltavaa laskea nettonykyarvo myös käyttäen ajassa laskevaa diskonttokorkoa Boardmanin ym (2011) mukaan. Tätä suosittelee myös EU:n tulvatyöryhmä (WGF, 2012, s. 23).

Jos yllä olevaan kaavaan 1 käytetään edellä mainittuja suositusarvoja ($p=3,5\%$ ja $n=50a$), saadaan vuosittaisen hyödyn nykyarvo lasketuksi kaavalla $A = a \cdot 23,456$. Käänteisesti ym. kaavasta voidaan laskea annuiteetti eli kuinka suuri toimenpiteellä saavutettavan vuotuisen hyödyn tulisi olla tietyn suuruiselle investoinnille.

Annuiteetin kaava on: $a = A \cdot [p \cdot (1+p)^n] / [(1+p)^n - 1]$ (kaava 2)

Ym. suositusarvoja käytettäessä kaava saadaan muotoon: $a = A \cdot 0,0426$. Esimerkiksi $100\,000\,€$ suuruinen investointi kuoletettaisiin 50 vuodessa $3,5\%$ korkokannalla jos vuotuinen hyöty olisi $4260\,€$.

Vuosivahingon odotusarvo

Vuosivahinkojen odotusarvo eli täydellisellä tulvasuojelulla saavutettava vuotuinen maksimihyöty voidaan arvioida asiantuntija-arviona tai siihen voidaan hyödyntää tulvavaarakartoitetuilta alueilta SYKEssä keskitetysti laskettuja suoria euromääräisiä vahinkoarvioita (Silander & Parjanne 2012) ja niiden perusteella edelleen laskettuja vuosivahingon odotusarvoja tai täydellisen tulvasuojelun nykyarvoja⁶.

Lasketut odotusarvot perustuvat tulvavaarakartoitettujen skenaarioiden mallinnettuihin suoriin euromääräisiin vahinkoarvioihin, ja niiden pohjalta sovitettuihin alueen vahinkopotentialiaa kuvaaviin vahinkofunktioihin. Mitä enemmän kartoitettuja skenaarioita on, sitä paremmin funktio sovituu tunnettuihin pisteisiin vahinko-toistuvuuskuvaajalla. Vuosivahingon odotusarvo saadaan sovitettun vahinkofunktion pinta-alana eli määrättyä integraalina (kansallisesti tehdyissä tarkasteluissa integraalin raja-arvoina on käytetty arvoja $0,1 (=10\%, 1/10a \text{ tulva})$ ja $0,001$ (paitsi alueille joilta ei ole $0,001$ toistuvuuden karttaa on käytetty arvoa $0,004 (=0,4\%, 1/250a)$). Integroitava funktio on muotoa $a \ln(x) + b$, jossa x on toistuvuus ja a & b alueen ominaispiirteistä johtuvia vakioita:

$$\int a \ln(x) + b, dx = x \cdot (a \ln(x) + (b - a)) \quad (\text{kaava 3})$$

⁵ $p = d + ge$, jossa d on puhdas aikapreferenssin vauhti, joka kertoo yhteiskunnan preferensseistä nykyhyvinvoinnista suhteessa tulevaan hyvinvointiin, g on pitkän aikavälin per capita kulutuksen kasvuvauhti ja e on kulutuksen rajahyödyn jousto eli mittaa millä vauhdilla kulutuksen yhteiskunnallinen rajahyöty laskee, kun per capita kulutus kasvaa).

⁶ (AHTI-linkki: <\\kkg43\ymparisto\gispro\projekti\Tulva\Tulvariski\tilastot\tunnusluvut>, SYKE-linkki: <\\kkg43\gispro\projekti\Tulva\Tulvariski\tilastot\tunnusluvut> > vahinkoyhteenveto_4_2014.xlsm, välilehti "yhteenveto", muista valita kartoituksen nro! (solu F2)).

Tulvariskien hallinnan toimenpiteellä saavutettava vuosihyöty voidaan laskea yllä mainitun määrätyn integraalin avulla (esim. $1/250a$ tulvasuojelun maksimivuosihyöty: $\int_{0,1}^{0,001} a \ln x + b, dx - \int_{0,004}^{0,001} a \ln x + b, dx$).

