

## **Pohjois-Pohjanmaan ympäristölaajennettu panos-tuotosmalli ENVIMAT-Pohjois-Pohjanmaa ja investointianalyysit**

Hannu Savolainen ja Santtu Karhinen, Suomen ympäristökeskus

Työraportti

24.1.2022

Tämä materiaali on tuotettu osana Elinvoimaa Pohjois-Pohjanmaalle vähähiilisillä ja resurssiviisailla ratkaisulla (Väre) –hanketta, jota rahoittavat Pohjois-Pohjanmaan liitto Euroopan aluekehitysrahaston varoista sekä Haapajärven, Nivalan ja Pyhäjärven kaupungit ja Iin, Lumijoen, Muhoksen, Tyrnävän ja Utajärven kunnat.



Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020

# 1. Johdanto

VÄRE-hankkeen kolmannessa työpaketissa laskettiin ja analysoitiin resurssitehokkuuspäätösten ja toimenpiteiden alueellisia talous- ja ympäristövaikutuksia. Tarkasteltavat päätökset ja toimenpiteet nousivat sekä hankkeen työpaketeissa 1 ja 2 tehdyistä selvityksistä ja yhteistyökuntien toiveista. Paketissa kartoitettiin toimenpiteiden ja investointien suoria ja välillisiä talousvaikutuksia (työllisyys, arvonlisäys, tuotos) ja samalla analysoitiin luonnonvarojen käyttöä, materiaalivirtoja sekä ympäristövaikutuksia. Tarkastelut toteutettiin hankkeessa kehitetyllä Pohjois-Pohjanmaan maakunnan ympäristölaajennetulla panos-tuotosmallilla (ENVIMAT Pohjois-Pohjanmaa).

Kansallisten ja alueellisten päästövähennystavoitteiden saavuttaminen vaatii sekä toimintatapojen muutoksia että merkittäviä investointeja. Vakiintuneiden toimintatapojen muutospaineiden vuoksi ilmasto- ja talouspolitiikka asetetaan usein vastakkain, vaikka vihreän siirtymän aikaansaamat kansainväliset markkinat ovat avoinna myös suomalaisille yrityksille (ks. esim. Kuusi ym. 2021). Investointien ja uudenkin tuotantotoiminnan osalta tulee kuitenkin pitää mielessä, että niiden toteuttaminen aiheuttaa useimmiten kasvihuonekaasupäästöjä ja kuluttaa luonnonvaroja.

Useat alueet Suomessa ovat asettaneet itselleen tavoitteita alueensa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Tavoitteen saavuttamisen seurannan mahdollistamiseksi alueellisia kasvihuonekaasupäästöjä laskevat vuosittain Suomessa muun muassa Tilastokeskus (Suomen virallinen tilasto 2022) ja Suomen ympäristökeskus (2020). Päästölaskentaperiaatteet voidaan jakaa karkeasti kahteen eri lähestymistapaan: alue- ja kulutusperusteiseen.

Alueperusteiset laskentaperiaatteet huomioivat alueen maantieteellisten rajojen sisäpuolella muun muassa suoraan fossiilisten polttoaineiden kuluttamisesta syntyvät päästöt. Laskennassa ei kiinnitetä huomiota siihen, kulutetaanko tuotettu hyödyke Suomessa vai ulkomailla. Kansalliset päästövähennystavoitteet koskevat alueperusteisia kasvihuonekaasupäästöjä, minkä vuoksi alueperäisten päästöjen seuranta tehdään virallisesti vuosittain. Toisaalta epävirallista kulutusperäisten kasvihuonekaasupäästöjen laskentaa ovat tehneet muun muassa Nissinen ja Savolainen (2019), jotka ovat osoittaneet kulutusperäisten päästöjen ylittävän alueperäiset merkittävästi.

