

**Kirjallisuuskatsaus viitekehysistä kokonaisvaltaisten ja
ilmastoviisaiden arviointien tekemiseksi**

SysteemiHiili-hanke – Työpaketti 4

**Jyri Mustajoki, Mika Marttunen ja Lauri Ahopelto
Suomen ympäristökeskus**

21.11.2022



Sisällysluettelo

1. Taustaa	3
2. Tarkastelun tasot.....	4
3. Tarkastellut viitekehykset ja tunnistetut hyvät käytännöt.....	5
3.1. Viitekehyksiä kokonaisvaltaisten ja ilmastoviisaiden arviointien tekemiseen.....	5
3.1.1. Ongelman jäsentelyä ja hallintaa tukevat viitekehykset.....	6
3.1.2. Kokonaisuuden hallintaa tukevat geneeriset viitekehykset.....	7
3.1.3. Ilmastoviisaiden ratkaisujen hallintaa tukevat viitekehykset.....	9
3.2. Vaihtoehtoisia tarkastelu ympäristöjä/näkökulmia tarkasteluun.....	10
3.2.1. Kokonaiskestävyys.....	11
3.2.2. Kokonaisturvallisuus.....	15
3.2.3. Kustannustehokkuus	18
3.2.4. Elinkaariajattelu.....	19
3.3. Tarkastelujen yksittäisiä osa-alueita tukevia menetelmiä	19
3.4. Sovellusalueita.....	23
4. Alustava arvio menetelmien soveltuvuudesta erityyppisiin päätöstilanteisiin paikallisella, alueellisella ja valtakunnallisella tasolla	24
4.1. Paikallinen taso.....	24
4.2. Alueellinen taso.....	24
4.3. Valtakunnallinen taso.....	24
5. Suunnitelma menetelmien soveltamiseen ja kytkökset muihin hankkeisiin	25
5.1. Suunnitelma menetelmien testaamiseen case-tarkasteluissa.....	25
5.1.1. Työpaketti 6: Turvetuotantoalueiden jälkikäyttövaihtoehtojen arviointi.....	25
5.1.2. Työpaketti 7: Maankäyttösektorin ilmastovaikutukset Kiurujoen valuma-alueella	25
5.2. Kytkökset muihin hankkeisiin ja hankkeiden välisten synergioiden tunnistus	26
6. Viitteitä	28

1. Taustaa

SysteemiHiili-hankkeen yleisenä tavoitteena on parantaa menetelmällisiä valmiuksia ja ymmärrystä maankäytön muutosten vaikutusketjuista ja kokonaisvaikutuksista sekä tukea ilmastoviisaiden, kestävien ja kustannustehokkaiden ratkaisujen käyttöönottoa kansallisella, alueellisella, valuma-alue- ja paikallisella tasolla. Hanke tuottaa toimintaympäristön muutoksia ennakoivia ratkaisuehdotuksia, joilla maa- ja metsätaloutta ja muuta maankäyttöä saadaan sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä suunnattua ilmastokestävämmäksi. Hanke on osa maa- ja metsätalousministeriön keväällä 2020 käynnistämää maankäyttösektorin Nappaa hiilestä kiinni -ilmastotoimenpidekokonaisuutta, jolla pyritään vähentämään maa- ja metsätalouden ja muun maankäytön kasvihuonekaasupäästöjä ja vahvistamaan hiilinieluja ja -varastoja.

Hankkeen työpaketissa 4 (TP4) kartoitetaan ja arvioidaan erilaisten systeemianalyttisten menetelmien soveltamismahdollisuuksia maankäyttösektorin ilmastotoimien kokonaisvaikutusten ja vaikutusketjujen ymmärtämisessä ja toimenpiteiden viemisessä käytäntöön. Arvioinnin perusteella tunnistetaan menetelmien soveltamiskohteita ja -tapoja ja esitetään suosituksia menetelmien soveltamiseksi hankkeen pilottialueilla ja myös yleisemmin maankäyttösektorilla koskien:

- toimenpiteiden kokonaiskestävyyden järjestelmällistä arviointia
- ilmastoon ja vesien tilaan liittyvien tavoitteiden yhteensovittamista ottaen huomioon myös muut sosiaaliset, ekonomiset ja ympäristölliset tekijät
- maankäyttö- ja ilmastoskenaarioiden vaikutusketjujen ymmärtämistä (NEXUS) liittyen mm. sisäiseen turvallisuuteen (mm. energiaturvallisuuteen ja ruokaturvaan)
- ohjauskeinoihin liittyvien vaikutusketjujen sekä ohjauskeinojen toteuttamiskelpoisuuden ja hyväksyttävyyden järjestelmällistä tarkastelua
- kustannustehokkaiden toimenpideyhdistelmien valintaa

Työpakettin päämääränä on luoda viitekehys, jonka avulla voidaan tunnistaa ongelman tarpeet systeemianalyttisten menetelmien soveltamiselle, sekä soveltaa viitekehystä tuottamaan tarkoituksenmukaista tukea hankkeen pilottitarkasteluihin liittyen muun muassa

- toimenpiteiden vaikutusketjujen tunnistamiseen
- erilaisten toimenpiteiden kokonaisvaltaiseen arviointiin eri näkökulmista mukaan lukien ilmastokestävyys, kokonaisturvallisuus sekä vesien ja ympäristön tila
- erityyppisten ohjauskeinojen kustannustehokkuuden ja kokonaiskestävyyden arviointiin toimenpiteiden edistämiseksi eri sektoreilla

Käytännössä työpaketti 4 toimii hiiliprosesseja ja -taseita mallintavien työpakettien 1–3 tuottaman tiedon syntetisoijana sellaiseen muotoon, että niiden perusteella voidaan tuottaa kokonaisvaltaisia ratkaisuja. Lisäksi työpaketti 4 tuo tukea erilaisten sosiaalisten ja taloudellisten tekijöiden mukaan tuomiseen tarkasteluihin.

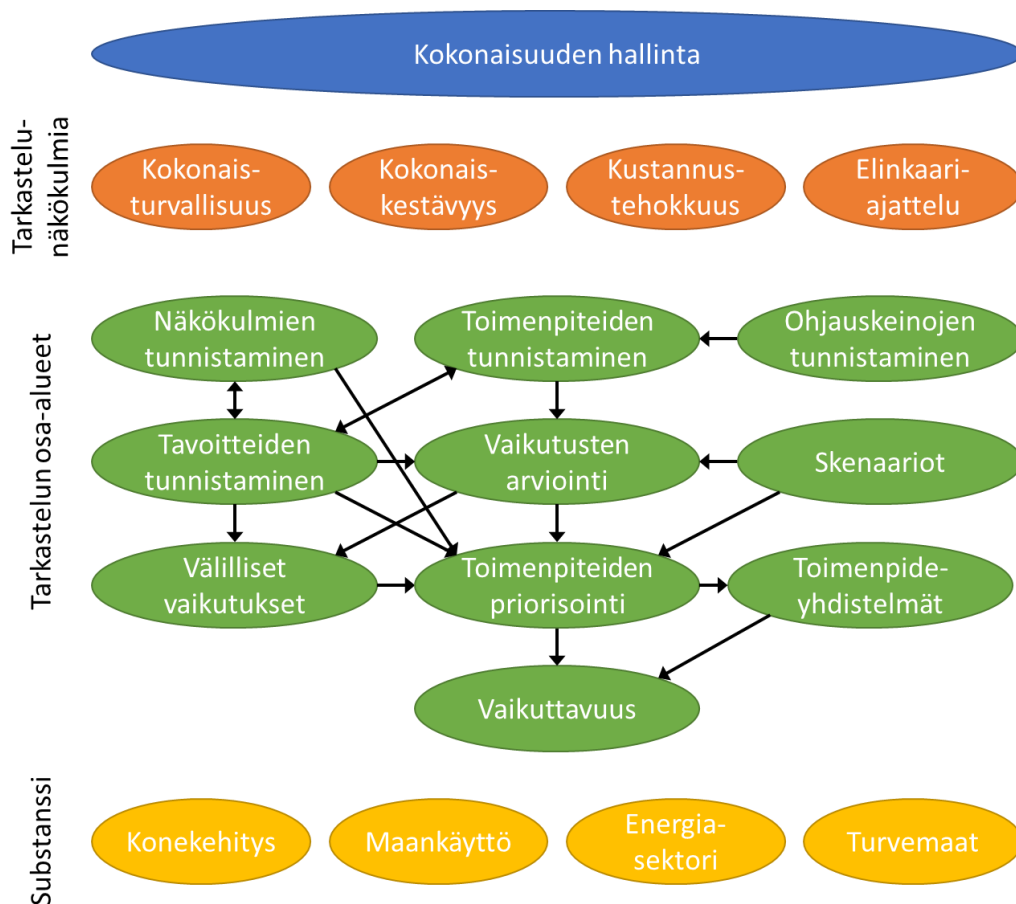
Arvioinnin ensimmäisenä tehtävänä toteutettiin kirjallisuuskatsaus olemassa olevista viitekehyksistä kokonaisvaltaisten ja ilmastoviisaiden arviointien tukemiseksi. SysteemiHiili-hankkeen yleisenä jäsentelykehikkona olemme suunnitelleet käytettäväksi ns. ”jäsennelty päätöksenteko” -lähestymistapaa (Structured Decision Making – SDM; Gregory ym., 2012), joka antaa yleisellä tasolla olevan viitekehyksen erilaisten päätösongelmien tunnistamiseen ja jäsenneltyyn tarkasteluun. SDM yleisenä viitekehyksenä sallii joustavasti myös muiden vastaavien viitekehysten ja menetelmien hyödyntämisen arvioinnin tukena ja kirjallisuuskatsauksen erityisenä tavoitteena olikin tunnistaa muista viitekehyksistä näitä SDM-pohjaista prosessia tukevia hyviä käytäntöjä ja työkaluja. Kirjallisuuskatsauksessa kävimme läpi sekä yleisiä kokonaisuuden hallintaa tukevia viitekehyksiä että myös yksityiskohtaisempia tiettyyn tarkastelun osa-alueeseen tai tiettyyn substanssiin liittyviä systeemianalyttisiä menetelmiä ja menetelmäperheitä, ja arvioimme näiden hyödyntämismahdollisuuksia SysteemiHiili-hankkeessa. Kirjallisuuskatsauksen perusteella arvioimme myös menetelmien soveltuvuutta tehtävässä erityyppisiin päätöstilanteisiin paikallisella, alueellisella ja valtakunnallisella tasolla.

2. Tarkastelun tasot

Tarkastelun aluksi tunnistimme eri tasoja, joilla järjestelmällisiä tarkasteluja voidaan tehdä. Tunnistetut tasot voidaan jakaa neljään eri luokkaan:

1. Kokonaisuuden hallintaa tukevat yleiset viitekehykset ja ongelman jäsentelymenetelmät
2. Jostain tulokulmasta asiaa katsovat tarkastelut ja näitä tukevat viitekehykset (esim. kokonaisturvallisuus, kokonaiskestävyys, kustannustehokkuus, elinkaariajattelu)
3. Itse tarkastelun eri osa-alueet ja näitä tukevat osa-aluekohtaiset menetelmät. Nämä voivat liittyä esim. tavoitteiden tunnistamiseen, vaikutusten arviointiin, tai skenaarioihin.
4. Eri substanssialueisiin liittyvät tarkastelut.

Tämän jälkeen kunkin tason alla tunnistimme erilaisia tarkasteluympäristöjä/tavoitteita/tehtäviä sekä mahdollisia menetelmiä/viitekehyksiä näiden tukemiseen (Kuva 1). Seuraavassa näitä käydään tasoittain läpi ja listataan ja kuvataan menetelmiä tasolla tapahtuviin eri tehtäviin.



Kuva 1. Tehtäviä, joissa voidaan hyödyntää systeemianalyttisiä menetelmiä, jaoteltuna eri tarkastelutasoille.

Eri tarkastelutasoihin liittyviä viitekehyksiä on tieteellisessä kirjallisuudessa kuvattu satoja, ellei tuhansia. Esimerkiksi Web of Sciencen haulla ("framework for" AND ("environment*" OR "climate*")) pelkistä otsikoista tulee jo 1944 osumaa ja abstrakteista 27970 osumaa. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena ei kuitenkaan ole kattavasti käydä läpi kaikkia viitekehyksiä vaan löytää monipuolinen kattaus erityyppisiä viitekehyksiä, joista voidaan ammentaa hyviä käytäntöjä. Tämän saavuttamiseksi on usein hedelmällisempää käydä läpi esimerkiksi jo hyväksi havaittujen viitekehysten viiteluetteloita ja tunnistaa sieltä vastaavia kehikoita, tai päinvastoin etsiä viittaustietokannoista, missä eri artikkeleissa viitataan hyväksi havaittuihin viitekehyksiin. Täten tässäkin kirjallisuuskatsauksessa hyödynsimme tätä jälkimmäistä tapaa, mikä SysteemiHiili-hankkeen tavoitteiden kannalta on huomattavasti mielekkäämpää. Tämän vuoksi kirjallisuuskatsauksen tuloksia ei voida kuitenkaan pitää kattavana analyysinä eri viitekehyksistä.

3. Tarkastellut viitekehykset ja tunnistetut hyvät käytännöt

3.1. Viitekehyksiä kokonaisvaltaisten ja ilmastoviisaisten arviointien tekemiseen

Yleiset viitekehikot voidaan jakaa kolmeen eri päätyyppiin:

- **Ongelman kokonaisvaltaista jäsentelyä ja hallintaa tukevat viitekehykset:** Tavoitteena on antaa tukea siihen, miten eri asioita tulisi järjestelmällisesti ottaa huomioon tarkasteluissa. Viitekehysten ja näiden tarjoamien menetelmien antama tuki voi liittyä esimerkiksi ongelman tunnistamiseen, rajaamiseen ja/tai jäsentelyyn, mutta siihen ei oteta kantaa, mitä asioita pitäisi tarkasteluissa ottaa huomioon.
- **Kokonaisuuden hallintaa tukevat geneeriset viitekehykset:** Tavoitteena on antaa tukea siihen, minkä tyyppisiä asioita tulisi ottaa huomioon tarkasteluissa. Nämä voivat liittyä esimerkiksi päätösongelman eri ulottuvuuksiin (mm. sosiaalinen, tekninen, tiedollinen ulottuvuus). Viitekehykset ja näiden tarjoamat menetelmät ovat geneerisiä siinä mielessä, että eivät liity mihinkään asiakokonaisuuteen, vaan soveltuvat kaikenlaisiin ongelmiin.
- **Tietyn laajan asiakokonaisuuden hallintaa tukevat viitekehykset (tässä ilmastoviisaat ratkaisut):** Tavoitteena on antaa tukea siihen, mitä asioita tulisi yleisellä tasolla ottaa huomioon jonkin tietyn laajan asiakokonaisuuden (esim. ilmastonmuutos) hallinnassa. Viitekehykset voivat myös antaa yksityiskohtaisempia ohjeita ja menetelmiä asioiden tarkasteluun. SystemiHiili-hankkeessa fokus on ilmastoviisaissa ratkaisuissa ja tässä kirjallisuuskatsauksessa tarkastelimme ilmastonmuutoksen hillintään ja hallintaan liittyviä viitekehyksiä.

Taulukossa 1 on esitettyä kunkin päätyypin alla olevia menetelmiä, joita käsitellään tarkemmin seuraavassa.

Taulukko 1. Kokonaisvaltaisten ja ilmastoviisaisten arviointien tekemiseen tunnistettuja viitekehyksiä

Viitekehys	Kuvaus	Hyödyntämismahdollisuudet SystemiHiili-hankkeessa
Ongelman jäsentely		
Problem Structuring Methods (PSM)	Yleisnimitys laajalle valikoimalle erityyppisiä ongelman jäsentelyä tukevia menetelmiä. Ideana menetelmissä on järjestelmällisesti tunnistaa ongelman eri elementtien välisiä kytköksiä ja näiden avulla tuottaa parempi ymmärrys ongelman moninaisista ulottuvuuksista.	- Tavoitteiden tunnistaminen ja jäsentely - Työpakettien 1–3 välisten kytkösten tunnistaminen - Sosiaalisten ja taloudellisten tekijöiden tuominen mukaan tarkasteluihin
Structured Decision Making (SDM)	Jäsenntely lähestymistapa ongelmien elementtien tunnistamiseen ja jäsentelyyn sekä kokonaisvaltaisten ratkaisujen löytämiseen	- Toimii selkärankana koko arviointiprosessille ja eri työpakettien tuottaman tiedon yhdistämiselle
Kokonaisuuden hallinta		
Comprehensive Success Factor Analysis for Grand Challenges (Sinfield ym., 2020)	Viitekehikossa tunnistetut 16 yleismaailmallisiin haasteisiin liittyvää aihealuetta antavat runkoa suuriin yhteiskunnallisiin ongelmiin liittyvän tiedon löytämiseen ja jäsentelyyn ja sille, mitä asioita pitää ottaa huomioon tarkasteluissa.	- Tarkistuslista osana SDM-prosessin ongelman ja sen tavoitteiden tunnistamis- ja jäsentelyvaiheita.
Planetary boundaries	Viitekehys, joka antaa yhdeksälle eri prosessille (ml. ilmastonmuutos) ”turvarajat” sille, että ihmiskunta voi elää kestävästi maapallolla	- Ei juuri tuo konkretiaa, sillä kehikossa mainitut asiat on jo tunnistettu tärkeiksi SystemiHiili-hankkeessa. Voi toimia esimerkiksi asioita viestittäessä viitteenä sille, että asiat ovat globaalisti tärkeitä
Ilmastoviisaat ratkaisut		
Viitekehykset ilmastonmuutoksen hallintaan / hillintään	Joukko erityyppisiä viitekehyksiä, joiden avulla ilmastonmuutoksen vaikutuksia voidaan analyttisesti tarkastella ja sen perusteella pohtia toimenpiteitä ilmastonmuutoksen hillintään ja siihen varautumiseen	- Tarkemmin Taulukossa 2.