Mikäli vuosivahingon odotusarvo määritellään asiantuntija-arviona, tulee odotusarvon määrittämisessä ottaa huomioon, että tarkasteluajanjaksolla voi esiintyä erisuuruisia tulvia, joiden kaikkien vahingot tulisi laskea yhteen ja jakaa tarkasteluajanjakson pituudella. Käytännössä asiantuntija-arvionkin tekemiseksi pitää määritellä mahdollisimman usean eri toistuvuuden tulvan aiheuttamat vahingot, sovittaa funktio näin saatuun vahinko-toistuvuuskuvaajaan ja lopuksi integroida sovitettu funktio.

Kummalla tahansa edellä kuvatulla tavalla vuosivahinkoa arvioitaessa on muistettava, että saatu arvio on ainoastaan suuntaa antava ja vastaa täydellisestä tulvariskien hallinnasta saatavaa hyötyä. Mm. jos toimenpiteellä voidaan vähentää tulvariskiä vain tietyllä tulvakartoitetun alueen osalla, ei yllä mainittuja kansallisia arvioita voida suoraan hyödyntää. Samoin tulvavesien pidättämisellä saatavan hyödyn arviointiin yo. menetelmä ei sellaisenaan sovi. Vedenpidättämisen taloudellista merkitystä on tarkastellut mm. [Silander 2010](#).

2) Toimenpiteen kustannusten nykyarvo

Kustannukset voidaan jakaa suoriin, käyttö- ja haittakustannuksiin alla olevan mukaisesti. Mahdollisuuksien mukaan kaikki eri kustannustyytit tulisi ottaa huomioon, mutta karkeassa tarkastelussa voi riittää investointi- ja käyttökustannusten huomioon ottaminen.

- Suorat kustannukset
 - Suunnittelukustannukset
 - Investointikustannukset
- Käyttökustannukset
- Haittakustannukset (eli kustannukset / vahingot jotka toteuttaminen aiheuttaa esim. ympäristölle)
- Muut kustannukset (mm. välilliset kustannukset, hallinnolliset kustannukset jne.)

Toimenpiteeseen tapahtuva investointi ajatellaan toteutettavaksi heti, eli investointikustannukset ovat jo nykyarvossa. Näiden lisäksi useisiin toimenpiteisiin liittyy vuotuisia ylläpito- ja käyttökustannuksia, jotka tulee muuttaa nykyarvoon. Haittakustannuksia voi syntyä toteutusvaiheessa ja vuosittain. Arvioidaan näiden kustannusten suuruus nykyhetkellä vuosittain ja lasketaan se tarkasteluajanjaksolle soveltamalla yo. vuosihyödyn kaavaa:

$$K = k * [(1+p)^n - 1] / [p * (1+p)^n] \quad (\text{kaava 4})$$

, jossa nyt k = vuotuiset kustannukset ja K nykyhetken kustannukset.

Vaikka toimenpide ei vaatisi vuosittaista ylläpitoa tai käyttöä, on laskennallisesti helpompaa arvioida keskimääräiset vuotuiset kustannukset kuin laskea esim. kerran viidessä vuodessa toistuvien huoltotoimien kustannukset. Erityisesti tämä korostuu kun yhdistetään vuosihyödyn nykyarvon ja kustannusten nykyarvon laskenta, koska vuosittaiset kustannukset voidaan suoraan vähentää vuosittaisesta hyödystä. Todellisuudessa toimenpiteen ylläpitokustannukset luultavasti kasvaisivat tarkastelujakson (eli noin toimenpiteen elinkaaren) lopulla keskimääräistä suuremmiksi, mutta karkean tarkastelun ollessa kyseessä voidaan tämä tekijä jättää huomioimatta ja yksinkertaistaa laskelmaa.

3) Toimenpiteen nettonykyarvo

Nettonykyarvo on hyötyjen ja kustannusten nykyarvon erotus. Positiivinen nettonykyarvo ja hankkeen toteuttaminen ei välttämättä tarkoita, että se olisi paras vaihtoehto, päätöksenteossa voi olla myös muita kriteereitä kuin nettonykyarvo.

$$\underline{NPV = (a-k) * \alpha - H} \quad (\text{kaava 5})$$

, jossa a = vuotuiset hyödyt, k = vuotuiset kustannukset, α = diskonttaustekijä, H = perusinvestointi (Perusinvestointi kannattaa laskea tarkastelua seuraavalle vuodelle, jolloin sen arvo saadaan yllä olevasta poiketen laskemalla $H/(1+p)$). Mikäli investointikustannukset halutaan laskea vielä pidemmälle, tulee myös tekijä H kertoa diskonttaustekijällä α .⁷ Diskonttaustekijän arvoja eri korkokannoille ja tarkastelujaksoille voidaan laskea helposti Excelissä⁸.