Alueellisten päästöjen laskenta on useimmiten alue- tai tuotantoperusteista, jolloin esimerkiksi kaikki rakentamisen aiheuttamat päästöt eivät välttämättä sisälly täysimääräisesti alueen päästöihin. Esimerkiksi mikäli rakentamisen aiheuttamista päästöistä osa ulkoistetaan alueen ulkopuolelle muualle Suomeen tai ulkomaille, eikä niitä siten huomioida kehityshankkeen päästöiksi, voivat päästöarviot antaa väärän kuvan hankkeen päästövähennyspotentiaalista. Päästövähennystoimenpiteiden ekologista kestävyttä arvioitaessa on tämän vuoksi olennaista tarkastella koko tuotantoketjussa aiheutettuja kasvihuonekaasupäästöjä ja käytettyjä luonnonvaroja. Tarkastelussa huomioidaan tällöin kaikki ilmastopäästöt ja luonnonvarojen käyttö riippumatta siitä, missä tarkastelualueella kulutettu hyödyke on tuotettu.

Vähähiilisyystavoitteiden lisäksi kunnat, maakunnat ja valtionhallinto ovat ryhtyneet edistämään laajalti myös kiertotaloutta sekä resurssitehokkuutta. Esimerkkejä tästä ovat esimerkiksi FISU-verkosto (<https://www.fisunetwork.fi/fi-FI/>) ja kiertotalouden strategisen ohjelman edistäminen (<https://ym.fi/kiertotalousohjelma>). Kasvihuonekaasupäästöihin verrattuna materiaalivirtojen ja luonnonvarojen käytön seuranta ja tiedontuotanto on toistaiseksi ollut vähäisempää. Keskeisenä syynä on ollut kansallisten tavoitteiden puuttuminen. Resurssitehokkuuden lisääminen voi tuottaa alueellista elinvoimaa ja myönteistä taloudellista kehitystä. Tämä edellyttää myös maakuntatason tiedontuotantoa luonnonvarojen otosta ja käytöstä kansalliset ja ulkomaiset kauppavirrat huomioiden.

Väre-hankkeessa tuotettu ympäristölaajennettu ENVIMAT-Pohjois-Pohjanmaa-malli tarjoaa mahdollisuuden arvioida sekä investointien että koko kulutuksen hiili- ja materiaalijalanjälkeä. Ympäristövaikutusten ohella mallilla arvioidaan taloudelliset kerrannaisvaikutukset tuotantoon, arvonlisään ja työllisyyteen.

## 2. ENVIMAT-Pohjois-Pohjanmaa

Panos-tuotosmalli on yksi yleisimmistä taloudellisen toiminnan kerrannaisvaikutusten laskentamenetelmistä. Mallin keskeinen ajatus on, että tiettyyn tuotantotoimintaan kohdistuva kysyntäimpulssi saa aikaan laajalle tuotanto- ja talousjärjestelmässä leviävän kysyntäketjun. Talousjärjestelmässä toimivat yritykset ovat kytköksissä toisiinsa niiden välituotekäyttöjen kautta. Toisin sanoen yritysten tuotantotoiminta mahdollistaa myös muiden yritysten tuotantotoiminnan välituotepanostarjonnan myötä. Kerrannaisvaikutusten tarkastelu jaetaan tyypillisesti kahteen osaan:

1. Välittömät vaikutukset syntyvät suoraan siinä yrityksessä, josta toinen yritys hankkii omassa tuotantotoiminnassaan tarpeellisia välituotepanoksia. Välittömät vaikutukset eivät kohdistu tarkasteltavalle alueelle, mikäli välituotepanoksia ei voida hankkia tarkasteltavalta alueelta, vaan ne joudutaan tuomaan alueen ulkopuolelta.
2. Välilliset vaikutukset kuvaavat alkuperäisestä välittömästä kysyntäisyäyksestä liikkeelle lähteneitä taloudellisia vaikutusketjuja. Toisin sanoen, jotta tietylle toimialalle kohdistuva välitön kysyntäisyä voidaan tyydyttää, muiden toimialojen tuotoksia tarvitaan tuotantotoiminnassa välituotteina. Siten syntyy pitkä tavaroita ja palveluita koskeva vaimeneva hankintaketju, joka suuntautuu tuotantojärjestelmässä ns. taaksepäin. Tarkasteltavan alueen koko ja tuotantotoimintojen kytkeytyneisyys vaikuttavat välillisten vaikutusten suuruuteen. Tyypillisesti tuotantotoiminnan kerrannaisvaikutukset ovat sitä suurempia, mitä suurempi tarkasteltava alue on ja mitä tiheämpi toimialojen välinen riippuvuusverkosto on.