3.1.1. Ongelman jäsentelyä ja hallintaa tukevat viitekehykset

Ongelman jäsentelyä ja hallintaa tukevien viitekehysten avulla voidaan tukea päätöstilanteen järjestelmällistä kehystämistä sekä siihen liittyvien olennaisten tekijöiden ja näiden välisten riippuvuuksien tunnistamista ja kuvaamista yhdessä sidosryhmien kanssa (Rosenhead ja Mingers, 2001; Mingers ja Rosenhead, 2004). Tavoitteena ei ole varsinaisesti ratkaista ongelmaa, mutta lisääntyneen ymmärryksen avulla tuottaa tukea kokonaisvaltaisen eri näkökulmat huomioon ottavien ratkaisujen löytämiseen. Menetelmiä hyödynnetäänkin usein yhdessä varsinaisten ongelman sisällön tarkasteluun tukea tarjoavien menetelmien kanssa, joista enemmän kappaleessa 3.4.

Ongelman jäsentelymenetelmät (Problem Structuring Methods – PSM) ovat ongelman eri elementtien tunnistamista ja jäsentelyä tukevia menetelmiä. Näitä on useita erityyppisiä, esimerkiksi Marttunen ym. (2017) ovat tunnistaneet näistä kahdeksan eri tyyppiä:

- **Kognitiiviset ja kausaalikartat (Cognitive and Causal Maps)** ongelman elementtien välisten kytkösten tunnistamiseen ja mallintamiseen
- **DPSIR (Drivers–Ajurit, Pressures–Paineet, State–Tila, Impact–Vaikutus, Response–Reagointi) -kehikko** ongelman perimmäisten ajureiden ja paineiden tunnistamiseen ja oikeisiin asioihin keskittyvien kokonaisvaltaisten ratkaisujen mallintamiseen
- **Skenaariosuunnittelu (Scenario Planning)** tulevaisuuden epävarmuuksien ja uhkakuvien tarkasteluun
- **SSM (Soft Systems Methodology)** keskustelujen jäsentelyyn ja ongelmasta oppimiseen
- **Sidosryhmäanalyysi (Stakeholder Analysis)** relevanttien sidosryhmien tunnistamiseen
- **Strateginen valinta (Strategic Choice Approach)** ongelman taustaoletusten tarkasteluun ja huomioon ottamiseen strategisessa päätöksenteossa
- **SODA (Strategic Options Development and Analysis)** strategioiden tarkasteluun yhteisen graafisen esityksen avulla
- **SWOT-analyysi (Strengths–Vahvuudet, Weaknesses–Heikkoudet, Opportunities–Mahdollisuudet, Threats–Uhat)** ongelman vaikuttavien ulkoisten ja sisäisten elementtien tunnistamiseen

Emme tässä raportissa käy menetelmiä tarkemmin läpi, mutta tarkemmat kuvaukset niistä löytyy esimerkiksi edellä mainitusta Marttunen ym. (2017) artikkelista. Ominaispiirteenä kaikissa on kuitenkin järjestelmällinen prosessi, jossa tunnistetaan ongelman eri elementit ja niiden väliset vuorovaikutukset. Prosessia voidaan kuvata esimerkiksi jollain akronyymillä, joka auttaa muistamaan, mitä kaikkea tulee hyvässä päätöksentekoprosessissa ottaa huomioon. Esimerkki tällaisesta on Checklandin (1981) SSM:n yhteydessä esittämä **CATWOE**-analyysi, jonka mukaan ongelman ratkaisussa on tarpeen tunnistaa ja ottaa huomioon seuraavat tekijät: **C**ustomers (asiakkaat), **A**ctors (toimijat), **T**ransformation (systeemissä tapahtuva muutosprosessi), **W**orldview (laajempi maailmankuva), **O**wners (päättövallan haltijat) ja **E**nvironment (ympäristön rajoitteet).

Visuaaliset ongelmakokonaisuutta jäsentävät menetelmät voivat myös edistää ongelman hahmottamista, ja niillä voidaan varmistaa, että keskitytään ylipäänsä oikeaan ongelmaan. Esimerkiksi kognitiivisten karttojen (Cognitive Mapping; Eden, 1994) tuottaman ongelmatilanteen kuvauksen avulla ongelmanomistajat saavat usein paremman käsityksen omista ja muiden tavoitteista sekä siitä, mitä ongelman suhteen voidaan ja mitä ei voida tehdä. Yhteisen näkemyksen muodostamisessa ne ovat myös osoittautuneet hyödyllisiksi.

SysteemiHiili-hankkeessa ilmastonmuutoksen moninaiset kytkökset ja ongelman moniulotteisuus ovat juuri niitä tekijöitä, joiden jäsentelyyn PSM-menetelmät antavat työkaluja. Työpakettien 1–3 sisällä kytkökset ja vaikutukset tunnetaan jo melko hyvin, ja niitä on aihepiirien kirjallisuudessa käsitelty paljon. Sen sijaan työpakettien 1–3 välisten kytkösten tunnistamiseen, ja myös työpaketteihin liittyvien sosiaalisten ja taloudellisten tekijöiden tarkasteluun menetelmistä voi olla hyötyä.

Jäsennelty päätöksenteko (Structured Decision Making – SDM) (Gregory ym., 2012) on lähestymistapa, jossa ongelman jäsentelyn lisäksi arvioidaan vaihtoehtojen vaikutuksia ja lopuksi tehdään

kokonaisvaltainen synteesi näistä. Alkuosan ongelman tunnistamiseen voidaan hyödyntää edellä mainittujen PSM-menetelmiä, kun taas loppuosassa hyödynnetään usein päätösanalyysimenetelmiä (Decision Analytical Methods – DA), joista tarkemmin lisää kappaleessa. Tässä esitetyn tavan lisäksi, monet muut ovat esittäneet vastaavia jäsenneltyjä prosesseja (esim. Kirkwood, 1997; Clemen, 2013), jotka kuitenkin pääpiirteissään vastaavat tässä esitettyä jäsentelyä.

Yksityiskohtaisemmin SDM:n vaiheet ovat seuraavat:

- 1) **Suunnittelutilanteen hahmotus.** Antaa suuntaviivat koko prosessin toteutukselle. Esimerkiksi eri osapuolilla voi olla erilaisia näkemyksiä siitä, mikä on ratkaisun vaativa ongelma tai ongelman määrittämiseen voi myös liittyä kysymyksiä ja valintoja, joita ei ole aiemmin edes tiedostettu.
- 2) **Tavoitteiden tunnistaminen ja mittarien määrittäminen.** Ohjaa huomiota keinoista siihen, mitä päätöksentekijät tai eri sidosryhmät pitävät tärkeänä ja tavoittelemisen arvoisena. Mittarien avulla kuvataan, kuinka hyvin vaihtoehdot edistävät tavoitteiden saavuttamista.
- 3) **Vaihtoehtojen luominen.** Vaihtoehdot ovat erilaisia keinoja tavoitteiden saavuttamiseen. Tilanteesta riippuen vaihtoehtojen joukko voi olla määritelty hyvin jo ongelman asettelussa, mutta aina ennalta määriteltävissä olevaa luonnollista vaihtoehtojoukkoa ei ole, jolloin vaihtoehdot muodostetaan prosessin aikana.
- 4) **Vaihtoehtojen arviointi.** Vaihtoehtojen vaikutuksia arvioidaan kaikkien olennaisten tavoitteiden suhteen hyödyntämällä asetettuja mittareita.
- 5) **Preferenssien määrittäminen ja vaihtoehdon valinta.** Selvitetään eri osapuolten näkemykset ja arvostukset esimerkiksi työpajatyöskentelyllä, haastatteluilla tai kyselyillä. Riippuen tarkastelun tavoitteista tuotoksena voi olla esimerkiksi läpinäkyvä analyysi vaihtoehtojen kokonaisvaikutuksista tai suositus jonkin tarkastellun vaihtoehdon toteuttamiselle. Vaihtoehtotarkastelun tuottaman tiedon ja ymmärryksen perusteella voidaan myös esimerkiksi ehdottaa täysin uuden vaihtoehdon toteuttamista.
- 6) **Toteutus, seuranta ja arviointi.** Prosessin avulla voidaan analysoida päätöstilannetta, mutta varsinainen tulosten täytäntöönpano riippuu sen sijaan usein asianomaisesta instanssista ja sen toimintatavoista ja rajoitteista. Jatkuvuuden kannalta on kuitenkin olennaista, että toteutukseen kytketään kiinteästi mukaan myös onnistumisen seuranta ja sen arviointi.

Prosessi on tyypillisesti iteratiivinen, ja suunnittelun edetessä tulee usein esille asioita, joiden vuoksi johonkin aiempaan vaiheeseen on tarvetta palata uudestaan. Se on myös joustava siinä mielessä, että eri vaiheiden toteutuksessa voidaan hyödyntää käytännössä kaikkia tässä raportissa kuvattuja menetelmäperheitä joko suoraan tai ammentamalla näistä hyviä käytäntöjä prosessin läpiviemiseen.

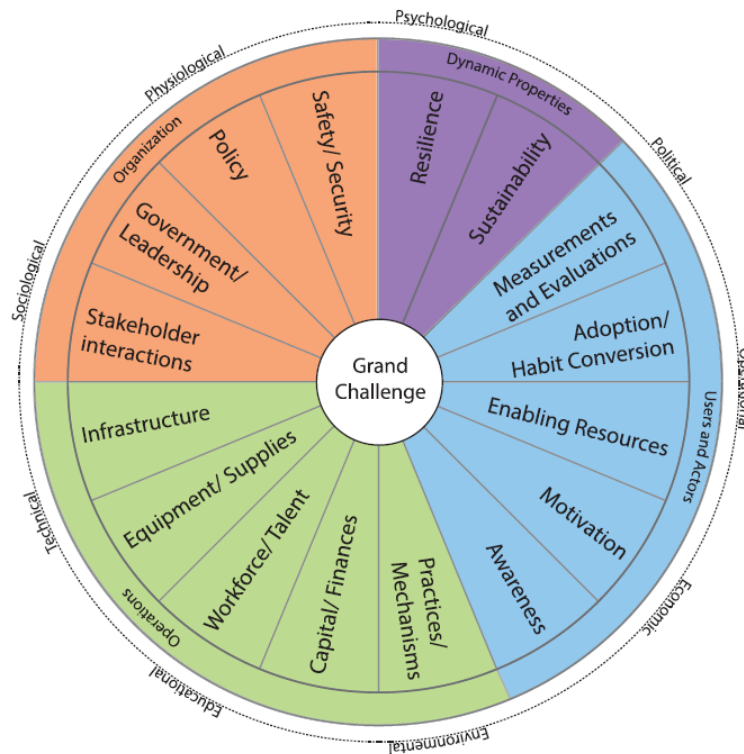
SDM-kehikkoa on ajateltu käytettävän selkärankana TP4:ssä tehtäville tarkasteluille ja työpaketissa tuotettavalle viitekehykselle. SDM:n vahvuus on siinä, että se antaa yleiset suuntaviivat tarkasteluille, mutta sallii joustavasti erilaisten menetelmien ja myös muiden viitekehysten hyödyntämisen osana tarkasteluita. Esimerkiksi kaikki tässä raportissa tarkasteltavat menetelmät ovat sovitettavissa osaksi SDM-kehikkoa.

3.1.2. Kokonaisuuden hallintaa tukevat generiset viitekehykset

Kokonaisuuden hallintaa tukevia generisiä viitekehyskäytäntöjä tarkasteltiin muutamia. Yleisesti ottaen generisyys voidaan nähdä vahvuutena, mutta heikkoutena voi olla, että ne eivät anna tarpeeksi konkreettista asian käsittelyyn.

Comprehensive Success Factor Analysis (CSFA) for Grand Challenges (Sinfield ym., 2020) tarjoaa iteratiivisen prosessin suuriin yhteiskunnallisiin ongelmiin liittyvän tiedon löytämiseen ja jäsentelyyn. Viitekehikossa on tunnistettu 16 yleismaailmallisiin haasteisiin liittyvää aihealuetta, jotka on jaoteltu neljään ylemmän tason kategoriaan (organisaatioon, toimintoihin, käyttäjiin ja dynaamisiin ad-hoc -muuttujiin liittyvät aihealueet), jotka edelleen voidaan jaotella yhdeksään tarkastelunäkökulmaan (fyysinen, psykologinen, poliittinen, toiminnallinen, taloudellinen, ympäristöllinen, opetuksellinen, tekninen, sosiologinen) (Kuva 2).

CSFA:n tarjoama viitekehys toimii muistilistana sille, mitä kaikkia asioita tulee ottaa huomioon suurten yhteiskunnallisten ongelmien ratkaisemisessa, mikä edesauttaa rikkaamman kokonaiskuvan saavuttamista ongelmasta. Lisäksi se auttaa jäsentämään ongelmiin liittyviä asioita järjestelmällisesti eri yläkohtien alle, mikä puolestaan edesauttaa asiapitoista keskustelua asioista ja keskustelun fokuoimista merkittäviin asioihin, ja näiden myötä edistää tietoon perustuvaa innovatiivista päätöksentekoa. Viitekehys toimii parhaiten osallistamalla sidosryhmät mukaan prosessiin.



Kuva 2. CSFA:n tarjoama viitekehys suurten yhteiskunnallisten ongelmien tarkasteluun [Lähde: Sinfield ym., 2020].

SysteemiHiili-hankkeessa CSFA:ta voidaan hyödyntää tarkistuslistamaisesti osana SDM-prosessin ongelman ja sen tavoitteiden tunnistamis- ja jäsentelyvaiheita.

Planetary boundaries (Rockström ym., 2009a, 2009b) on viitekehikko, jossa on tunnistettu yhdeksän prosessia, jotka säätelevät maapallon vakautta ja resilienssiä: ilmastonmuutos, biodiversiteettikadon tahti, typen ja fosforin kierto, otsonikadon välttäminen, merien happamoituminen, globaali (makeiden) vesivarojen käyttö, muutokset maankäytössä, aerosolit ilmakehässä ja kemialliset saasteet. Ideana on antaa eräänlaiset "turvarajat" sille, että ihmiskunta voi elää kestävästi maapallolla. Käytännössä viitekehikko toimii varmistuksena sille, että jos hankkeessa tarkasteltava prosessi vaikuttaa sektoreihin, joissa raja-arvo on ylitetty (kuten ilmastonmuutos ja luontokato) tai lähellä sitä, niin silloin asiaan kannattaa kiinnittää erityistä huomiota. Kehikko on globaalisti tunnettu ja hyväksytty, mutta toisaalta herättää edelleen keskustelua.

SysteemiHiilessä käsiteltävistä aiheista viitekehikko pitää suoraan sisällään ilmastonmuutoksen ja siten myös hiilen, mutta siinä on omat sektorit myös makealle vedelle, ravinteille (typpi ja fosfori) ja maankäytölle. Koska SysteemiHiilessä jo lähtökohtana on ilmastonmuutoksen hillintä ja ravinteiden vähentäminen vesistöistä, niin tässä mielessä kehikko ei juurikaan anna lisäarvoa. Ehkä se voi toimia lähinnä viittauksena sille, että SysteemiHiilessä paneuduttavilla asioilla on globaalia merkitystä, ja tätä linkkiä voidaan hyödyntää myös viestittäessä tehtävän tutkimuksen tärkeydestä ja ajankohtaisuudesta.

3.1.3. Ilmastoviisaiden ratkaisujen hallintaa tukevat viitekehykset

Ilmastoviisaiden ratkaisujen hallintaan on kirjallisuudessa esitetty lukuisia erilaisia viitekehyksiä. Osa näistä tarjoaa apua siihen, mitä asioita kannattaa ottaa huomioon eri näkökulmista katsottuna, ja osa taas kuvaa prosessin, miten eri asioita tulee ottaa huomioon. Taulukossa 2 on kuvattu näitä viitekehyksiä ja niiden hyödyntämismahdollisuuksia *SystemeHiilessä*.