Esimerkki toimenpiteen nettonykyarvon laskemisesta:

Tulvavahinkojen vuotuinen odotusarvo (eli maksimaalinen vuotuinen hyöty) on 0,5 milj.€/a, toimenpide-ehdotuksen investointi- ja suunnittelukustannuksiksi on arvioitu yht. 10 milj. € sekä käyttö- ja ylläpitokustannuksiksi yht. 50 000€/a Käytetään suositusarvoja: $n=50a$, $p=3,5\%$.

$NPV = (0,5 \text{ milj. €} - 50\,000 \text{ €}) * 23,456 - 10 \text{ milj. €} = 0,56 \text{ milj. €}$ -> eli toimenpide on kannattava.

Jos korkoprosenttina käytettäisiin esim. $p = 5\%$, saataisiin: $NPV = -1,78 \text{ milj. €}$ eli toimenpide ei olisi kannattava. Jos tarkastelujaksona käytettäisiin 50a sijasta 100a ($p=3,5\%$), saataisiin $NPV = 2,44 \text{ milj. €}$. Jos haluttaisiin, voitaisiin laskea sisäinen korkokanta eli korko jolla $NPV = 0$

4) Herkkyystarkastelu

On tärkeää suorittaa laskelmalle herkkyysanalyysi, jolla selvitetään miten herkkä laskelman lopputulos on laskennassa käytettyjen lähtötietojen muuttamiselle. Havainnollinen tapa laskelman herkkyystarkasteluun on etsiä lähtötietojen kriittiset arvot eli ne arvot, joilla investointi on juuri ja juuri kannattava, tai joilla investointivaihtoehtojen kannattavuusjärjestys muuttuu. Tätä varten kannattaa ainakin laskea sisäinen korkokanta. Edellä olevan nettonykyarvon laskuesimerkin arvoilla laskettuna sisäiseksi koroksi tulisi 3,8 %. Toimenpide on taloudellisesti kannattava, jos sen sisäinen korkokanta on suuri eli mitä suurempi korkokanta, sen varmemmin toimenpide on kannattava. Esimerkiksi yritykset yleensä asettavat itselleen kriteerin, jonka mukaan investointiprojekteilta vaaditaan tietyn arvon ylittävä sisäinen korkokanta.

5) Priorisointi

Toimenpiteiden priorisointi perustuu useaan eri tekijään, joista yksi on kustannushyötytarkastelu. Priorisoinnista on laadittu erillinen ohjeistus, jossa kuvataan koko priorisointikehikko toimenpiteiden etusijajärjestykseen asettamiseksi. Priorisointikehikossa otetaan huomioon toimenpiteiden hyötyarviot sekä vuosittaiset ja kertakustannukset. Kustannushyötyarvioinnin osalta priorisointi perustuu ensisijaisesti tarkastelun tuloksena saatuihin nettonykyarvoon, takaisinmaksuaikaan ja sisäiseen korkokantaan niiltä osin kun ne tai joku niistä on voitu laskea. Jos edellä mainittuja arvoja ei jollekin toimenpiteelle pystytä laskemaan, esitetään priorisointikehikossa kustannus- ja hyötyarvioihin perustuva tehokkuus muuten asiantuntija-arviona perusteluineen. Priorisointikehikossa otetaan huomioon eri perusteilla (toimenpiteen vuosihyöty, täydellisen tulvasuojelun odotusarvo, jne.) tehtyjen arvioiden lisäksi myös epävarmuudet.