Maakunnallisen ympäristölaajennetun panos-tuotosmalli ENVIMAT-Pohjois-Pohjanmaan laadinnan lähtökohtana on pidetty kansantaloutta kuvaavaa ENVIMAT-mallia, jolla on laskettu esimerkiksi kotitalouksien kulutuksen hiilijalanjälkeä ja raaka-aineiden kulutusta (Nissinen ja Savolainen 2019). Pohjois-Karjalan materiaalivirrat ja resurssitehokkuus -hankkeen raporttia (Sironen ym. 2015) mukailleen kansallinen malli alueellistettiin Pohjois-Pohjanmaalle. Laadittu malli on kalibroitu vuoteen 2015 ja sisältää 225 tuoteryhmää ja 137 toimialaa. Vertailun vuoksi kerrotaankin, että viimeisimmät avoimet maakunnalliset panos-tuotostuotteet ovat vuodelta 2014 ja sisältävät 30 toimialaa.

Kansallisen ENVIMAT-mallin lähtöaineistojen lisäksi työssä on arvioitu mm. alueellista tuotanto- ja kulusrakennetta, luonnonvarojen ottoa ja käyttöä, energian tuotantoa ja kulutusta sekä tuotteiden ja palveluiden tuontia ja vientiä. Laskentaan sisältyvät lisäksi myös muut kuin polttoperäiset kasvihuonekaasupäästöt.

Toimiala- ja tuoteluokitukset perustuvat Tilastokeskuksen luokituksiin. Lähtödatassa kuvataan yksityiskohtaisesti tuotteiden tarjonta toimialoittain ja tuotteiden käyttö toimialoittain ja loppukäytön kategorioittain. Mallissa tuonti ja vienti on kuvattu tuoteryhmäkohtaisesti.

ENVIMAT-Pohjois-Pohjanmaa -mallin kasvihuonekaasupäästöjä ja luonnonvarojen käyttöä voi tarkastella usealla tavalla:

1. Alueperäiset päästöt ja luonnonvarojen käyttö: suoraan alueella aiheutetut päästöt ja käytetyt luonnonvarat,
2. Tuotantoperäiset päästöt ja luonnonvarojen käyttö: kohta 1 + tuontihyödykkeiden päästöt ja luonnonvarojen käyttö,
3. Kulutusperäiset päästöt ja luonnonvarojen käyttö: kohta 1 + kohta 2 vähennettynä viennin päästöt ja luonnonvarojen käyttö.

### 3. Yleiset tulokset maakunnan kasvihuonekaasupäästöistä ja luonnonvarojen käytöstä

Mallin perustuloksissa esitetään maakunnan keskeiset taloustunnusluvut, raaka-aineiden käyttö ja kasvihuonekaasupäästöt. Näitä voidaan vertailla koko maan keskimääräisiin lukuihin, jolloin Pohjois-Pohjanmaan erityispiirteet nousevat esille.

Taulukossa 1 on esitelty mallin tuottamat keskeiset talousmuuttujat ja vertailun koko maan lukuihin. Muutamia keskeisiä eroja nousee esille. Maakunnassa yksityisen kulutuksen merkitys on loppukäytössä suurempi kuin koko maassa. Samoin maakunnan käymä kauppa (tuonti ja vienti) on suurempaa kuin koko maassa keskimäärin. Kuitenkin bruttokansantuote asukasta kohti jää koko Suomen keskiarvon alapuolelle.