Taulukko 2. Viitekehyksiä ilmastoviisaiden ratkaisujen hallintaan ja niiden hyödyntämismahdollisuuksia *SystemeHiilessä*

Viitekehys	Kuvaus	Hyödyntämismahdollisuudet <i>SystemeHiilessä</i>
Addressing the risk of maladaptation to climate change (Magnan ym., 2016)	Yhdistää erilaisia kehikoita ja keskiössä sopeutumisen neljä pääteemaa: prosessi, lukuisat ajurit sekä ajalliset ja maantieteelliset ulottuvuudet. Kuvaa myös kolme esimerkkiä erityyppisistä viitekehysistä: polkulähtöinen, varovaisuusperiaatteeseen perustuva ja arvioinnin viitekehys.	- Tukea eri ulottuvuuksien huomioon ottamiseen
The tools of climate adaptation policy (Henstra ym., 2016)	Tunnistaa neljä keskeistä resurssia, jotka vaikuttavat ilmastonmuutokseen sopeutumiseen (pirstoutuneisuus, viranomaiset, varat, organisaatio) ja analysoi näitä. Jokaisen kohdalla esitetään erilaisiin politiikkainstrumentteja niiden hallintaan ja kuvataan esimerkkejä näiden soveltamisesta.	- Lähinnä hallinnon menetelmien arviointiin, mutta näiden osalta voi antaa tukea ja uusia ajatuksia
Climate change risk-uncertainty-decisionmaking framework (Willows ym., 2003)	Artikkeli esittelee päätösanalyysiin perustuvan lähestymistavan, jossa kahdeksan vaihetta: 1) Ongelman ja tavoitteiden tunnistus, 2) Kriteerien määrittäminen, 3) Riskien arviointi, 4) Vaihtoehtojen tunnistaminen, 5) Vaihtoehtojen arviointi, 6) Päätöksenteko, 7) Päätöksen toteutus, 8) Seuranta ja prosessin arviointi.	- Itse prosessi on ”perus-SDM:ää”, mutta raportissa on melko kattavasti selostettu sen käyttö - Käyttö havainnollistettu esittelemällä kuvia, matriiseja ja joitakin esimerkkejä
An assessment framework for climate-proof nature-based solutions (Calliari ym., 2019)	Esittelee luontopohjaisten ratkaisujen arviointiin prosessin, joka perustuu adaptiivisen hallinnan periaatteeseen tulevaisuuden ilmastoskenaarioissa. Prosessissa on 9 selkeää vaihetta jaettuna visiointi, ”backcasting”, ja kvantifiointi/valinta -pääkohtien alle. Viitekehyksessä arvioidaan sekä suoria että epäsuoria vaikutuksia.	- Havainnollistava esimerkki systeemianalyysin ja backcastingin soveltamisesta ilmastoskenaarioiden tarkasteluun
Adaptation Support Tool (AST) of EU Climate Adapt	AST on käytännöllinen työkalu tukemaan kansallisen tason politiikantekijöitä ja koordinaattoreita kehittämään, toteuttamaan, seuraamaan ja arvioimaan ilmastonmuutokseen sopeutumisen strategioita ja suunnitelmia. AST tarjoaa sekä käsikirjatyyppisiä ohjeistoja että kuvaa eri vaiheita tukevia työkaluja (https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/adaptation-support-tool)	- Havainnollistava esimerkki SDM-tyyppisen prosessin soveltamisesta ilmastonmuutoksen sopeutumiseen
A framework for analyzing climate change adaptations as actions (Eisenack & Stecker, 2012)	Viitekehys keskittyy sopeutumiseen liittyviin toimijoihin (esim. altistuva yksikkö, operoija and sopeutumisen kohde) ja niiden välisiin suhteisiin sekä siihen, mitkä esteet hankaloittavat sopeutumistoimenpiteiden toteuttamista. Viitekehys yhdistää tieteelliset toimijateoriat IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change) käyttämän terminologian kanssa.	- Viitekehys on aika abstraktilla tasolla, ja ei ehkä tarjoa käytäntöön hirveästi lisäarvoa
BASE Evaluation Criteria for Climate Adaptation (BECCA) (Weiland & Tröltzsch, 2015)	Viitekehys, joka tarjoaa kriteereitä ilmastonmuutokseen sopeutumisen arviointiin ja ohjeiston näiden käyttöön. Sopeutumistoimenpiteiden arviointiin liittyvät kriteerit on jaettu seitsemään kategoriaan (vaikuttavuus, tehokkuus, tasapuolisuus, sivuvaikutukset, hyväksyttävyyys, koherenssi, vakaus) ja prosessin arviointiin liittyvät kriteerit kuuteen kategoriaan (mukautumiskyky, riippuvuudet, toimitettavuus ja käypyyys, joustavuus, osallistavuus, oppimiskyky).	- Tarjoaa hyvän kehikon ja kriteeristön sekä toimenpiteiden että niiden soveltamisprosessin arviointiin

Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures	Adaptation Policy Framework tarjoaa tavan tunnistaa ja arvioida integroituja toimenpiteitä ilmastomuutoksen sopeutumiseksi. Se perustuu neljän peruseriaatteen ympärille: 1) sekä lyhyt että pitkäaikaisten vaikutusten ottaminen huomioon, 2) toimenpiteet yhteiskunnan eri tasoilla, 3) toimenpiteiden konteksti, 4) sidosryhmien osallistaminen. Se tarjoaa SDM-tyyppisen kahdeksanvaiheisen prosessin näiden tukemiseen ja kattavan ohjeiston prosessin toteuttamiseen. https://www.preventionweb.net/files/7995_APF.pdf	- Tarjoaa paljon käytännön vinkkejä prosessin toteuttamiseen
---	--	--

3.2. Vaihtoehtoisia tarkasteluympäristöjä/näkökulmia tarkasteluun

Jostain tulokulmasta asiaa katsovat tarkastelut voidaan jakaa tulokulman mukaisesti eri luokkiin. SysteemiHiili-hankkeen osalta tunnistettiin neljä eri tulokulmaa, joiden kannalta asiaa tarkastelevat viitekehukset voivat tuoda tukea hankkeen tarkasteluihin (Taulukko 3):

- **Kokonaiskestävyys:** Tavoitteena on tuottaa kestävällä pohjalla olevia ratkaisuja, jotka ottavat huomioon eri kestävyysnäkökulmat mukaan lukien sosiaalinen, taloudellinen ja ekologinen kestävyys.
- **Kokonaisturvallisuus:** Tavoitteena on turvallisuuden näkökulmasta katsoa, että kaikki olennainen tulee otettua huomioon tarkasteluissa. Kehikot voidaan edelleen jakaa substanssin mukaan, esim. ilmastoturvallisuus, vesiturvallisuus, ruokaturva, energiaturvallisuus ja resilienssi.
- **Kustannustehokkuus:** Tavoitteena on suhteuttaa toimenpiteistä saatavat hyödyt niiden kustannuksiin ja tältä pohjalta etsiä ratkaisuja, jotka tuottavat eniten hyötyä suhteessa käytettyihin resursseihin.
- **Elinkaariajattelu:** Tavoitteena on katsoa toimenpiteiden hyötyjä ja haittoja koko toimenpiteen elinkaaren ajalta. Elinkaariajattelua hyödynnetään usein esimerkiksi tuotekehityksessä, jolloin mukaan lasketaan tuotteen tuotanto- ja käyttövaikutusten lisäksi myös tuotteen kehitystyön ja käytöstä poiston vaikutukset.

Vaikka tarkastelut tehdään tietystä näkökulmasta, niin viitekehyksissä voi usein olla integroituna myös yleisiä ongelmien hahmottamista ja jäsentelyä tukevia elementtejä.

Taulukko 3. Eri tulokulmasta asiaa tarkastelevia viitekehysä

Viitekehys	Kuvaus	Hyödyntämismahdollisuudet SysteemiHiili-hankkeessa
Kokonaiskestävyys		
Kestävän kehityksen tavoitteet (SDG)	17 päämäärästä (goal) ja 169 yksityiskohtaisemmasta tavoitteesta (target) muodostuva kehikko tukemaan kestävyden arviointia	- Kestävyyden eri osa-alueiden tunnistaminen - Mahdollisia indikaattoreita kestävyystavoitteiden arviointiin
Nexus-lähestymistapa	Jäsennelty tapa yhdistää esimerkiksi vesienhallinta sekä energian- ja ruoantuotanto toisiinsa ja tukea näiden välisten monimutkaisten kytkösten ymmärtämistä ja hallintaa	- Ilmaston, vesien tilan, biodiversiteetin ja huoltovarmuuden välisten kytkösten tuominen tarkasteluiden keskiöön
Vesi/hiilijalanjälki-konsepti	Vedenkulutuksen ja hiilipäästöjen kokonaislaskenta ottaen huomioon myös kaikki välilliset vaikutukset	- Hiilen osalta ei välttämättä juuri hyötyä, kun laskenta vastaa muutenkin SysteemiHiili-hankkeessa tehtävää laskentaa - Vesien osalta ei myöskään, sillä fokus on määrässä, kun taas SysteemiHiili-hankkeessa pikemminkin laadussa
Ekosysteemi-palvelu-lähestymistapa	Kehikko ekosysteemien tarjoamien palveluiden tunnistamiseen ja niiden linkittämiseen ihmisen hyvinvointiin	- Ekosysteemien tarjoamien palveluiden (etenkin tuotanto- ja kulttuuripalvelut) tunnistaminen

Integroitu vesivarojen hallinta (IWRM)	Prosessi, joka tarjoaa polun vesivarojen käytön kestävään hallintaa sekä työkalupakin menetelmistä erityyppisten arviointien tukemiseksi	- Työkalupakki antaa vinkkejä, mitä menetelmiä ja miten niitä kannattaisi hyödyntää vesinäkökulmasta katsoen
Kokonaisturvallisuus		
Winlandin vesiturvallisuus-kehikko (Marttunen ym., 2019)	Lähestymistapa vesiturvallisuutta parantavien toimenpiteiden kohdentamiseen, keskustelujen jäsentämiseen ja kehittämiskohteiden tunnistamiseen	- Järjestelmällinen lähestymistapa kytkösten ja tulevaisuuden trendien tunnistamiseen ja arviointiin - Kehikossa tunnistetut tavoitteet ja tekijät voivat toimia tarkistuslistana tunnistettaessa arvioinnissa huomioonotettavia tekijöitä
Resilienssi-matriisi (Linkov ym., 2013a, 2013b)	Menetelmä järjestelmän resilienssin arviointiin häiriönhallintasyklin eri vaiheissa ja ulottuvuuksissa	- Varautumisen arviointi ilmastonmuutoksen aiheuttamiin häiriötilanteisiin (esim. tulvat) - Resilienssijattelun tuominen mukaan valuma-alue- ja ilmastosuunnitelmiin
Alueellisen turvallisuuden tila (ATT) -malli	Turvallisuusympäristön muutoksen seurantaan perustuva malli tukemaan alueellista turvallisuussuunnittelua sekä varautumista häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin	- Mallissa esitettyjä indikaattoreita voidaan hyödyntää tukemaan vaikutusten arviointia
Sendai disaster risk reduction framework	YK:n jäsenvaltioiden sopima kehityssuunnitelma ja toimenpiteitä maailmanlaajuisiin katastrofeihin liittyvien riskien vähentämiseksi koskien esim. ihmishenkien menetyksiä, elinkeinoja, terveyttä, taloutta, kulttuuria. Toimii käsi kädessä muiden Agenda 2030:n sopimusten kanssa (mm. Pariisin sopimus ja SDG-kehikko).	- Lähinnä taustalla huomioon otettavana ohjaavana kehikkona
Kustannustehokkuus		
Kustannus-hyöty -analyysi (CBA)	Menetelmä toimenpiteiden kustannustehokkuuden arviointiin rahamitallistettujen hyötyjen ja kustannusten avulla.	- Rahamitallistamisen menetelmät voivat tarjota tapoja erityyppisten vaikutusten kvantifiointiin
Carbon-Benefits Project (CBP) -tools	CBA-pohjaisia työkaluja maatalouden, metsätalouden ja muiden maankäyttömuotojen hiilivarastojen ja kasvihuonekaasupäästöjen arviointiin	- Vinkkejä siihen, miten CBA:ta tulisi soveltaa ilmastonmuutostarkasteluissa
Elinkaariajattelu		
Elinkaariarviointi (LCA)	LCA on ISO-standardoitu prosessi, joka auttaa tarkastelemaan tuotteiden ympäristö- ja muita vaikutuksia koko sen elinkaaren ajalta lähtien raaka-aineiden tuotannosta ja jatkuen aina tuotteen käytöstä poistoon.	- Sellaisenaan melko raskas toteuttaa, mutta voi antaa tukea siihen, miten yksittäisiä vaikutusten voidaan arvioida kokonaisvaltaisemmin siten, että koko elinkaari tulee otettua huomioon
Sosiaalinen LCA	LCA:n laajennus siten, että otetaan myös sosiaaliset vaikutukset huomioon	- Sama kuin LCA:n osalta

3.2.1. Kokonaiskestävyys

Kokonaiskestävyyden hallintaan on eri tasolla olevia viitekehyksiä, joista useimpia voidaan soveltaa niin paikallisella ja alueellisella kuin kansallisella tai globaalilla tasollakin.

Kestävän kehityksen tavoitteet (Sustainable Development Goals – SDG) -konsepti on YK:n Agenda 2030:n yhteydessä luoma tavoitetila kestäväille kehitykselle (UN, 2015). Se koostuu 17 niin sanotusta päämäärästä (Goals) (Kuva 3), jotka on jaettu 169 yksityiskohtaisempaan tavoitteeseen (targets) ja 231 näiden mittaamiseen käytettävään indikaattoriin. Kehikon tavoitteena on asettaa globaali tavoitetila eri osa-alueille (esim. ei köyhyyttä, laadukas koulutus, jne.) ja tuottaa menetelmiä ja mittareita kehityksen seurantaan ja arviointiin.



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

17 GOALS TO TRANSFORM OUR WORLD



Kuva 3. Kestävän kehityksen tavoitteiden 17 päämäärää (Sustainable Development Goals) [Lähde: <https://www.un.org/sustainabledevelopment>]

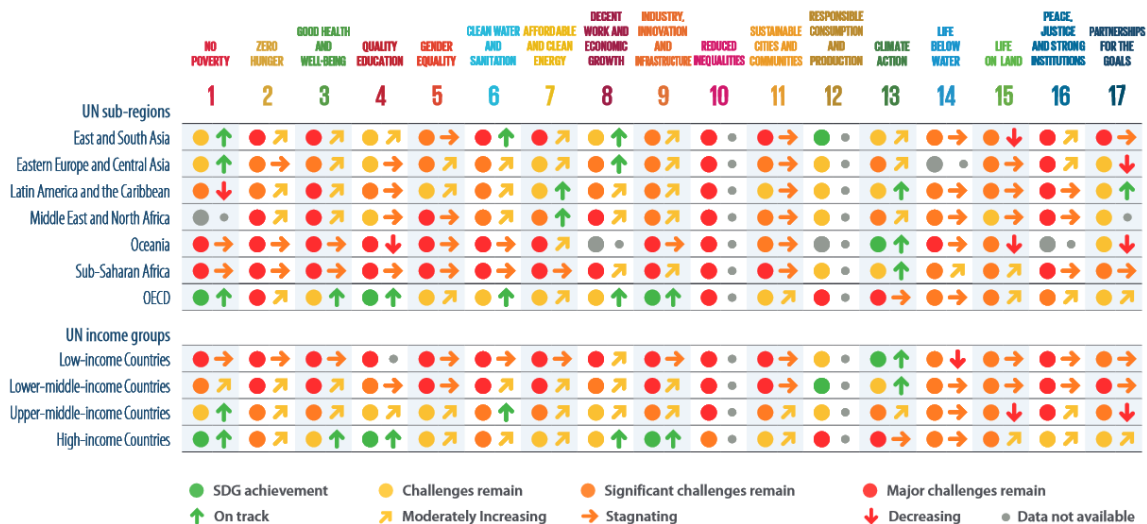
SDG-kehikko kattaa laaja-alaisesti kestävyiden osa-alueet ja SDG-tavoitteita voidaan käyttää esim. tarkistuslistana varmistamaan, että kaikki olennaiset asiat tulevat huomioitua, tai viitekehystenä linkittämään esim. paikallisia tavoitteita globaalien tavoitteiden kanssa. Konsepti itsessään ei kuvaa mitään prosessia tavoitteiden käsittelyyn, mutta kirjallisuudessa on esitetty erilaisia menetelmiä esim. tavoitteiden välisten kytkösten tunnistamiseen. Esimerkiksi Nilsson ym. (2016) ovat esitelleet seitsenportaisen asteikon, jossa positiiviset arvot kuvaavat toisiaan voimistavia kytköksiä ja negatiiviset arvot toisiaan heikentäviä kytköksiä (Kuva 4).