⁷ Yleisesti nettonykyarvo saadaan laskettua kaavalla: $NPV = (a-k) * [(1+p)^n - 1] / [p * (1+p)^n] - H + J / (1+p)^n = (a-k) * \alpha - H + J / (1+p)^n$, jossa a = vuotuiset hyödyt, k = vuotuiset kustannukset, α = diskonttaustekijä, H = perusinvestointi, J = jäännösarvo, p = korkoprosentti ja n = tarkastelujakso vuosina. Jäännösarvolla tarkoitetaan toimenpiteen nettonykyarvoa tarkasteluajanjakson lopussa. Jäännösarvo voi olla positiivinen (jos toimenpiteestä voidaan saada esim. myyntivoittoa ko. vuonna) tai negatiivinen (jos kyseessä on esim. tilapäinen toimenpide joka poistetaan ko. vuonna, eli silloin jäännösarvo = poistokustannukset). Koska kyseessä on karkea tarkastelu, tarkasteluajanjänne on pitkä ja lähtökohtaisesti tulvariskien hallinnan hankkeilla ei ole suurta markkina-arvoa elinkaaren lopulla, voidaan jäännösarvo jättää tässä tarkastelussa pois. Tällöin toimenpiteen nettonykyarvo saadaan esitettyä yo. kaavalla $NPV = (a-k) * \alpha - H$.

⁸ Valmis pohja tätä varten: (AHTI-linkki: [\kk20\ymparisto\fi\ryhma\gtrhs\07_Tulvariskien_hallinnan_toimenpiteet\kustannushyötytarkastelu](#), SYKE-linkki: [\kk20\ryhma\gtrhs\07_Tulvariskien_hallinnan_toimenpiteet\kustannushyötytarkastelu](#)).

Yleiset suositukset kustannushyötytarkasteluihin:

- Kustannushyötyarviot tehdään kaikille paitsi jatkuville tai virkatyönä toteutettaville kokonaiskustannuksiltaan alle 100 000 € toimenpiteille
 - Jos arviota on mahdoton tehdä, käytetään luokiteltua kustannusarviota
- Tarkastelun suositeltu aikajänne n. 50v (-100v)
 - Vuosikustannusten laskenta eri investointiajoille – kuvaa epävarmuutta
 - pitkä aikajänne ottaa huomioon myös ilmastomuutoksen epävarmuudet
- suositeltu diskonttokorko 3,5 %
 - herkkyytstarkastelua varten voidaan käyttää useita korkoprosentteja (esim. VHS-puolella aiemmin käytetty 5 % tai Stern (2006) 1,4 %) ja laskea sisäinen korkokanta
- Aikaisempien ensisijaisten ja yli 1 miljoonan euron toteuttamattomien toimenpide-ehdotusten kustannukset tarkistetaan ja muutetaan nykyrahaksi hintaindeksin avulla
- tukia, korvauksia, veroja yms. ei oteta huomioon
 - ei huomioida toiminnan keskeytymisen vahinkoa (poikkeus vientiyritys – ei korvattavuus)
- laskennalliselta nettonykyarvoltaan negatiivistakin toimenpidettä voidaan pitää kannattavana, jos välillisten vaikutusten perusteella siltä vaikuttaa, varsinkin jos käytetään alhaista korkoa
 - kuitenkin jos sisäinen korkokanta on selvästi pienempi kuin 0, tulee toimenpiteen kannattavuus perustella hyvin
- asiantuntijan käyttö arvioinnissa on suositeltavaa, kun riski/vahinko on suuri
 - esimerkiksi tapahtumapuuanalyysistä voi olla apua jos riskit ja hyödyt ovat toisistaan riippuvaisia tai monimutkaisia

Toimenpiteiden rahoitus

Tulvariskien hallintasuunnitelmissa tulisi esittää kuvaus ja perustelut toimenpiteiden rahoitusmahdollisuuksista. Hallintasuunnitelmien yleissuunnitelmatasoisesta luonteesta johtuen yksittäisten toimenpiteiden rahoitusta ei voida läheskään aina esittää suunnitelmissa. Erilaisia rahoitusvaihtoehtoja voidaan tunnistaa kuitenkin yleisesti toimenpideryhmille ja yksittäisille isommille toimenpiteille.

Esimerkiksi virkatyönä toteuttavat toimenpiteet ovat selkeä kokonaisuus joiden rahoituslähteitä ei ole tarpeen kuvata tarkemmin elleivät ne liity johonkin jo käynnissä olevaan tai suunniteltuun hankkeeseen. Tulvatilanteen aikana ja jälkeen tehtävien toimenpiteiden rahoituslähteet ovat usein samoja kuin vastuutahot, mutta mahdollinen etukäteen sovittu kustannusten jako olisi hyvä esittää toimenpide-ehdotusten yhteydessä.