*Taulukko 1. ENVIMAT-Pohjois-Pohjanmaan tuottamat keskeiset taloustunnusluvut.*

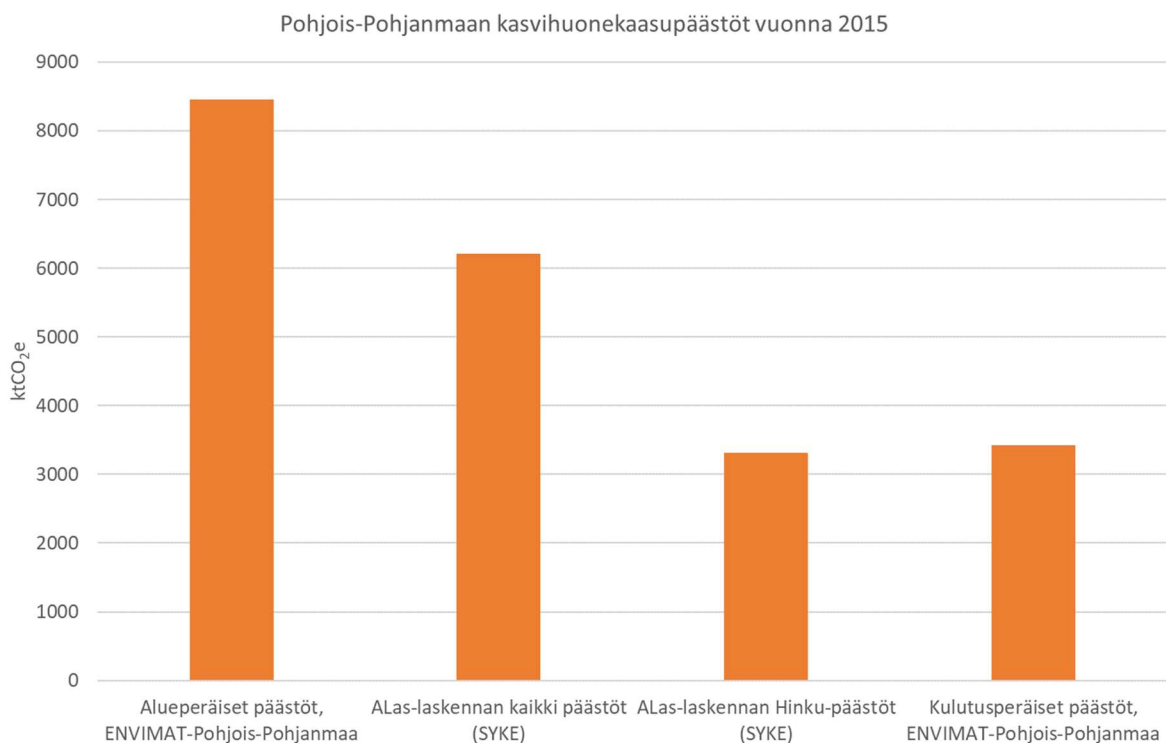
	Pohjois-Pohjanmaa		Koko Suomi	
	Meur	%	Meur	%
Yksityinen kulutus	8 058	62	115 916	55
Julkinen kulutus	3 820	29	51 141	24
Investoinnit	3 233	25	43 853	21
Vienti	5 565	43	76 493	36
- Tuonti	-7 608	-58	-77 482	-37
Bruttokansantuote yht.	13 068	100	209 921	100
Keskiväkiluku, 1000 henkeä	409		5 480	
BKT henkeä kohti, 1000 eur	31,9		38,3	
Yksityinen kulutus henkeä kohti, 1000 eur	19,7		21,2	