SDG-päämäärät ja tavoitteet ovat globaalisti melko abstrakteja, mutta mittarien kautta niiden saavuttaminen konkretisoituu. Viitekehys itsessään ei tarjoa menetelmiä osallistamiseen, mutta sovelluksissa voidaan hyödyntää yleisiä osallistamisen menetelmiä. Kirjallisuudessa käytetään paljon erilaisia piirakkakaavioita ja kuvaajia tavoitteiden saavuttamistason havainnollistamiseen ja esimerkiksi eri maiden välisiin vertailuihin. Esimerkiksi kuvassa 5 on esitetty Sachsin ym. (2020) kehittämään SDG-indeksiin perustuvat arviot SDG-tavoitteiden saavuttamisen tämänhetkisestä tilasta ja tilamuutoksen suunnasta eri maantieteellisillä alueilla ja eri tuloluokan omaavissa maissa.

SysteemiHiili-hankkeessa kehikon lähestymistapa voidaan hyödyntää ongelman tunnistamisessa ja jäsentelyssä tukemaan eri kestävyiden osa-alueiden jäsentelyä ja varmistamaan, että kaikki asiat tulevat otettua huomioon tarkasteluissa. Mittarit ovat globaalilla tasolla määriteltyjä, mutta eivät sellaisenaan välttämättä sovellu Suomen tason tarkasteluihin (esim. köyhyyden raja 1.25 \$/päivä). Kokonaan sovellettuna kehikko voi olla raskas, mutta siitä voidaan poimia soveltuvat osa-alueet.

GOALS SCORING			
The influence of one Sustainable Development Goal or target on another can be summarized with this simple scale.			
Interaction	Name	Explanation	Example
+3	Indivisible	Inextricably linked to the achievement of another goal.	Ending all forms of discrimination against women and girls is indivisible from ensuring women's full and effective participation and equal opportunities for leadership.
+2	Reinforcing	Aids the achievement of another goal.	Providing access to electricity reinforces water-pumping and irrigation systems. Strengthening the capacity to adapt to climate-related hazards reduces losses caused by disasters.
+1	Enabling	Creates conditions that further another goal.	Providing electricity access in rural homes enables education, because it makes it possible to do homework at night with electric lighting.
0	Consistent	No significant positive or negative interactions.	Ensuring education for all does not interact significantly with infrastructure development or conservation of ocean ecosystems.
-1	Constraining	Limits options on another goal.	Improved water efficiency can constrain agricultural irrigation. Reducing climate change can constrain the options for energy access.
-2	Counteracting	Clashes with another goal.	Boosting consumption for growth can counteract waste reduction and climate mitigation.
-3	Cancelling	Makes it impossible to reach another goal.	Fully ensuring public transparency and democratic accountability cannot be combined with national-security goals. Full protection of natural reserves excludes public access for recreation.

Kuva 4. Asteikko positiivisten ja negatiivisten kytkösten arviointiin eri SDG-tavoitteiden välillä [Lähde: Nilsson ym., 2016].



Kuva 5. SDG-indeksiin perustuvat arviot SDG-tavoitteiden saavuttamisen tähänhetkisestä tilasta ja tilamuutoksen suunnasta eri maantieteellisillä alueilla ja eri tuloluokan omaavissa maissa [Lähde: Sachs ym., 2020]

Nexus-lähestymistavan tavoitteena on tarjota jäsenelty tapa yhdistää vesienhallinta sekä energian- ja ruoantuotanto toisiinsa ja tukea näiden välisten monimutkaisten kytkösten ymmärtämistä ja hallintaa. Tavoitteena on tukea etenkin eri dimensioiden välisten synergioiden ja "trade-offien" tunnistamista ja

tämän myötä nähdä vesi–energia–ruoka -nexus (eli ”yhteysverkosto”) yhtenä kokonaisuutena. Nexus yhdistetään usein politiikkatason tarkasteluihin, jolloin eri sektoreiden väliset politiikat nousevat keskiöön ja varsinaisten ratkaisukeinojen sijasta voidaan keskittyä ratkaisujen edistämistä tukeviin ohjauskeinoihin. Nexus melko laajasti tunnettu ja käytetty ja tarkasteluihin voida vesi–energia–ruoka-nexuksen lisäksi ottaa myös muita tekijöitä, esim. metsät, ilmasto, biodiversiteetti tai terveys.

Lähestymistapa itsessään ei kuvaa mitään prosessia, mutta nexuksen linkkien ja kompleksisuuden analysointiin on useita kehikoita. Esimerkiksi Papadopoulos ym. (2020) ovat esittäneen nexus-prosessin seuraavasti:

1. Ongelman tunnistaminen/Olennaiset tutkimuskysymykset
2. Sidosryhmien tunnistaminen
3. Poliitikkojen kartoittaminen – Tavoitteet ja keinot/ohjauskeino
4. ”Nexus-kriittisten” tavoitteiden ja ohjauskeinojen tunnistaminen
5. Nexus-koherentin politiikan arviointi sidosryhmien kanssa

Nexus itsessään on melko abstrakti, mutta sovellukset (kuten Papadopoulos ym., 2020) usein melko selkeitä. Kytkösten tunnistamiseen voidaan hyödyntää myös erilaisia PSM-menetelmiä, mukaan lukien erilaiset vaikutuskaaviot ja muut tavat havainnollistaa yhteyksiä ja niiden voimakkuutta.

SysteemiHiili-hankkeen kannalta nexuksen lisäarvo on kytkösten tuominen tarkasteluiden keskiöön, mikä etenkin työpakettien 1–3 välisten arviointien kannalta on olennaista. Sen sijaan nexuksen alla esitetyt prosessit ovat hyvin samantyyppisiä kuin SDM-prosessi, eivätkä sen suhteen tuo juuri lisäarvoa.

Vesijalanjälki on alun perin Arjen Hoekstran (2003) lanseeraama elinkaariajatteluun perustuva konsepti ja standardoitu laskentaprosessi veden kokonaiskulutuksen laskentaan ottaen huomioon kaikki toimintojen välilliset vaikutukset. Sitä voidaan soveltaa niin yksilötason kuin esimerkiksi eri maiden veden kokonaiskulutuksen laskentaan. Vesijalanjälkilaskuri on sisällytetty muun muassa vesi.fi -sivustolle. **Hiilijalanjälki** (esim. Wiedmann ja Minx, 2007) on vastaava konsepti, jossa lasketaan yksilön, tapahtuman, organisaation, palvelun tai paikan kasvihuonepäästöjen kokonaissumma koko elinkaaren ajalta muunnettuna CO₂-ekvivalentiksi.

Sekä vesi- että hiilijalanjälki ovat molemmat tunnettuja konsepteja, ja molemmille on olemassa omat standardinsa. Jalanjäljet eivät kuitenkaan toimi ihan samalla logiikalla, esimerkiksi vesijalanjäljessä suuri kulutus ei välttämättä ole ongelma, jos alueella ei vesipulaa, kun taas hiilijalanjäljessä ilmakehän hiili on paikkariippumatonta. Itse tulos on myös helppo ymmärtää, joskin mistä ja miten se saadaan voi olla abstraktia. Erilaiset piirakka- ja pylväsdiagrammit ovat yleisiä ja havainnollisia tapoja hahmottaa tuloksia ja havainnollistaa etenkin piiloon jäävää vedenkulutusta maan rajojen ulkopuolella.

SysteemiHiili-hankkeessa hiileen liittyvä laskenta tehdään arvioimalla ilmakehän hiilipäästöjä, ja hiilijalanjälki käyttää samaa logiikkaa, joten tässä suhteessa sen tuoma lisäarvo on vähäinen. Vesijalanjälki-konseptia voidaan sen sijaan käyttää tukemaan paikallisten vesistövaikutusten lisäksi myös muualla tapahtuvien vaikutusten huomioon ottamista. Tosin kun konsepti keskittyy veden laadun sijasta määrään niin tässäkin tapauksessa se ei SysteemiHiili-hankkeen osalta ole kovin relevantti.

Ekosysteemipalvelu-kehikon tavoitteena on tarjota apua ekosysteemien tarjoamien palveluiden tunnistamiseen ja niiden linkittämiseen ihmisen hyvinvointiin (Costanza ym., 1997; Daily, 1997). Palvelut esitetään usein hierarkiamaisena jäsentelyä (esim. CICES, 2013), jossa ylimmällä tasolla on eri palveluluokat: tuotantopalvelut, säätely- ja tukipalvelut, ja alimmalla tasolla itse konkreettiset palvelut (esim. puhdas juomavesi, hiilen sidonta, virkistyskäyttö). Kehikon tarkoituksena on tämän jäsentelyn kautta auttaa ymmärtämään ekosysteemien tarjoamien palveluiden moninaisuutta ja ottamaan huomioon myös ei-intuitiivisesti ajateltavissa olevat palvelut huomioon.

Itsessään ekosysteemipalvelu-konsepti ei ole mikään normatiivinen prosessi tai työkalu, vaan pikemminkin yleinen kehikko erilaisten näkemysten yhdistämiselle (Ainscough ym., 2019). Toki sitä voidaan hyödyntää osana jotain jäsenneilyä prosessia, ja parhaimmillaan prosessi ottaa huomioon eri

palveluiden väliset kytkökset ja tietopohjat ja erilaisten sidosryhmien näkemykset asioista ja näiden perusteella tunnistaa parhaat toimintatavat alueelle.

SysteemiHiili-hankkeessa ekosysteemipalvelu-kehikkoa voidaan hyödyntää samaan tapaan kuin SDG-kehikkoa, eli ongelman elementtien tunnistamisessa ja jäsentelyssä sekä varmistamaan, että kaikki asiat tulevat otettua huomioon tarkasteluissa. SysteemiHiilessä työpakettien 1–3 fokus on säätelypalveluissa (esimerkiksi hiilen sidonta ja talteenotto), mutta etenkin välillisten tuotantopalveluiden ja kulttuuripalveluiden tunnistamisessa ekosysteemipalvelukehikosta voi olla hyötyä. Kehikosta on kuitenkin otettava huomioon, että näkökulmana siinä on ympäristö ja sen tarjoamat palvelut, mutta sosiaalisten ja taloudellisten tekijöiden osalta kehikko ei välttämättä auta tunnistamaan kaikkia olennaisia.

Integroitu vesivarojen hallinta (Integrated Water Resources Management – IWRM) on prosessi, joka edistää vesien, maankäytön ja näihin liittyvien resurssien koordinoitua hallintaa siten, että kestäväällä tavalla maksimoidaan taloudellista ja sosiaalista hyvinvointia (esim. Rahaman ja Varis, 2005). Kyseessä on melko konkreettinen ja holistinen lähestymistapa kestävään vesivarojen hallintaan siten, että ympäristö, instituutiot ja vesienhallintamenetelmät tulevat kaikki huomioitua päätöksenteossa.

Prosessin tukemiseksi on olemassa paljon käytännönläheisiä oppaita ja työkaluja, muun muassa 60 työkalun ”IWRM-toolbox” -työkalupakki (https://www.gwp.org/en/learn/iwr-toolbox/About_IWRM_ToolBox/). Prosessi on myös hyvin joustava ja esimerkiksi sidosryhmien osallistamiseen voidaan hyödyntää työpajoja ja yhteiskehittämistä ja vaikutusten havainnollistamiseen erilaisia vaikutuskaaviota havainnollistamaan kytköksiä ja niiden voimakkuutta. Kestävä vesivarojen hallinta on myös osa SDG-tavoitteita (SDG6), ja vaikka menetelmänä se on melko vakiintunut jo, niin on myös saanut paljon kritiikkiä osakseen.

SysteemiHiilen kannalta IWRM:ää voidaan hyödyntää esimerkiksi työkalupakkina pohdittaessa, mitä menetelmiä kannattaisi käyttää tukemaan arviointien eri vaiheita. Tosin esimerkiksi IWRM-toolboxin sisältämät työkalut ovat osin samoja, mitä tässäkin raportissa on jo käyty läpi, ja suurin työkalupakin lisäarvo on vesinäkökulman tuominen valintaan.

3.2.2. Kokonaisturvallisuus

Kokonaisturvallisuuden arviointiin on myös erityyppisiä kehikoita, joista osa kattaa kokonaisvaltaisesti turvallisuuden eri osa-alueet, kun taas osa jonkin tietyn alan turvallisuuden (esim. ilmastoturvallisuus, vesiturvallisuus, ruokaturva, energiaturvallisuus). Vaikka SysteemiHiilessä ei lähtökohtana olekaan kokonaisturvallisuus vaan pikemminkin kokonaiskestävyys, niin turvallisuuden arviointiin käytettävissä kehikoissa olevat tekijät ovat pitkälti samoja kuin kestävyysarvioinnissa. Esimerkiksi monet kestävänsä vesienhallinnan tekijät (esim. vesien ekologinen tila, haitta-aineet, monimuotoisuus) ovat vastaavia tekijöitä, joita vesiturvallisuudenkin osalta on hyvä tarkastella. Lisäksi etenkin resilienssin osalta voi turvallisuusajattelu tuoda uusia näkökulmia tarkasteluihin.

Winlandin vesiturvallisuuskehikko (Marttunen ym., 2019) on järjestelmällinen lähestymistapa vesiturvallisuuden tilan ja tulevaisuuden arviointiin, johon kehikko tarjoaa jäsennellyn arviointiprosessin ja sitä tukevan Excel-pohjaisen työkalun. Lähestymistavan erityisenä tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva vesiturvallisuuden nykytilasta ja kehityssuunnasta osatekijöittäin sekä auttaa hahmottamaan eri tekijöiden välisiä mittasuhteita. Lähestymistavassa voidaan erottaa kolme päävaihetta: i) ongelman kehystäminen, ii) vesiturvallisuuden osatekijöiden arviointi sekä iii) tulosten analysointi kokonaiskuvan luomiseksi ja kehittämiskohteiden tunnistamiseksi. Lähestymistapaa voidaan soveltaa niin valtakunnallisella kuin alueellisella tai sektorikohtaisella tasollakin.

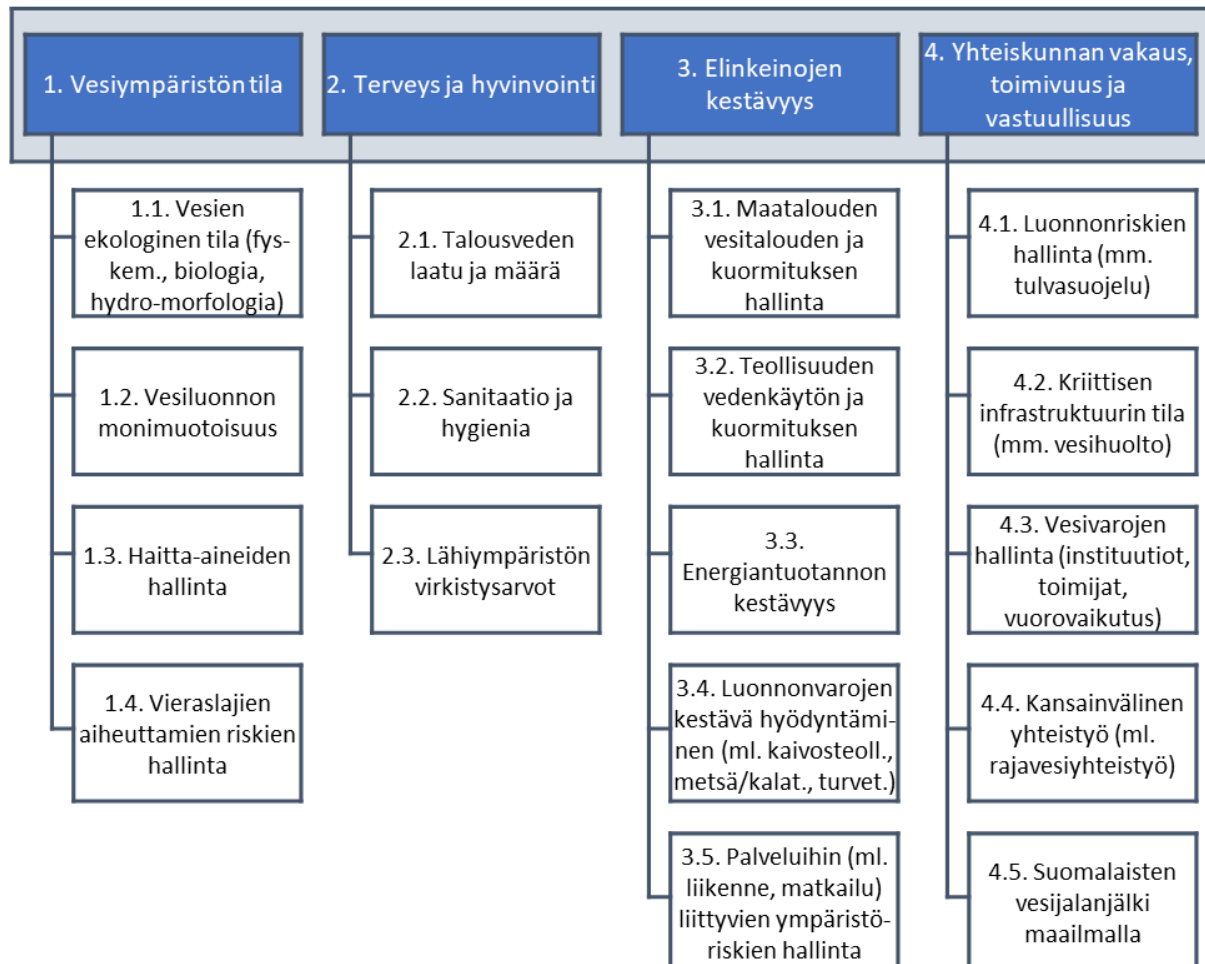
Lähestymistapaa sovellettiin Winland-hankkeessa (www.winlandtutkimus.fi) Suomen vesiturvallisuuden arviointiin, jossa tunnistettiin kaikkiaan 17 vesiturvallisuuden osatekijää, jotka jakautuvat neljän eri teeman alle: vesiympäristön tila, terveys ja hyvinvointi, elinkeinojen kestävyys, sekä yhteiskunnan vakaus, toimivuus ja vastuullisuus (Kuva 6). Jokaisen osatekijän osalta voidaan kehikon avulla arvioida seuraavia kriteereitä: i) tekijän nykytila, ii) kehitystrendi vuoteen 2030 saakka perustuen globaaleihin ja

kansallisiin ajureihin ja tunnistettuihin uhkiin, iii) kytkökset energiaturvallisuuteen ja ruokaturvaan sekä vesiturvallisuuden tekijöiden väliset sisäiset kytkökset, iv) tekijään liittyvän lainsäädännön ajankohtaisuus ja v) tiedon taso ja tutkimustarpeet sekä innovaatiomahdollisuudet.