Tulvariskien vähentämisen, valmiustoimien ja tulvasuojelun toimenpiteistä useiden mahdollisia rahoituslähteitä on hankalampi tunnistaa toimenpiteen nimen tai vastuutahojen perusteella. Mahdollisten rahoituslähteiden esittämistä hallintasuunnitelmissa suositellaan kaikkien edellä mainittujen toimenpideryhmien arvioiduilta yhteiskustannuksiltaan yli 100 000€ toimenpiteille. Muille toimenpide-ehdotuksille rahoituslähteet voidaan esittää yleisempinä kokonaisuuksina. Suunnitelmissa on hyvä lisäksi esittää perustelut mahdollisille rahoituslähteille sekä yleisperustelu miksi kaikille toimenpiteille ei ole voitu yksilöidä tiettyä rahoituskanavaa.

Sanasto

diskonttaus on kustannusten ja hyötyjen tulevan arvon muuttaminen nykyarvoksi käyttämällä diskonttokorkoa. Toistuvan hyödyn, esimerkiksi vuokran, diskonttaamista nimitetään myös kapitaloinniksi.

diskonttokorko on korko, jolla tulevat arvot muutetaan nykyarvoiksi. Diskonttokorkona käytetään usein pääoman kustannusta, joka on tavallisesti markkinakorko, jota on mahdollisesti korjattu tulevan rahavirran epävarmuuteen liittyvillä tekijöillä.

sisäinen korkokanta (internal rate of return) on diskonttokorko, jolla kustannus- ja hyötyvirran nettonykyarvo on nolla. Sisäistä korkokantaa verrataan vertailuarvoon ehdotetun hankkeen kannattavuuden arvioimiseksi.

investointikustannuksilla tarkoitetaan hankkeesta aiheutuvia pääomakustannuksia

käyttökustannukset ovat investoinnin käytöstä aiheutuvat kustannukset, mukaan luettuna rutiini- ja erityiskunnossapito, mutta ilman poistoja ja pääomakustannuksia

nettonykyarvo (net present value, NPV) on summa, joka saadaan, kun investoinnin ennakoitujen kustannukset vähennetään ennakoitujen hyötyjen diskontatusta arvosta

jäännösarvo on omaisuuden nettonykyarvo arviointianalyysin tarkastelujakson viimeisenä vuonna

Viitteitä

Boardman, Greenberg, Vining and Weimer Cost-Benefit Analysis. Concepts and Practice. Pearson Prentice Hall, New Jersey. USA. 2011

Euroopan komissio. 2006. Suuntaviivat kustannus-hyötyanalyysien tekemistä varten. Euroopan komissio, aluepolitiikan pääosasto, Temaattinen kehitys, vaikutukset, arviointi ja innovatiiviset toimet Arviointi ja täydentävyys 08/2006.

http://ec.europa.eu/regional_policy/information/search/detail.cfm?LAN=FI&lang=fi&id=306

Euroopan komissio. 2008. Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Structural Funds, Cohesion Fund and Instrument for Pre-Accession. European Commission, Directorate General Regional Policy. 2008

http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide2008_en.pdf

HM Treasury (2003): *Green Book, Appraisal and Evaluation in Central Government*. London, UK, HM Treasury.

<https://www.gov.uk/government/publications/the-green-book-appraisal-and-evaluation-in-central-government>

Ymparisto.fi/vesienhoito. Vesienhoidon suunnittelumateriaalia: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B01297FA3-758F-4AB6-8602-C469BFF55DA5%7D/76272>

Silander, J. 2010. Vedenpidättämisen taloudellinen merkitys tulvariskien vähentäjänä – koealueena Pori. Suomen ympäristökeskus 1.11.2010. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi_ja_meri/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_toimenpiteet/Tulvavesien_pidattaminen_valu_maalueella%288436%29

Silander, J. & Parjanne, A. (2012). Tulvariskien hallinnan euromääräisten vahinkojen ja hyötyjen arviointi. Julkaisematon raportti. Suomen ympäristökeskus. 38 s.

<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BB1F1E04F-62DE-4DF5-81B7-098102C62120%7D/37016>

Stern Review. 2006. The Economics of Climate Change, Summary of Conclusions.

http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm

WGF, Working Group Floods(CIS) resource document "Flood Risk Management, Economics and Decision Making Support". Lokakuu 2012.

http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/pdf/WGF_Resource_doc.pdf

Liite 1, Diskonttaustekijä erilaisilla korkotasolla ja aikajänteillä.