Taulukossa 2 on kuvattu Pohjois-Pohjanmaan talouden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt sekä maakunnan alueella että sen ulkopuolella (muu Suomi ja ulkomaat). Alueen khk-päästöt ovat noin 8,5 Mt CO<sub>2</sub>e ja tuonnin aiheuttamat päästöt lisäksi noin 1,4 Mt CO<sub>2</sub>e, eli yhteensä siis noin 9,8 Mt CO<sub>2</sub>e. Alueperäisistä päästöistä suuri osa (noin 5,8 Mt CO<sub>2</sub>e) syntyy vientituotteiden valmistuksesta. Keskeisenä tekijänä on Raahen terästehdas. Kun tarkastellaan maakunnan talouden päästöintensiivisyyttä (sarake kg/eur), niin sen voi todeta olevan hieman suurempi kuin koko maan keskiarvon (0,48 kg/eur vs. 0,44 kg/eur). Toisaalta alueen oman kulutuksen hiilijalanjälki euroa kohden laskettuna on alhaisempi kuin koko maassa keskimäärin (0,23 vs. 0,35). Maakunnan loppukäyttö synnyttää siis suhteessa vähemmän päästöjä kuin koko maassa keskimäärin. Vientiteollisuus sitä vastoin on selvästi koko maan keskiarvoa päästöintensiivisempää.

Taulukko 2. Pohjois-Pohjanmaan talouden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt 2015 (Mkg CO<sub>2</sub>e).

	Alueen omat	Tuonti	Yhteensä	%	kg/eur	Koko Suomi kg/eur
<b>Yksityinen kulutus</b>	1 762	512	2 274	23,1	0,28	0,43
<b>Julkinen kulutus</b>	302	79	381	3,9	0,10	0,18
<b>Investoinnit</b>	561	205	765	7,8	0,24	0,33
<b>Alueen oma loppukäyttö</b>	<b>2 624</b>	<b>796</b>	<b>3 420</b>	34,7	<b>0,23</b>	<b>0,35</b>
<b>Vienti</b>	5 837	591	6 428	65,3	1,16	0,69
<b>Yhteensä</b>	<b>8 462</b>	<b>1 386</b>	<b>9 848</b>	100,0	0,48	0,44

Kuvassa 1 on esitetty Pohjois-Pohjanmaan kasvihuonekaasupäästöt eri laskentatavoilla. Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) toteuttamassa alueellisessa päästölaskentatietokannassa (ALas) maakunnan kaikki päästöt vuonna 2015 olivat noin 6 208 ktCO<sub>2</sub>e ja niin sanottujen Hinku-laskentasääntöjen mukaiset päästöt noin 3 316 ktCO<sub>2</sub>e. ALas-järjestelmän laskennan kaikki päästöt eivät kuitenkaan sisällä muun muassa teollisuuden prosessipäästöjä (Lounasheimo ym. 2020), minkä vuoksi ENVIMAT-Pohjois-Pohjanmaan alueperäiset päästöt ovat huomattavasti suuremmat. ALas-järjestelmän Hinku-laskentasääntöjen mukaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat lähes samansuuruiset kuin ENVIMAT-Pohjois-Pohjanmaan kulutusperäiset päästöt.



Kuva 1. Pohjois-Pohjanmaan kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2015.

Taulukossa 3 on esitetty maakunnan aiheuttama raaka-aineiden käyttö miljoonissa kilogrammoissa. Eri raaka-ainelajit on tällöin muunnettu massamääriin ja laskettu yhteen. Raaka-ainelajit sisältävät seuraavat luokat: viljelykasvit, luonnonkasvit ja -eläimet, raakapuu, fossiiliset polttoaineet, metallimalmit, teollisuusmineraalit, rakennusmineraalit, maa-ainekset.