Tehtyjen arvioiden pohjalta voidaan tuottaa jäsenelty analyysi kustakin vesiturvallisuuden osatekijästä ja tunnistaa turvallisuuden kannalta kriittiset tekijät ja kehityskohteet vesiturvallisuuden parantamiseksi. Arvioinnin tueksi laadittu Excel-työkalu koostuu välilehdistä, joissa edellä mainituilla kriteereillä arvioidaan kutakin osatekijää. Työkalun avulla arvioista voidaan tuottaa erityyppisiä raportteja ja havainnollistavia kuvaajia mukaan lukien: i) tekijäkohtaiset tilakortit, jolla kuvataan kunkin tekijän tila eri arviointitekijöiden suhteen, ii) vertailutaulukot, joihin on koottu tiedot eri osatekijöiden arvioista, iii) ruusukaaviot, joiden avulla voidaan havainnollistaa ja vertailla eri tekijöiden tilaa, iv) kaksiolotteiset taulukot, joilla voidaan luokitella ja vertailla tekijöitä kahden eri arviointitekijän suhteen.

SysteemiHiili-hankkeessa tarkasteltavat osa-alueet vastaavat osin Winland-kehikossa esitettyjä osa-alueita ja voivat antaa tukea. Ehkä eniten hyötyä Winlandin kokonaisturvallisuustarkasteluista voi kuitenkin sen jäseneltyssä tavassa tarkastella kytköksiä ja tulevaisuuden trendejä, ja tätä lähestymistavan elementtejä voitaneen hyödyntää myös SysteemiHiili-hankkeen tarkasteluissa.

Suomen vesiturvallisuuteen liittyviä tekijöitä



Kuva 6. Suomen vesiturvallisuuden keskeiset osatekijät neljään teemaan jaoteltuna

Linkovin ym. (2013a, 2013b) resilienssimatriisin tavoitteena on lisätä järjestelmän resilienssiä (häiriönsietokestävyyttä) häiriönhallintasyklin eri vaiheissa. Ideana on, että syklin jokaisessa vaiheessa (varautuminen, vaikutusten vaimentaminen, palautuminen ja oppiminen/sopeutuminen) arvioidaan varautumisen tasoa neljässä eri ulottuvuudessa (fyysinen, tiedollinen, kognitiivinen, sosiaalinen). Aluksi tunnistetaan näiden kahden dimension muodostaman matriisin (Kuva 7) jokaisessa solussa mahdollisia

uhkia ja puutteita, joiden perusteella tehdään arvio varautumisen tasosta. Tämän jälkeen arvioidaan, miten mahdollisia puutteita voidaan korjata, jotta järjestelmä olisi mahdollisimman resilientti (eli matriisin kaikki osa-alueet olisivat hallinnassa).

Matriisin on alun perin suunniteltu sovellettavaksi (semi-)kvantitatiivisesti, jolloin matriisin jokaiseen soluun tehdään numeerinen arvion varautumisen tasosta, joiden perusteella voidaan tehdä arvio järjestelmän resilienssistä yleisellä tasolla (Linkov & Trump, 2019). Sitä voidaan kuitenkin soveltaa myös kvalitatiivisemmin esimerkiksi vain arvioimalla kussakin matriisin solussa mahdollisia toimenpiteitä resilienssin parantamiseksi.

SysteemiHiili-hankkeessa fokus on ilmastonmuutoksessa, joka tapahtuu koko ajan, ja josta ei voida tunnistaa varsinaista yksittäistä häiriötapahtumaa. Sen sijaan ilmastonmuutoksen aiheuttamien erilaisten häiriötilanteiden (esim. tulvat) tarkasteluun matriisi soveltuu hyvin.

	Varautuminen häiriötilanteeseen	Häiriötilanteen vaikutusten vaimentaminen	Palautuminen häiriötilanteesta	Oppiminen häiriötilanteesta ja sopeutuminen uuteen tilanteeseen
		Häiriö-tilanne		
Fyysinen	Laitteiston, henkilöstön ja verkostojen tila ja toimintavarmuus	Häiriötapahtuman tunnistaminen ja järjestelmän toimintojen ylläpito häiriötilanteessa	Järjestelmämuutokset häiriötapahtumaa edeltävien toimintojen palauttamiseksi	Häiriötilanteen pohjalta tehtävät muutokset resilienssin parantamiseksi
Tiedollinen	Tiedon valmistelu, esittäminen, analysointi ja säilyttäminen	Toiminnallisuuden reaaliaikainen arviointi, vahinkojen ja seurannaisvaikutusten minimointi	Tiedon käyttö tukemaan palautumisprosessia ja varautumisen tilan palauttamiseen	Tiedon säilyttämisen ja sen käsittelytoimien kehittäminen
Kognitiivinen	Järjestelmän ja sen toiminnan suunnittelu ottaen erityisesti huomioon mahdolliset häiriötapahtumat	Varasuunnitelmat ja -toimintatavat häiriötilanteita varten, ennakoiva tilanteiden hallinta	Päätöksenteko ja kommunikointi palautumistilanteessa	Järjestelmän, toimintatapojen ja päätöskriteerien uudelleensuunnittelu
Sosiaalinen	Sosiaalinen verkosto ja pääoma, institutionaaliset ja kulttuuriset normit sekä valmennus	Osaavaa henkilöstöä saatavilla ja sosiaalisia käytäntöjä häiriötilanteisiin vastaamiseksi	Yhteistyö ja ymmärryksen jakaminen palautumisen jouduttamiseksi	Lisäykset ja muutokset instituutioihin, käytäntöihin, koulutukseen ja toimintakulttuuriin

Kuva 7. Linkovin ym. (2013a, 2013b) resilienssimatriisi häiriönhallintasyklin eri vaiheisiin ja ulottuvuuksiin liittyvien asioiden tunnistamiseksi.

Alueellinen turvallisuuden tila (ATT) -malli (Molarius ym., 2020) on turvallisuusympäristön muutoksen seuranta varten kehitetty malli, joka tukee alueellista turvallisuussuunnittelua sekä varautumista häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin. Se tarjoaa viitekehyksen organisoimaan turvallisuuden seurannan moniviranomaisyhteistyötä ja valitsemaan sitä varten alueelle soveltuvia turvallisuusindikaattoreita. Malli koostuu ennakointiosuudesta, jossa tunnistetaan uhkia, haavoittuvuuksia ja arvioidaan alueen resilienssiä, sekä päätöksenteko-osuudesta, jossa analysoidaan kerättyä tietoa muodostaen näkemys alueen turvallisuuden tilasta ja luodaan ratkaisuja ja sovitaan toteuttamisesta.

Malli esittelee myös muutamia arvioinnin tukemiseksi hyödynnettäviä menetelmiä (esim. SWOT-analyysi, skenaarioanalyysi ja vaikutuskaaviot), jotka ovat vastaavia, kuin kappaleessa 3.1.1 esitetyt PSM-menetelmät. Malli sisältää myös ehdotuksen määrällisiksi indikaattoreiksi, jotka on luokiteltu aiheuttajaperiaatteen mukaisesti neljään kategoriaan: luonnonilmiöt ja ympäristö, teknisten järjestelmien toiminta, inhimilliset olosuhteet sekä tahalliset haitanteot ja rikollisuus. Indikaattorit on suunniteltu siten, että niitä varten löytyy todellista dataa, ja mallin indikaattoritaulukoissa on myös kerrottu mistä data on saatavissa.

SysteemiHiili-hankkeessa mallin tuottamia indikaattoreita voidaan hyödyntää pohdittaessa, mitä vaikutuksia on tarpeen arvioida hankkeessa, ja myös tukemaan itse vaikutusten arviointia. Ilmastomuutos on yksi ATT-mallin osa-alue, mutta tämän osalta esitetyt indikaattorit eivät välttämättä tuo uutta tietoa SysteemiHiili-hankkeelle, mutta esimerkiksi Inhimillisten olosuhteiden osalta on esitetty kolmisenkymmentä mahdollista indikaattoria.

Sendain viitekehys riskienhallintaan (Sendai Framework on Disaster Risk Reduction) (2015–2030) (<https://www.undrr.org/implementing-sf>) on YK:n jäsenvaltioiden tekemä sopimus, joka sisältää kehityssuunnitelman ja toimenpiteitä riskien vähentämiseksi maailmanlaajuisten katastrofien ehkäisemiseksi. Se toimii käsi kädessä muiden Agenda 2030:n alaisten sopimusten kanssa (mm. Pariisin sopimus ja SDG-kehikko). Tavoitteena on merkittävästi vähentää katastrofeihin liittyviä riskejä koskien esim. ihmishenkien menetyksiä, elinkeinoja, terveyttä, taloutta, kulttuuria, jne. Fokus on erilaisten uhkien (kuten tulvat, tsunamit, kemikaalit, jne.) torjunnassa.

Sendain viitekehys sisältää ehdotuksen määrällisiksi indikaattoreiksi (38 kpl), jotka auttavat 7 tavoitetta (targets: kuolleisuus, ihmiset, taloudelliset menetykset, infran vauriot, strategiat, yhteistyö, varoitusjärjestelmät) kohti riskien vähentämisen päämäärää (goal) hieman samaan tyyliin kuin SDG-viitekehys. Lisäksi mukana on neljä toimenpiteiden prioriteettialuetta (ymmärrys, hallinta, tutkimus, valmius) ja 13 periaatteellista ohjetta tavoitteiden saavuttamiseksi. Viitekehys itse ei tarjoa osallistamista, mutta sen implementointi kyllä.

SysteemiHiilen kannalta Sendain viitekehuksesta ei välttämättä ole hyötyä, sillä ilmastomuutos ilmiönä ei ole vastaava kuin esimerkiksi tsunamit, joissa voi kuolla tuhansia ihmisiä kerralla. Myös viitekehuksessa mainittujen tulvien tuhot Suomessa ovat nekin suhteellisen pieniä verrattuna maailmalla esiintyviin tulviin. Sendai on kuitenkin hyvä pitää mielessä taustalla ohjaavana kehikkona.

3.2.3. Kustannustehokkuus

Usein olennainen osa päätöksentekoa on kustannustehokkaiden toimenpiteiden tunnistaminen, sillä näiden avulla voidaan resursseja kohdentaa järkevästi. Kustannustehokkuuden arvioinnin menetelmissä toimenpiteiden hyödyt muunnetaan rahalliseksi, jolloin ne voidaan suhteuttaa suoraan kustannuksiin. Haasteena voi kuitenkin olla esimerkiksi aineettomien hyötyjen rahamittallistaminen tai hyötyjen ja kustannusten kohdentuminen eri sidosryhmille.

Kustannus-hyötyanalyysi (Cost-Benefit Analysis – CBA) (esim. Boardman ym., 2017) on menetelmä, jonka avulla voidaan arvioida toimenpiteiden hyötyjä rahamittallisesti ja verrata näitä toimenpiteen kustannuksiin. Analyysiä voidaan soveltaa joko jonkin yksittäisen toimenpiteen kannattavuuden arviointiin tai useiden eri toimenpiteiden järjestelmälliseen arviointiin yhtenäisten periaatteiden perusteella.

Kustannusten rahallinen arviointi on usein melko suoraviivaista, mutta hyötyjen arviointi on haastavampaa, sillä suorien rahallisten hyötyjen lisäksi toimenpiteillä on monesti esimerkiksi ympäristön tilaan liittyviä hyötyjä, joita voi olla vaikea mitata rahassa. Vaikutusten mittaamiseen rahassa on kuitenkin kehitetty erilaisia menetelmiä. Esimerkiksi maksuhaluuskyselyllä (Contingent Valuation; esim. Diamond ja Hausman, 1994) vaikutusten rahallinen arvo määritellään sen mukaan, kuinka paljon arvioija on valmis maksamaan saavutettavasta tavoitteesta. Omaisuusarvojen muutoksia mittaava menetelmä (Hedonic Pricing; esim. Vanslebrouck ym., 2005) puolestaan pyrkii löytämään yhteyden markkinallisen hyödykkeen (esimerkiksi rantakiinteistön hinta) ja ympäristöhyödykkeen (esimerkiksi veden laatu) välillä. Maksuhaluuskyselyä voidaan luonnehtia ilmaistujen (stated) preferenssien menetelmäksi, jossa preferenssejä kysytään suoraan ihmisiltä, kun taas omaisuusarvojen muutoksia mittaavaa menetelmää paljastettujen (revealed) preferenssien menetelmäksi, jossa preferenssit paljastuvat ihmisten ostokäytännön myötä.

SysteemiHiili-hankkeessa on paljon ympäristövaikutuksia, joiden rahamittallistaminen voi olla hankalaa. CBA voi kuitenkin tarjota menetelmiä siihen, miten ylipäänsä vaikutuksia voidaan kvantifioida, vaikka niitä ei välttämättä edes rahamittallistettaisi.

Carbon-Benefits Project (CBP) (<https://banr.nrel.colostate.edu/CBP/>) tarjoaa työkaluja maatalouden, metsätalouden ja muiden maankäyttömuotojen hiilivarastojen ja kasvihuonekaasupäästöjen arviointiin. Yhtenä työkaluna CBP:ssä on CBA, jonka soveltamiseen hiililaskennoista CBP tarjoaa valmiin pohjan. Toisena työkaluna CBP:ssä on DPSIR-kehikko, jonka avulla voidaan hahmottaa hiiliketjujen syntyperiä. Työkalujen avulla, käyttäjät voivat luoda malleja omista viljelyjärjestelmistään, ja analysoida näillä esimerkiksi viljan, heinän ja metsän hiiliketjuja.

SysteemiHiilen kannalta CPB ei menetelmällisesti tarjoa juuri enempää kuin perus-CBA tai DPSIR. Sen sijaan siihen, miten CBA:ta tulisi soveltaa ilmastonmuutoksen hillinnässä, voi CPB:stä saada joitain vinkkejä.

3.2.4. Elinkaariajattelu

Elinkaariarviointi (Life Cycle Assessment – LCA) (<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/>) auttaa tarkastelemaan tuotteiden ympäristö- ja muita vaikutuksia koko sen elinkaaren ajalta lähtien raaka-aineiden tuotannosta ja jatkuen aina tuotteen käytöstä poistoon. Prosessi sisältää niin resurssien käytön, ihmisten terveyden ja hyvinvoinnin sekä ympäristövaikutukset, joiden arviointi ISO-standardoitu ja hyvin tunnettu (Guinée ym., 2011). Prosessiin kuuluvat seuraavat vaiheet: 1) tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, 2) inventaarioanalyysi (Life Cycle Inventory, LCI), 3) vaikutusten arviointi (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) ja 4) tulosten tulkinta (D'Amato ym., 2020). Prosessi on selkeästi ohjeistettu ja kuvattu hyvin konkreettisella tasolla, mikä tekee siitä helposti sovellettavan.

Sosiaalinen elinkaariarviointi (Social LCA – S-LCA) (UNEP, 2020) täydentää perinteistä LCA:ta ottamalla huomioon myös tuotteiden sosiaaliset ja sosiologiset vaikutukset mukaan. Nämä voivat liittyä muun muassa materiaalien louhintaan ja prosessointiin, tuotantoon, jakeluun, ylläpitoon ja kierrätykseen. Itse prosessiltaan S-LCA samantyyppinen kuin perus-LCA ja myös sen raportointi on standardoitua.