Luonnonvarojen otto Pohjois-Pohjanmaalla on miltei yhtä suurta kuin tuontituotteiden valmistamisen tarvitsema raaka-aineiden määrä (rivi yhteensä, 1. ja 2. sarake). Raaka-aineiden käyttö kuitenkin jakautuu oman oton ja tuonin suhteen mielenkiintoisesti. Yksityisen kulutuksen aiheuttama raaka-aineiden käyttö kohdistuu tuontituotteisiin selvästi enemmän kuin alueen omaan luonnonvarojen ottoon. Vastaavasti maakunnan investoinnit nojaavat enemmän omiin raaka-aineisiin kuin tuontivirtoihin. Viennin synnyttämä raaka-aineiden käyttö on suurin piirtein yhtä suurta oman alueen ja tuonin kesken. Kun tarkastellaan maakunnan aiheuttamaa raaka-aineiden käyttöä kokonaisuutena, puolet siitä on alueen oman loppukäytön (kulutus ja investoinnit) aiheuttamaa ja puolet kytkeytyy vientiin.

Kun vertaillaan Pohjois-Pohjanmaata koko Suomeen, maakunnan talous on kautta linjan materiaali-intensiivisempää. Sitä selittää maakunnan talouden ja viennin rakenne sekä käytössä olevat luonnonvarat. Metallin- ja metsäteollisuus edellyttävät huomattavaa luonnonvarojen käyttöä, jota tyydyttää sekä otto maakunnan alueella että muualla Suomessa ja ulkomailla.

Taulukko 3. Pohjois-Pohjanmaan talouden aiheuttama raaka-aineiden käyttö 2015 (Mkg).

	Alueen omat	Tuonti	Yhteensä	%	kg/eur	Koko maa kg/eur
<b>Yksityinen kulutus</b>	1 625	3 946	5 571	18,8	0,69	0,57
<b>Julkinen kulutus</b>	1 171	798	1 969	6,6	0,52	0,40
<b>Investoinnit</b>	5 120	2 078	7 198	24,2	2,23	1,64
<b>Alueen oma loppukäyttö</b>	<b>7 916</b>	<b>6 822</b>	<b>14 738</b>	<b>49,6</b>	<b>0,98</b>	<b>0,75</b>
<b>Vienti</b>	6 876	8 077	14 954	50,4	2,69	2,41
<b>Yhteensä</b>	14 792	14 900	29 692	100,0	1,44	1,19

#### 4. Tarkastellut investoinnit

Panos-tuotosmenetelmän käyttäminen investointien talousvaikutusten analysoinnissa on varsin yleistä (ks. esim. Miller & Blair 2009, Markari ym. 2013, IEA 2020). Maakuntatason ympäristölaajennettu panos-tuotosmalli soveltuu investointi- ja toimenpidetarkasteluihin hyvin. Mallin keskiössä on taloudellisen toiminnan aiheuttamien kerrannaisvaikutuksien tarkastelu niin talouden, työllisyyden, kasvihuonekaasupäästöjen kuin materiaalivirtojen osalta. Se kuvaa maakunnan talouden huomattavasti avoimesti saatavia panos-tuotosaineistoja tarkemmin. Mallin *tuote x toimiala* -rakenne mahdollistaa investointishokin kohdistamisen varsin tarkasti verrattuna yleisiin *toimiala x toimiala* -malleihin.

Investointien talousvaikutusten arviointi toteutettiin seuraavasti. Ensimmäiseksi analysoitiin, millaisista elementeistä investoinnit koostuvat eli miten investointien kokonaissumma jakautuu eri tuotteisiin ja työvaiheisiin. Investointien osatekijät kohdistettiin ENVIMATin tuotteille. Apuna käytettiin *tuote x investointitavara* -muuntomatriisia ja erilaisista investointihankkeista kerättyä tietoa. Koska investointishokista vain osa kohdistuu maakunnan tuotantoon ja saa näin ollen aikaan talousvaikutuksia Pohjois-Pohjanmaalla, täytyi tuotekohtainen investointikysyntä kohdistaa maakunnan ja muun Suomen tuotantoon sekä tuontiin.