SysteemiHiilen kannalta sekä LCA että S-LCA ovat sellaisenaan melko työläitä toteuttaa, etenkin jos toteutus tehdään standardoidusti. Molemmista on kuitenkin esimerkiksi vaikutusten arviointiin menetelmiä ja hyviä käytäntöjä, joita voidaan hyödyntää SysteemiHiili-hankkeessa, vaikka prosessia ei toteutettaisi sellaisenaan.

3.3. Tarkastelujen yksittäisiä osa-alueita tukevia menetelmiä

Edellä olevissa kappaleissa on esitelty viitekehyksiä kokonaisuuksien hallintaan, ja osa näistä tarjoaa myös yksityiskohtaisempaa tukea tukemaan tarkasteluiden yksittäisiä osa-alueita tai vaiheita. Esimerkiksi kappaleessa 3.1.1 esitellyt ongelman jäsentelyä ja hallintaa tukevat viitekehykset kuvaavat itse prosessin ja sen vaiheiden lisäksi myös yksittäisiä tapoja eri vaiheiden tarkoituksenmukaiseen toteutukseen. Näiden lisäksi on olemassa kuitenkin myös joukko erillisiä menetelmiä, joita voidaan hyödyntää prosessin eri tehtävissä. Taulukossa 4 on esitetty prosessin eri tehtävien tukemiseen menetelmiä, josta lisää seuraavassa.

Taulukko 4. Menetelmiä prosessin eri tehtävien tukemiseen

Tehtävä	Kuvaus	Menetelmiä ja viitekehyksiä
Näkökulmien tunnistaminen	Miten eri sidosryhmien näkemykset tulisi ottaa huomioon suunnittelussa?	- Sidosryhmäanalyysi - Osallistavat menetelmät - Palvelumuotoilu-konsepti
Tavoitteiden tunnistaminen	Mitä eri tavoitteita tulisi ottaa huomioon suunnittelussa?	- Value-Focused Thinking - House of Quality (QFD)
Toimenpiteiden tunnistaminen	Millä eri toimenpiteillä voidaan asiaa edistää?	- Value-Focused Thinking - WP1–3:n mallinnusmenetelmät
Vaikutusten arviointi	Mitkä ovat toimenpiteiden vaikutukset eri tavoitteiden suhteen?	- WP1–3:n mallinnusmenetelmät
Väilliset vaikutukset	Mitä välillisiä vaikutuksia toimenpiteillä voi olla?	- Kausaalikartat ja vaikutuskaaviot - Systeemidynaamiset mallit

		- DPSIR
Skenaariot	Miten mahdolliset toimintaympäristön muutokset voivat vaikuttaa tuloksiin?	- Skenaarioanalyysi
Toimenpiteiden priorisointi	Mitkä ovat kokonaisuutena parhaita toimenpiteitä?	- Monitavoitearviointi - SWOT
Toimenpide-yhdistelmät	Mikä on paras toimenpide/ohjauskeinoyhdistelmä, kun käytössä on rajalliset resurssit?	- Portfoliopäätösanalyysi (PDA)
Ohjauskeinojen tunnistaminen ja arviointi	Millä eri ohjauskeinoilla voidaan edistää toimenpiteiden toteutusta?	- WP5:n menetelmät - Ohjauskeinojen monitavoitearviointi - Voimakenttäanalyysi
Vaikuttavuus	Miten saadaan kaikkein vaikuttavimpia toimenpiteitä aikaiseksi?	- Vaikuttavuuspolut - IOOI-ajattelu (Input, Output, Outcome, Impact)

Eri näkökulmien tunnistaminen ja eri osapuolten näkemysten huomioon ottaminen on ensiarvoisen tärkeää etsittäessä ratkaisuja, jotka ovat yleisesti hyväksyttäviä. **Sidosryhmäanalyysin** (Reed ym., 2009) avulla voidaan ylipäänsä tunnistaa, ketkä ovat olennaisia sidosryhmiä ja mitkä ovat heidän tarpeensa. Erilaisten **osallistavien menetelmien** (esim. Reed, 2008) avulla voidaan sidosryhmiltä kerätä näkemyksiä muun muassa eri asioiden tärkeydestä ja oppia ymmärtämään paremmin toisten osapuolten näkemyksiä. Näistä rakentavassa hengessä keskustelemalla voidaan yrittää löytää kompromissiratkaisuja ongelmiin. Olennaista suunnittelussa on ymmärtää ongelma ja sen tarpeet ja sen mukaan suunnitella sidosryhmien osallistaminen tarkoituksenmukaisesti (Marttunen ym., 2015). **Palvelumuotoilu-konseptissa** (Stickdorn ym., 2018) prosessi pyritään suunnittelemaan niin, että tarjottava palvelu vastaa sekä käyttäjien että palveluntarjoajan tavoitteita, ja sen elementtejä voidaan hyödyntää myös tunnistamaan sidosryhmien tarpeita.

Tavoitteiden tunnistamiseen voidaan hyödyntää **arvoperustaista ajattelua** (Value-Focused Thinking; Keeney, 1992), jossa ongelman lähtökohtana ovat päätöksentekijöiden arvot ja näihin liittyvät tavoitteet. Ideana on ensin selvittää päätöksentekijöiden perimmäiset tavoitteet kysymällä ”miksi”-tyyppisiä kysymyksiä tavoitteiden tärkeydestä niin pitkään kunnes kysymykseen ei enää pystytä vastaamaan, jolloin kyseisen tavoitteen voidaan katsoa olevan perimmäinen arvo tai päämäärä, johon pyritään. Vasta tämän jälkeen lähdetään ”miten”-kysymyksillä selvittämään mahdollisia keinoja tavoitteen saavuttamiseksi. Arvoperustaisen ajattelun avulla ongelmasta keskustelu on usein paljon hedelmällisempää kuin vaihtoehtolähtöisen, sillä sen avulla voidaan keskustelu fokusoida päätöksentekijöiden tärkeinä pitämiin asioihin ja näissä olevien eroavaisuuksien analysointiin. Toinen tavoitteiden tunnistamiseen hyödynnettävä menetelmä on ”House of Quality”, joka on osa laajempaa QFD (Quality, Function, Deployment) -prosessia (Hauser & Clausing, 1988; Hauser, 1993). Se tarjoaa matriisitarkastelutyyppisen lähestymistavan tunnistaa, jäsenellä ja priorisoida asiakkaan tarpeet ja näiden avulla vertailla asiakkaiden näkemyksiä.

Toimenpiteiden tunnistamiseen voidaan hyödyntää edellisessä kappaleessa kuvattua **arvoperustaista ajattelua** siten, että lähdetään liikkeelle tavoitteista tarkastelemalla, miten ja millä toimenpiteillä nämä voitaisiin saavuttaa. Tällöin toimenpiteiden ei tarvitse olla valmiita, vaan ne voidaan myös luoda prosessin kuluessa. Toimenpiteiden tunnistamisessa keskeisessä osassa ovat myös työpakettien 1–3 hiilen kierto ja vesistövaikutusten arviointiin liittyvät mallit, joiden avulla on jo arvioitu erilaisten toimenpiteiden vaikutuksia, ja joiden kehitystyössä keskeiset maa- ja metsätalouteen liittyvät toimenpiteet on tunnistettu.

Vaikutusten arvioinnissa hiilen kierron ja vesistövaikutusten osalta keskeisiä ovat työpakettien 1–3 tarjoamat mallinnusmenetelmät, eli TP1:ssä sovellettava PREBAS-malli (esim. Holmberg ym., 2021) ja TP3:ssa kehitettävä hiilivirtoja vesistöissä mallintava VEMALA C -malli, joka on osa VEMALA-mallinnusmenetelmäperhettä (Huttunen ym., 2016). Biodiversiteettivaikutusten osalta voidaan hyödyntää selvitystä, jossa on selvitetty monimuotoisuudelle tärkeät metsäalueet Suomessa (Mikkonen

ym., 2018). Virkistyskäyttövaikutukset perustuvat pitkälti alueiden käyttöpotentiaaliin ja virkistyskäyttöalueiden läheisyyteen ja niiden tarkastelussa voidaan hyödyntää esimerkiksi paikkatietoanalyysiä.

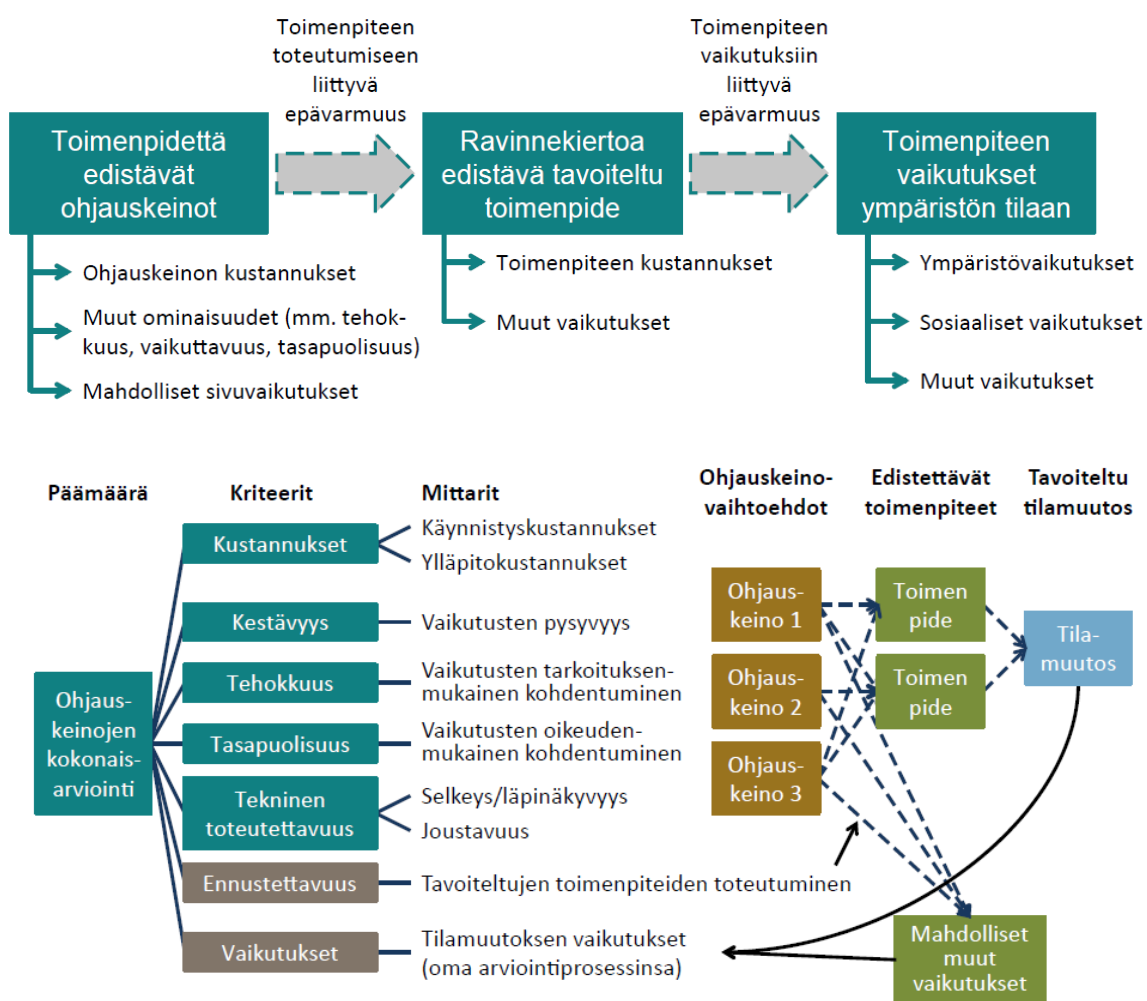
Välilliset tai epäsuorat vaikutukset realisoituvat erilaisten usein jopa monimutkaistenkin vaikutusketjujen kautta ja kertyessään voivat olla hyvinkin merkittäviä. Välillisten vaikutusten tunnistamiseen voidaan hyödyntää erilaisten **kausaalikarttoja tai vaikutuskaavioita** (esim. Perdicoulis ja Glasson, 2006), joiden avulla kuvataan ongelman eri elementtien väliset vaikutussuhteet. Käsitteellisillä malleilla kuvataan ylipäänsä asioiden välisten yhteyksien olemassaoloa, ja tunnistetaan keskeisimpiä tekijöitä ja tekijöiden välisiä vaikutusketjuja sekä vahvistavia tai heikentäviä silmukoita, joiden avulla puolestaan voidaan arvioida välillisten tekijöiden vaikutusta lopputulokseen (esim. Kirkwood, 1998; Greenland ja Brumback, 2002). **Systeemidynaamisilla malleilla** mallinnetaan asioiden välisten vaikutusten suuruuksia matemaattisesti, jonka perusteella lasketaan muuttujien arvoja ajan funktiona, ja esimerkiksi aiemmin mainitut PREBAS- ja VEMALA-C -mallit voidaan katsoa kuuluvan näihin. **DPSIR-kehikko** (Drivers – ohjausvoimat, Pressures – paineet, State – tila, Impact – vaikutukset, Response – reagointi) (Gari ym., 2015; Tscherning ym., 2012) on eräs tekijöiden välisten suhteiden hahmottamista tukevä lähestymistapa, jonka avulla voidaan tunnistaa esimerkiksi perimmäiset tilaan vaikuttavat paineet ja ajurit näiden takana, sillä tilan parantaminen itsessään ei välttämättä auta, jos tilan heikentymiseen vaikuttavia paineita ei saada poistettua.

Skenaarioanalyysin avulla voidaan tarkastella miten mahdolliset toimintaympäristön muutokset voivat vaikuttaa toimenpiteiden vaikutuksiin (Maack, 2001). Tyypillisesti prosessissa luodaan muutamia (noin 4–5) skenaarioita, jotka kattavat sekä tulevaisuuden trendejä että odottamattomia – mutta silti mahdollisia – ja vaikutuksiltaan suuria muutoksia tulevaisuuden tiloihin. Usein skenaarioiden ympärille luotavat loogiset tarinat siitä, miten kuhunkin tilaan on tultu, ja mitä on tällöin täytynyt tapahtua, mikä auttaa visioimaan skenaarioiden tapahtumiseen johtavia syitä sekä eläytymään skenaarion myötä tapahtuviin oletettuihin asioihin. Analyysin tuloksena saadaan arvioita siitä, miten tulevaisuuden odotetut muutokset, mutta myös mahdolliset uhkakuvat, voivat vaikuttaa toimenpiteiden vaikutuksia, jonka perusteella voidaan analysoida, miten näihin muutoksiin voidaan vastata.

Toimenpiteiden priorisoinnissa arvioidaan, mikä/mitkä toimenpiteistä ovat kokonaisuutena parhaita kyseiseen ongelmaan. Toimenpiteiden vaikutusten moninaisuudesta johtuen tämä vaihe sisältää vaatii tyypillisesti erityyppisten vaikutusten arvottamista ja vertailua siitä, mitkä vaikutukset ovat kaikkein olennaisimpia. Vaikutusten arvottamiseen ja monitavoitteisten **Monitavoitearviointi** (Belton ja Stewart, 2002; Gregory ym., 2012) on menetelmäperhe, jonka avulla arvioidaan toimenpiteiden vaikutuksia eri kriteerien suhteen sekä vertaillaan ja painotetaan eri kriteerien tärkeyksiä suhteessa toisiinsa. Näiden perusteella lasketaan toimenpiteille kokonaisarvot, jotka kuvaavat niiden ”kokonaisuhyvyyttä” annettujen painotusten valossa. Koska tavoitteiden väliset painotukset voivat vaihdella merkittävästi eri sidosryhmien välillä, voidaan tavoitteiden painotus suorittaa erikseen kullekin sidosryhmälle. Näiden tuloksia vertailemalla saadaan parempi ymmärrys siitä, miten toimenpiteet eroavat toisistaan ja miksi tietyt toimenpiteet ovat hyviä kullekin sidosryhmälle, minkä perusteella voidaan taas yrittää löytää ratkaisuita, jotka olisivat hyviä kaikille eri sidosryhmille (esim. Marttunen ym., 2015). Monitavoitearviointia yksinkertaisempia tarkasteluita voidaan tehdä esimerkiksi **SWOT-analyysillä** (esim. Helms ja Nixon, 2010), jonka avulla voidaan tunnistaa eri strategioiden vahvuudet (Strengths), heikkoudet (Weaknesses), mahdollisuudet (Opportunities) ja uhat (Threats) ja näiden kautta löytää kestäviä ratkaisuja ongelmaan.