Investointivektorilla kerrottiin *tuote x toimiala* -käänteismatriisia, jolloin saatiin laskettua investointikysynnän tyydyttämiseksi eri toimialoilla syntyvä tuotanto. Lopputuloksena saatiin investointishokin aiheuttama kokonaistuotantovaikutus maakunnassa. Se muodostuu suorista ja kerrannaisvaikutuksista. Suorat vaikutukset syntyvät niillä toimialoilla, jotka tuottavat investoinneissa tarvittavat tuotteet. Kerrannaisvaikutuksilla tarkoitetaan investointituotteita valmistavan toimialan muille toimialoille kohdistaman välituotekysynnän aikaansaamaa taloudellista vaikutusketjua, joka syntyy eri toimialojen välisten kytkentöjen kautta.

Tarkasteltavan toimenpidepaketin aikaansaamat talous- ja ympäristövaikutukset arvioitiin tuotantovaikutusten ja tuontituotteiden pohjalta käyttäen ympäristökuormitus- ja työpanoskertoimia. Työpanoskertoimet kertovat sen määrän, kuinka paljon miljoonan euron tuottamiseksi tarvitaan työllisiä. Työpanoskertoimet laskettiin jakamalla toimialoittaiset työllisten määrät toimialoittaisilla kokonaistuotoksilla. Työllisyysvaikutukset laskettiin puolestaan kertomalla saadut tuotantovaikutukset toimialoittaisilla työpanoskertoimilla.

Toimialoittaisia tuotantovaikutuksia tarkasteltiin myös arvonlisäyksen kautta. Arvonlisäyksiksi tuotantovaikutukset muutettiin jakamalla toimialoittaiset arvonlisäyksien määrät alkuperäisillä toimialoittaisilla tuotannoilla. Kertomalla arvonlisäyksen osuuksia kuvaavalla vektorilla saatuja tuotantovaikutuksia muutettiin tulokset arvonlisäyksiksi ja suhteutettiin bruttokansatuotteeseen.

Ympäristövaikutukset laskettiin toimialakohtaisten kasvihuonekaasukertoimien sekä tuotekohtaisten elinkaaristen päästökertoimien avulla. Näin toimittiin myös materiaalivirtojen osalta.

Yhden vuoden tuotantorakennetta kuvaavassa panos-tuotosanalyysissä kiinteät työpanoskertoimet ratkaisevat, kuinka suuriksi eri toimialoille kohdistuvat tuotannon työllisyysvaikutukset lopulta muodostuvat. Koska työpanoskertoimet laskettiin jokaiselle toimialalle erikseen, voivat toimialojen samansuuruiset tuotantovaikutukset merkitä hyvinkin erisuuruisia työllisyysvaikutuksia.

Mallinnuksen tuloksia voidaan tarkastella toimialoittain eli kuinka paljon tuotosta, arvonlisäystä ja työllisyyttä syntyi investointishokin seurauksena tietyllä toimialalla. Kokonaisvaikutukset maakunnan tasolla saadaan summaamalla em. tunnusluvut toimialojen ylitse. Tämä koskee myös kasvihuonekaasupäästöjä ja raaka-aineiden käyttöä.

Mallinnus sisältää erinäisiä epävarmuuksien lähteitä. Mallin staattisen luonteen, rakenteen ja oletusten vuoksi talouden tarjontapuoli ei aseta rajoituksia positiivisen investointishokin vaikutuksille. Tuotantopanoksille (esim. työvoima, välituotteet) ei siis ole kapasiteettirajoituksia. Investointishokki ei myöskään syrjäytä muita investointeja eikä lisääntyvän kysynnän oleteta vaikuttavan hintoihin. Näin ollen mallinnuksen tulokset edustavat eri investointien maksimivaikutuksia. Malli kuitenkin tarjoaa systemaattisen tavan tarkastella eri investointien talous- ja ympäristövaikutuksia. ENVIMAT on kalibroitu vuoden 2015 datalla, ja näin ollen vuodelle 2021 ja sitä myöhemmälle ajalle tehtävät tarkastelut sisältävät jonkin verran harhaa talouden mahdollisesti muuttuvan rakenteen vuoksi. Sama havainto pätee myös datasta laskettuihin työpanos-, arvonlisäys- ja kuormituskertoimiin. Mallinnuksen tulokset ovat herkkiä eri tuotteiden tuontiosuuksille ja investointien kohdistumiselle eri tuotteille. Tuontiosuudet vaikuttavat suoraan maakunnan tuotantoon kohdistuvan investointishokin kokoon ja sitä kautta talousvaikutuksiin. Samoin investointien kohdistaminen eri tuotteille vaikuttaa tuloksiin, koska eri tuotteita tuotetaan eri toimialoilla, jolloin toimialan kytkökset muuhun talouteen ja toimialan työpanoskertoimet vaikuttavat suoraan tuloksiin.