Aina ei ole kyse yksittäisen toimenpiteen valinnasta, vaan ongelmana on valita paras **toimenpideyhdistelmä**, kun käytössä on rajalliset resurssit toimenpiteiden toteuttamiseen. **Portfoliopäätösanalyysi** (Portfolio Decision Analysis, esim. Salo ym., 2011, Lahtinen ym., 2017) on menetelmä, joka laajentaa monitavoitearviointin menetelmiä tukemaan myös tehokkaiden toimenpideyhdistelmien eli portfolioiden tunnistamista. Eräs haaste portfoliomenetelmien käytössä on ollut toimenpiteiden välisten synergioiden tai toisiaan heikentävien vaikutuksen lisääminen malliin, sillä näiden mallintaminen eksplisiittisesti on usein työlästä.

Maa- ja metsätalouden toimenpiteiden toteuttamisessa päätöksentekijä on maanomistaja, jolla on käytännössä täysi päätösvalta tehdä maalleen mitä haluaa. Erilaisten ohjauskeinojen (mm. taloudelliset tuet, verotus, lainsäädäntö, opastus, jne.) avulla voidaan yhteiskunnan taholta kuitenkin ohjata maanomistajia toivottujen toimenpiteiden tekemiseen. Tehokkaiden **ohjauskeinojen tunnistaminen** voidaan nähdä myös päätösongelmana, jossa toivottujen toimenpiteiden vaikutusten arvioinnin lisäksi tulee arvioida myös sitä, kuinka hyvin ohjauskeinot saavat toimijat tekemään halutut toimenpiteet ja myös sitä kuinka hyviä eri ohjauskeinot ovat suhteessa toisiinsa erilaisten kriteerien suhteen (esim. hyväksyttävyyden, tasapuolisuuden, ohjauskeinojen yhteiskunnalle aiheuttamat kustannukset, jne.). **Ohjauskeinojen monitavoitteinen arviointi** voidaankin nähdä kaksitasoisena ongelmana, jossa ensin arvioidaan toimenpiteiden vaikutukset, jonka jälkeen näiden perusteella ohjauskeinojen vaikutukset (Mustajoki ym., 2019) (Kuva 8).



Kuva 8. Ohjauskeinojen monitavoitearvioinnin periaate ja arviointikehikko [Lähde: Mustajoki ym., 2019].

Ohjauskeinojen arvioinnissa eri kriteerien (esim. hyväksyttävyyden) suhteen voidaan hyödyntää työpaketti 5:ssä sovellettavia menetelmiä. Myös esimerkiksi **voimakenttäanalyysiä** (Force Field Analysis; esim. Burnes ja Cooke, 2013), jossa haluttua muutosta edistäviä ohjauskeinoja voidaan arvioida tarkastelemalla erikseen muutosta edistäviä ja vastustavia "voimia", ja näiden perusteella ohjauskeinojen mahdollisuuksia edistää muutosta.

Ollennainen kysymys ohjauskeinoja arvioidessa on myös pohtia **vaikuttavuutta**, eli sitä, miten saadaan kaikkein vaikuttavimpia toimenpiteitä aikaiseksi. **Vaikuttavuuspolut** ovat yksi menetelmä arvioida vaikuttavuutta siihen liittyvien ketjujen kautta, eli mikä vaikuttaa mihinkin (esim. Hjelt ym., 2021). Tässä yhteydessä myös niin sanottu **IOOI-ajattelu** (Input, Output, Outcome, Impact) voi auttaa ymmärtämään

sitä, mitkä tulokset ovat päätöksentekijän omassa hallinnassa (Output), ja mitkä taas syntyvät sen kautta, että muut toimijat ottavat nämä käyttöön (Outcome), ja mikä on taas tämän toiminnan vaikutus (Impact) (Riess, 2010). Belcher ym. (2020) ovat esittäneet hieman vastaavan viitekehysten, jossa toiminnan/tutkimuksen varsinaiset tulokset (Output) ovat vielä itse hallittavissa, mutta vaikutukset ja vaikuttavuus muodostuvat vasta toimijoiden ja sidosryhmien toiminnan kautta.

3.4. Sovellusalueita

Edellisissä luvuissa kuvattuja systeemianalyttisiä menetelmiä voidaan soveltaa periaatteessa mille tahansa sovellusalueelle ja menetelmiä voidaan soveltaa myös hyvin eri tavoin. Soveltamisessa onkin usein tarve löytää kunkin sovellusalueen erityispiirteet ja sen tarpeet, ja näiden mukaan räätälöidä menetelmä kyseiselle sovellusalueelle. Tässä raportissa emme yksityiskohtaisesti käy läpi eri sovellusalueille mahdollisia menetelmiä, mutta olemme poimineet taulukkoon 5 muutamia SysteemiHiili-hankkeen kannalta olennaisia sovellusalueen erityispiirteitä ja ominaisuuksia kuvaavia raportteja.

Taulukko 5. Menetelmiä eri sovellusalueille

Sovellusalue	Kuvaus	Sovellusalueen ominaispiirteitä
Maankäyttösektori	Maankäyttöön liittyviä ravinteiden kulkeutumista ja kasvihuonekaasupäästöjä vähentäviä toimenpiteitä	- Kärkkäinen ym. (2019): Maankäyttösektorin toimien mahdollisuudet ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi - Liljeström ym. (2020): Pohjois-Savon kasvihuonekaasupäästöt ja hiilitase
Turvemaat	Turvemaihin liittyviä ravinteiden kulkeutumista ja kasvihuonekaasupäästöjä vähentäviä toimenpiteitä	- Niemi (2020): Monitavoitteinen päätösanalyysi turvapeltojen käyttömuotojen vertailussa - Mäkräinen (2019). Ympäristöpoliittisten ohjauskeinojen vaikutus turvetuotantoalueen jälkikäytössä
Energiasektori	Ilmastoystävällisten energiantuotantomuotojen kehittäminen	- Koljonen ym. (2017): Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti

4. Alustava arvio menetelmien soveltuvuudesta erityyppisiin päätöstilanteisiin paikallisella, alueellisella ja valtakunnallisella tasolla

4.1. Paikallinen taso

Maankäytön toimenpiteissä valta päätöksestä on maanomistajalla ja tyypillinen paikallisen tason päätöstilanne onkin yksittäisen maanomistajan päätös siitä, mitä hän tekee maalleen. Tämän tyyppistä päätöstilannetta voidaan tukea esimerkiksi hyödyntämällä ongelman jäsentelymenetelmiä tunnistamalla ensin kyseisen alueen ominaispiirteet ja näiden perusteella tunnistamalla maankäyttömuotoja, jotka voivat tulla kyseeseen kyseisellä alueella. Tämän jälkeen monitavoitearviointia voidaan hyödyntää tukemaan eri maankäyttövaihtoehtojen vertailua tunnistamalla näiden olennaiset tekijät ja arvioimalla eri vaihtoehtojen vaikutuksia kokonaisuutena. Yleisiä olennaisia vaikutuksia tunnistavia ja arvioivia viitekehyksiä (esim. ekosysteemipalvelut) voidaan myös hyödyntää, mutta usein itse ongelmat ovat sen verran konkreettisella tasolla, että viitekehysten sovittaminen kyseiseen kontekstiin voi jäädä etäiseksi.

Haasteena paikallisen tason tarkasteluissa on usein vaikutusten arviointi ja etenkin tasapainottelu vaikutusten arvioinnin tarkkuuden ja arvioinnin työläyden kanssa, sillä maanomistajalla ei välttämättä ole mahdollisuuksia toteuttaa yksityiskohtaisia vaikutusarvioita. Työpakettien 1–3 malleilla (esim. PREBAS ja VEMALA) voidaan periaatteessa arvioida yksittäisten maa-alueidenkin vaikutuksia, mutta yksittäisen maa-alan vaikutusten arviointi erikseen vaatii aina omat malliajonsa, mikä voi olla työlästä. Toisaalta malleja voidaan myös hyödyntää viitteellisesti tuottamalla esim. yleispiirteisiä arvioita hiilen sidontaa edistävien maankäyttötapojen vaikutuksista sekä niihin liittyvien käyttötapausten vaatimusten tunnistamiseen tietyn tyyppisille maa-alueille, jolloin arviointia ei tarvitsisi tehdä joka kerta erikseen. Toki ensisijaisena edellytyksenä päätöksentekoa tukevien menetelmiä käytölle on ylipäänsä maanomistaja halu tai tarve käyttää menetelmiä, sillä hänellä on päätösvalta myös näiden käytön suhteen.

4.2. Alueellinen taso

Tyypillinen alueellisen tason päätöstilanne voi liittyä esimerkiksi, että miten eri maankäyttösektoreilla tulisi toimia, jotta alueelliset päästövähennystavoitteet saavutettaisiin. Tällöin toimijoina voivat olla maanomistajat, kunnat, maakunnat ja ELY-keskukset. Alueellisen tason tarkasteluiden ja päätöksenteon haasteena on kuitenkin se, että alueellisella tasolla ei ole selkeää päätöksentekijää. Päätös maankäytöstä on maanomistajan itsensä eli paikallisen tason päätös, kun taas päätös strategioista ja ohjauskeinoista (etenkin järeistä esim. lainsäädännöllisistä ja verotuksellisista ohjauskeinoista) eli siitä, miten maanviljelijöitä kannustetaan tai ”pakotetaan” päätöksiin, on tyypillisesti valtakunnan tasolla tehtävä päätös. Näiden välissä alueellisen tason rooli liittyy usein ns. kevyempiin ohjauskeinoihin (esim. koulutus ja neuvonta), jossa esimerkiksi alueellisten Metsäkeskusten rooli voi olla tärkeä.

4.3. Valtakunnallinen taso

Valtakunnallisella tasolla tarkasteltavat päätökset ovat usein strategisia toimia, joihin liittyy usein ohjauskeinomaisia piirteitä. Kuten edellä mainittiin, valtakunnan tasolla voidaan toteuttaa järeitäkin esimerkiksi lainsäädäntöön ja verotukseen perustuvia ohjauskeinoja. Näillä saadaan toimijat tekemään usein melko hyvin halutut toimenpiteet, mutta haasteeksi voi muodostua ohjauskeinojen muut ominaisuudet kuten hyväksyttävyyden ja tasapuolisuuden. Näiden arvioimiseksi voidaan hyödyntää esimerkiksi ohjauskeinojen arvioinnin monitavoitearviointia.

Vaikutusten arvioinnin osalta valtakunnallisen tason päätöstilanteet ovat osin vastaavia kuin alueellisen tason tilanteet, mutta laajemmassa mittakaavassa. Vesistö- ja hiilivaikutusten arvioinnin osalta esim. PREBAS ja VEMALA-mallit ovat valtakunnallisia ja niillä voidaan tuottaa valtakunnan tason tarkasteluita. Valtakunnan tason arvioinneissa voidaan hyödyntää alueellisen tason tuloksia, jotka ovat usein konkreettisempia, mutta tällöin on otettava huomioon aluetason tarkastelujen ominaispiirteet, minkä vuoksi alueellisen tason tarkastelujen perusteella tuotetut suositukset eivät ole suoraan skaalattavissa valtakunnan tasolle.

5. Suunnitelma menetelmien soveltamiseen ja kytkökset muihin hankkeisiin

5.1. Suunnitelma menetelmien testaamiseen case-tarkasteluissa

5.1.1. Työpaketti 6: Turvetuotantoalueiden jälkikäyttövaihtoehtojen arviointi

Yksi työpaketti 6:n tehtävistä on arvioida turvetuotantoalueiden jälkikäyttövaihtoehtoja. Tähän on ajateltu sovellettavan tavoitelähtöistä ja moniarvoista lähestymistapaa, joka tarjoaa erityyppisiä tarkastelumahdollisuuksia. Erilaisten päättelyketjujen avulla (päästöpuu) voidaan tunnistaa kohdealueelle soveltuvia jälkikäyttömuotoja perustuen alueen ominaispiirteisiin, kuten vedenkorkeuden säätelymahdollisuuksiin, turpeen paksuuteen ja maaperän ravinteisuuteen. Työssä laadittua tavoitehierarkiaa voidaan puolestaan hyödyntää tukemaan vaihtoehtojen järjestelmällisestä arviointia, ja se sisältää sekä ympäristötekijöitä (esim. kasvihuonekaasupäästöt, monimuotoisuus ja vesien tila), sosiaalisia tekijöitä (esim. eri virkistyskäyttömuodot ja maisema) että taloudellisia tekijöitä (esim. tuotto, maan arvo, tuet). Tavoitehierarkiaa voidaan käyttää myös suunnittelun tukena esimerkiksi työpajoissa selvitettäessä, mitkä ovat keskeisiä huomioitavia tavoitteita kohdealueella ja kuinka hyvin laadittu suunnitelmaehdotus ottaa huomioon sidosryhmien eri tavoitteet. Mahdollisia arvioitavia toimenpiteitä ovat mm. erilaiset metsänkasvatus-, vesittämis- ja pelto-/kosteikkoviljelytoimenpiteet, uudelleensoistaminen ja aurinko-/tuulivoimaloiden rakentaminen.

Arviointien tueksi kehitetään Excel-työkalua, joka tukee sekä karkealla tasolla tehtävien taulukkopohjaisten arviointien tekemistä että yksityiskohtaisempia tarkempaan vaikutustietoon perustuvia tarkasteluita. Tämä toteutetaan opiskelijatyönä osana Aalto-yliopiston Operaatiotutkimuksen projektityöseminaaria.

5.1.2. Työpaketti 7: Maankäyttösektorin ilmastovaikutukset Kiurujoen valuma-alueella

Työpaketti 7:n keskiössä ovat maankäyttösektorin ilmastovaikutukset eli maa- ja metsätalouden toimenpiteiden ja ohjauskeinojen arviointi Kiurujoen valuma-alueella. Ilmastovaikutusten lisäksi toimenpiteillä on vaikutuksia myös esimerkiksi vesistöihin, virkistyskäyttöön ja luonnon monimuotoisuuteen, ja toimenpiteillä on myös omat kustannuksensa, jotka on tarpeen ottaa huomioon tarkasteluissa. Monet valuma-alueen vedet ovat hyvää huonommassa tilassa, ja alueella on jo paljon suunniteltuja maa- ja metsätalouden toimenpiteitä, jotka on otettava huomioon. Alueella on myös paljon turvepeltoja ja karjatiloja, joiden myöskin maatalouden päästöt ovat suuren, mikä vaikuttaa ilmastotoimenpiteiden hyväksyttävyyteen. Metsää on myös paljon raivattu pelloksi lähinnä nautakarjatilojen lannanlevityksen tarpeisiin ja 12 % peltoalasta onkin ”tukikelvotonta” ja siten irti nykyisten ohjauskeinojen piiristä. Vuokrapeltojen osuus on myös suuri, mikä on otettava huomioon tarkasteluissa.

Pilottikohteessa tavoitteena on siis löytää optimaalinen joukko maankäyttötoimenpiteitä erityyppisille metsä- ja peltoalueille koko Kiurujoen valuma-alueella ottaen huomioon erityyppiset vaikutukset. Monitavoitearvioinnin ja portfoliopäätösanalyysin menetelmät sekä toimenpiteiden että ohjauskeinojen osalta tuntuisivat soveltuvan hyvin tämän tyyppisiin ongelmiin. Kokonaisuutena menetelmien sovellusprosessi on ajateltu seuraavasti:

- Ongelman rajaus ja soveltuvuus portfoliopäätöstilanteeksi
 - Tavoitteiden, rajoitteiden ja reunaehtojen alustava tunnistaminen
 - Kohdealueen ja tarkasteltavien toimenpiteiden rajaus
 - Mahdollisten kriteerien / toimenpiteiden välisten yhteisvaikutusten tunnistaminen
 - Portfoliomallintamisen soveltuvuuden arviointi
 - Arviointiin liittyvien haasteiden tunnistaminen
- Portfoliomallintamisen toteutustavasta päättäminen

- Sovellettavan menetelmän määrittäminen ongelman ominaispiirteiden perusteella, ml. kriteerien/toimenpiteiden määrä, datan saatavuus, kompensatorisuus/ei-kompensatorisuus, spatiaalisuuden hallinta, kytkökset
- Sovellettavia menetelmiä, mm. RPM, YODA, MCDA
- Toimenpiteiden, kriteerien ja mittarien määrittäminen
 - Tarkasteltavan toimenpidejoukon määrittäminen
 - Tavoitteiden määrittäminen ja hierarkkinen jäsentely
 - Mittarien määrittäminen
- Vaikutusten arviointi datan ja asiantuntija-arvioiden perusteella
 - Vaikutusarvioiden datalähteiden tunnistaminen
 - Asiantuntija-arvioiden soveltaminen niissä vaikutuksissa, joista ei numeerista dataa tarjolla
- Tehokkaiden toimenpideyhdistelmien laskenta portfoliomallintamisella
 - Tehokkaiden toimenpideyhdistelmien tunnistaminen portfoliomallintamisen avulla
 - Tulosten analysointi
 - Herkkyystarkastelut
- Ohjauskeinojen pohdinta ja arviointi
 - Ohjauskeinojen tunnistaminen
 - Ohjauskeinojen ominaisuuksien (hyväksyttävyyys, kyky saada toimijat toimimaan tekemään haluttuja toimenpiteitä, tasapuolisuus, kustannukset, jne.) arviointi
 - Kokonaisvaltainen arvio ohjauskeinojen kustannustehokkuudesta

Metsätalouden osalta mallintamisen haasteena on metsien hidas kasvu, minkä vuoksi toimenpiteiden vaikutukset saattavat näkyä vasta kymmenien vuosien päästä. PREBAS-mallilla pystytään kyllä simuloimaan hiilen sidonnan ja metsän tuoton kannalta optimaalisia toimenpiteitä halutulle aikajaksolle eteenpäin, mutta muiden vaikutusten mallintaminen dynaamisesti ajan funktiona ei ole mahdollista. Tämän vuoksi perinteiset portfoliopäätösanalyysin menetelmät eivät sovellu kovin hyvin näiden mallintamiseen. Metsien osalta mallintaminen onkin ajateltu tehdä kaksivaiheisesti siten, että ensin vesistö-, virkistyskäyttö- ja biodiversiteettivaikutusten osalta rajataan näille herkkiä metsälaikkuja pois mallintamisesta. Tämän jälkeen PREBAS-mallin simuloineilla etsitään optimaalisia metsänkasvatusstrategioita jäljelle jääneille metsälaikuille erilaisissa päästövähennyskenaarioissa.

Maatalouden osalta toimenpiteiden vaikutukset näkyvät jo muutamien vuosien kuluessa, jolloin toimenpiteitä voidaan ajatella ilman aikaulottuvuutta. Tällöin voidaan suoraan soveltaa portfoliomenetelmiä, joissa peltojen käyttö/muokkaustoimenpiteiden joukosta valitaan optimaalinen toimenpideyhdistelmä erityyppisille pelloille. Tällöin rajoituksina voivat olla esimerkiksi alueelliset päästövähennystavoitteet.

5.2. Kytkökset muihin hankkeisiin ja hankkeiden välisten synergioiden tunnistus

SysteemiHiili-hankkeen työpaketti 4:ssä on tunnistettu monia eri synergioita muiden hankkeiden kanssa

- Portfoliomenetelmien soveltamiseen ympäristöpäätöksenteossa on meneillään Suomen Akatemian rahoittama PortRight-hanke, jossa kehitetään ja kokeillaan uusia menetelmiä ja käytäntöjä tukemaan toimenpiteiden välisten vuorovaikutusten käsittelyä ja portfoliomenetelmien käytännön soveltamista sidosryhmien kanssa. SysteemiHiili-hankkeen työpaketti 7:n portfoliotarkastelut tehdään yhteistyössä PortRight-hankkeen kanssa, joka yhtäältä tarjoaa menetelmäosaamista SysteemiHiili-hankeelle, mutta toisaalta saa SysteemiHiilen tarkasteluista hyviä kokemuksia portfoliomenetelmien soveltamisesta käytännössä.
- Nappaa hiilestä kiinni -ohjelmaan kuuluvista hankkeista Turvetuotantoalueiden ilmastokestävät jatkokäyttömahdollisuudet (TuIJA) ja Suonpohjien hiiliviisaan jälkikäytön suunnittelu (JälkiHiili) - hankkeissa ollaan myös tekemässä turvetuotannon jälkikäyttöön liittyviä tarkasteluja. Molemmissa hankkeissa on olennaisena osana myös menetelmien ja/tai työkalujen kehittäminen

turvetuotantoalueiden jatkokäytön suunnitteluun. Yhteistyötä näiden hankkeiden kanssa voidaan tehdä esimerkiksi yhtenäisten käytäntöjen, menetelmien ja työkalujen luomiseksi eri maankäyttömuotojen vaikutusten arviointiin.

- EU:n HORIZON2020-ohjelman rahoittamassa MERLIN-hankkeessa tarkastellaan valuma-aluekunnostusten valtavirtaistamista ja siihen liittyviä uusia lähestymistapoja Euroopassa. Hankkeen Suomen tarkastelukohteena on turvetuotannosta poistuvien alueiden jatkokäytön suunnittelu ja vaikutusten arviointi, mikä linkittyy vahvasti SysteemiHiili-hankkeen TP6:n tarkasteluihin. MERLIN-hankkeessa fokuksena on vaikutusten arviointi, kun taas SysteemiHiili-hankkeessa erityyppisten vaikutusten kokonaisvaltainen arviointi, ja tässä suhteessa hankkeet tukevat hyvin toisiaan. Yhteistyötä on ajateltu toteutettavan etenkin pilottikohteiden kautta, ja tässä suhteessa esimerkiksi MERLIN-hankkeen Komppasuon pilottikohde tarjoaa hyvän kohteen testata myös SysteemiHiilen menetelmiä käytännön tapaustarkastelussa.

6. Viitteitä

- Ainscough, J., de Vries Lentsch, A., Metzger, M., Rounsevell, M., Schröter, M., Delbaere, B., de Groot, R., Staes, J. (2019). Navigating pluralism: Understanding perceptions of the ecosystem services concept. *Ecosystem Services*, 36, 100892.
- Belcher, B.M., Davel, R., Claus, R. (2020). A refined method for theory-based evaluation of the societal impacts of research. *MethodsX*, 7, 100788.
- Belton, V., Stewart, T.J. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Kluwer Academic Publishers, Boston, U.S.A.
- Boardman, A.E., Greenberg, D.H., Vining, A.R., Weimer, D.L. (2017). *Cost-Benefit Analysis. Concepts and Practice*. 4th edition. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Burnes, B., Cooke, B. (2013). Kurt Lewin's field theory: A review and re-evaluation. *International Journal of Management Reviews*, 15(4), 408–425.
- Calliari, E., Staccione, A., Mysiak, J. (2019). An assessment framework for climate-proof nature-based solutions. *Science of the Total Environment*, 656, 691–700.
- Checkland P. (1981). *Systems Thinking, Systems Practice*. John Wiley & Sons, Chichester, U.K.
- CICES (2013). *The Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V4.3*. January 2013. <http://cices.eu/>
- Clemen, R. T., Reilly, T. (2013). *Making Hard Decisions with DecisionTools*. Cengage Learning.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260.
- Daily, G. C. (1997). Introduction: what are ecosystem services. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*, 1(1).
- D'Amato, D., Gaio, M., Semenzin, E. (2020). A review of LCA assessments of forest-based bioeconomy products and processes under an ecosystem services perspective. *Science of the Total Environment*, 706, 135859.
- Diamond, P.A., Hausman, J.A. (1994). Contingent valuation: is some number better than no number? *Journal of Economic Perspectives*, 8(4), 45–64.
- Eden, C. (1994). Cognitive mapping and problem structuring for system dynamics model building. *System Dynamics Review*, 10(2–3), 257–276.
- Eisenack, K., Stecker, R. (2012). A framework for analyzing climate change adaptations as actions. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 17(3), 243–260.
- Gari, S.R., Newton, A., Icely, J.D. (2015). A review of the application and evolution of the DPSIR framework with an emphasis on coastal social-ecological systems. *Ocean & Coastal Management* 103, 63–77.
- Greenland, S., Brumback, B. (2002). An overview of relations among causal modelling methods. *International Journal of Epidemiology*, 31(5), 1030–1037.
- Gregory, R., Failing, L., Harstone, M., Long, G., McDaniels, T., Ohlson, D. (2012). *Structured Decision Making: A Practical Guide to Environmental Management Choices*. Wiley-Blackwell, Chichester, UK.
- Guinée, J.B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., ..., Rydberg, T. (2011). Life cycle assessment: past, present, and future. *Environmental Science & Technology*, 45, 1, 90–96.
- Hauser, J.R. (1993). How puritan-Bennett used the house of quality. *Sloan Management Review*, 34(3), 61–70.
- Hauser, J.R., Clausing D. (1988). The house of quality. *Harvard Business Review*, 5, 63–73.
- Helms, M.M., Nixon, J. (2010). Exploring SWOT analysis—where are we now? A review of academic research from the last decade. *Journal of Strategy and Management*, 3(3), 215–251.
- Henstra, D. (2016) The tools of climate adaptation policy: Analysing instruments and instrument selection, *Climate Policy*, 16(4), 496–521.

- Hjelt, M., Haila, K., Sepponen, S., Sirppiniemi, R. (2021). Strategisen tutkimuksen ohjelmat 2016–2019: Yhteiskunnallisen vaikuttavuuden arviointi. Gaia Report, Helsinki, Finland.
- Hoekstra, A.Y. (ed.) (2003). Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, The Netherlands, 12–13 December 2002, Value of Water Research Report Series. No.12, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands, www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf
- Holmberg, M., Akujärvi, A., Anttila, S., Autio, I., Haakana, M., Junntila, V., ... & Forsius, M. (2021). Sources and sinks of greenhouse gases in the landscape: Approach for spatially explicit estimates. *Science of the Total Environment*, 781, 146668.
- Huttunen, I., Huttunen, M., Piirainen, V., Korppoo, M., Lepistö, A., Räike, A., ..., Vehviläinen, B. (2016). A national-scale nutrient loading model for Finnish watersheds—VEMALA. *Environmental Modeling & Assessment*, 21(1), 83–109.
- Keeney, R.L. (1992). *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decisionmaking*. Harvard University Press.
- Kirkwood, C.W. (1997). *Strategic Decision Making*. Duxbury Press, pp. 149.
- Kirkwood, C.W. (1998). *System Dynamics Methods: A Quick Introduction*. Ventana Systems, Inc. <http://www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/SDIntro/SDIntro.htm>
- Koljonen, T., Soimakallio, S., Asikainen, A., Lanki, T., Anttila, P., Hildén, M., ..., Tiittanen, P. (2017). Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 21/2017.
- Kärkkäinen, L., Haakana, M., Heikkinen, J., Helin, J., Hirvelä, H., Jauhiainen, L., ..., Packalen, T. (2019). Maankäyttösektorin toimien mahdollisuudet ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 67/2018.
- Lahtinen, T.J., Hämäläinen, R.P., Liesiö, J. (2017). Portfolio decision analysis methods in environmental decision making, *Environmental Modelling & Software*, 94, 73–86.
- Liljeström, E., Monni, S., Aro, L., Hirvelä, H., Wall, A., Haakana, M., ..., Ollila, P. (2020). Pohjois-Savon kasvihuonekaasupäästöt ja hiilitase. Benviroc & Luonnonvarakeskus, Kesäkuu 2020.
- Linkov, I., Eisenberg, D.A., Bates, M.E., Chang, D., Convertino, M., Allen, J.H., Flynn, S.E., Seager, T.P. (2013a). Measurable resilience for actionable policy. *Environmental Science & Technology*, 47(18), 10108–10110.
- Linkov, I., Eisenberg, D.A., Plourde, K., Seager, T.P., Allen, J., Kott, A. (2013b). Resilience metrics for cyber systems. *Environment Systems and Decisions*, 33, 471–476.
- Linkov, I., Trump, B.D. (2019). *The Science and Practice of Resilience*. Springer Nature, Switzerland.
- Maack, J.N. (2001). Scenario analysis: A tool for task managers. In “Social Analysis: Selected Tools and Technique.” Social Development Paper no. 36. The Social Development Department, the World Bank, Washington, D.C., U.S.A., 62–87.
- Magnan, A.K., Schipper, E.L.F., Burkett, M., Bharwani, S., Burton, I., Eriksen, S., ..., Ziervogel, G. (2016). Addressing the risk of maladaptation to climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 7(5), 646–665.
- Marttunen, M., Mustajoki, J., Dufva, M., Karjalainen, T. (2015). How to design and realize participation of stakeholders in MCDA processes? A framework for selecting an appropriate approach. *EURO Journal on Decision Processes*, 3(1–2), 187–214.
- Marttunen, M., Lienert, J., Belton, V. (2017). Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: A literature review of method combinations. *European Journal of Operational Research*, 263(1), 1–17.
- Marttunen, M., Mustajoki, J., Sojamo, S., Ahopelto, L., Keskinen, M. (2019). A framework for assessing water security and the water–energy–food nexus – The case of Finland. *Sustainability*, 11(10), 2900.
- Mikkonen, N., Leikola, N., Lahtinen, A., Lehtomäki, J., Halme, P. (2018). Monimuotoisuudelle tärkeät metsäalueet Suomessa-Puustoisten elinympäristöjen monimuotoisuusarvojen Zonation-analyyysien loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja, 9/2018, pp. 99.
- Mingers, J., Rosenhead, J. (2004). Problem structuring methods in action. *European Journal of Operational Research*, 152, 530–554.

- Molarius, R., Jukarainen, P., Kekki, T., Keränen, J., Laitinen, K., Riikonen, R., Norri-Sederholm, T. (2020). Alueellinen turvallisuuden tila (ATT) – Alueellista turvallisuussuunnittelua ja varautumista tukeva seuranta-, arviointi- ja ennakointimalli. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 21/2020.
- Mustajoki, J., Marttunen, M., Liesiö, J., & Lehtonen, E. (2019). Systeemianalyttisten menetelmien hyödyntäminen maatalouden ravinteiden kierrossa – Esiselvitys. Suomen ympäristökeskuksen raportteja, 40/2019, pp. 65.
- Mäkäräinen, T.H. (2019). Ympäristöpoliittisten ohjauskeinojen vaikutus turvetuotantoalueen jälkikäytössä – Tapaustutkimus jälkikäytön ohjautumisesta ja jälkikäytön ekosysteemipalveluista Valkeasuolla Pohjois-Karjalassa. Pro Gradu -tutkielma, Itä-Suomen yliopisto, Yhteiskuntatieteiden ja kauppatieteiden tiedekunta, Historia- ja maantieteiden laitos, Toukokuu 2019.
- Niemi, J. (2020). Monitavoitteinen päätösanalyysi turvepeltojen käyttömuotojen vertailussa. Pro Gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, Metsätieteiden maisteriohjelma, Toukokuu 2020.
- Nilsson, M., Griggs, D., Visbeck, M. (2016). Policy: map the interactions between Sustainable Development Goals. *Nature News*, 534(7607), 320.
- Papadopoulou, C.-A., Papadopoulou, M.P., Laspidou, C., Munaretto, S., Brouwer, F. (2020). Towards a low-carbon economy: A nexus-oriented policy coherence analysis in Greece. *Sustainability*, 12(1), 373.
- Perdicoulis, A., Glasson, J. (2006). Causal networks in EIA. *Environmental Impact Assessment Review*, 26, 553–569.
- Rahaman, M.M., Varis, O. (2005). Integrated water resources management: evolution, prospects and future challenges. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 1(1), 15–21.
- Reed, M.S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: a literature review. *Biological Conservation*, 141(10), 2417–2431.
- Reed, M.S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., ..., Stringer, L.C. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management*, 90(5), 1933–1949.
- Riess, B. (2010). Corporate Citizenship planen und messen mit der iooi-Methode. Bertelsmann Stiftung, eNewsletter Wegweiser Bürgergesellschaft 4/2012.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., ..., Foley, J. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2).
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F., ..., Foley, J.A. (2009b). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475.
- Rosenhead, J., Mingers, J. (2001). *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*. John Wiley & Sons. Ltd., Chichester, U.K.
- Sachs, J.D., Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G., Woelm, F. (2020). Sustainable development report 2020. The Sustainable Development Goals and COVID-19. Cambridge University Press.
- Salo, A., Keisler, J., Morton, A. (Eds.). (2011). *Portfolio Decision Analysis: Improved methods for resource allocation*. International Series in Operations Research & Management Science, Vol. 162. New York: Springer.
- Sinfield, J.V., Sheth, A., Kotian, R.R. (2020). Framing the intractable: Comprehensive Success Factor Analysis for grand challenges. *Sustainable Futures*, 2, 100037.
- Stickdorn, M., Hormess, M.E., Lawrence, A., & Schneider, J. (2018). *This is service design doing: applying service design thinking in the real world*. O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, CA, U.S.A.
- Tscherning, K., Helming, K., Krippner, B., Sieber, S., Gomez y Paloma, S. (2012). Does research applying the DPSIR framework support decision making? *Land Use Policy*, 29, 102–110.
- UN (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution 70/1 adopted by the United Nations General Assembly on 25 September 2015.
- UNEP (2020). Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organization. United Nations Environment Programme. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/34554>
- Vanslebrouck, I., van Huylenbroeck, G., van Meensel, J. (2005). Impact of agriculture on rural tourism: a hedonic pricing approach. *Journal of Agricultural Economics*, 56(1), 17–30.

- Weiland, S., Tröltzsch, J. (2015). BASE Evaluation Criteria for Climate Adaptation (BECCA). BASE Policy Brief # 3, pp. 18. https://base-adaptation.eu/sites/default/files/BASE_Policy_3_June_2015_0.pdf
- Wiedmann, T., Minx, J. (2007). A definition of 'carbon footprint'. *Ecological Economics Research Trends*, 1, 1-11.
- Willows, R., Reynard, N., Meadowcroft, I., Connell, R. (2003). Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making. UKCIP Technical Report. UK Climate Impacts Programme.