ENVIMAT-Pohjois-Pohjanmaa-mallilla tehtiin investointianalyysjä hankkeessa identifioituista vähähiilisyys- ja resurssitehokkuustoimenpiteistä. Seuraavassa on esimerkinomaisesti esitelty kolme erilaista investointikokonaisuutta.

#### 4.1. Utajärven tuulivoimalat

Tuulivoimainvestoinneista tarkasteltiin Utajärvelle suunniteltujen Maaselän (39 MW) ja Pahkavaaran (189 MW) tuulivoima-alueiden ympäristö- ja aluetalousvaikutuksia. Investoinnin toteuttamiseen vaaditut hankinnat ja niiden suuruusluokat saatiin tuulivoimahankkeita kehittäväältä toimijalta. Investointien kokonaissumma on 297 miljoonaa euroa (1,303 milj. euroa / MW).

Tuulivoimahankkeen toteuttamisessa tarvitaan tavaroita ja palveluita. Tuulivoimalat kattavat selkeästi suurimman osan voimalainvestointien kustannuksista (70 %). Muista hankinnoista suurin osa liittyy voimaloiden perustuksiin (5,5 %), maanrakentamiseen (7 %) sekä sähkötöihin (7 %).

Itse tuulivoimalan lisäksi sen hintaan luetaan yleensä kuuluvaksi myös muita toimintoja, joista osa kohdistuu myös Suomeen. Voimaloiden valmistus tapahtuu pääosin Saksassa (esim. Nordex) tai Tanskassa (esim. Vestas), josta ne laivataan suunnitellun tuulivoimapuistoalueen näkökulmasta lähimpään satamaan. Voimalan osat kuljetetaan satamasta hankealueelle maakuljetuksena, jonka hoitaa tyypillisesti suomalainen kuljetusliike. Voimaloiden pystytykseen vaadittujen nosturien vuokraus ja operointi, projektin hallinnointi pystytysvaiheessa sekä voimaloiden käyttöönotto lasketaan myös kuuluviksi voimaloiden hankintahintaan.

Perustustyöt muodostavat suuren osan hankkeen muista kustannuksista. Tyypillisesti perustustyöt tekee suomalainen yritys, joka käyttää aliurakoitsijoina paikallisia toimijoita mahdollisuuksien mukaan. Esimerkiksi perustusten betoni hankitaan mahdollisimman läheltä hankealuetta, jotta kuljetuskustannukset eivät kasva liian suuriksi.

Maanrakennustyöt koostuvat useista osa-alueista, kuten olemassa olevien metsäautoteiden parantamisesta, uusien teiden rakentamisesta, asennuskenttien tasoittamisesta, työmaalla tarvittavien muiden alueiden (työmaatoimisto, varastointialueet) tasoittamisesta sekä maamassojen vaihdoista. Maanrakennustyöt pyritään tyypillisesti hankkimaan mahdollisuuksien mukaan tuulipuistoalueen läheltä.

Voimalan toimintaan saattaminen sisältää merkittävän määrän sähkötöitä. Esimerkiksi voimaloiden välisten maakaapeliin asentaminen, ulkoisen maakaapelin asentaminen tuulivoimapuiston ja sähköaseman välille sekä sähköaseman rakentaminen kuuluvat keskeisiin sähkötöihin, joiden urakoinnista suuri osa voidaan hankkia alueellisilta toimijoilta.

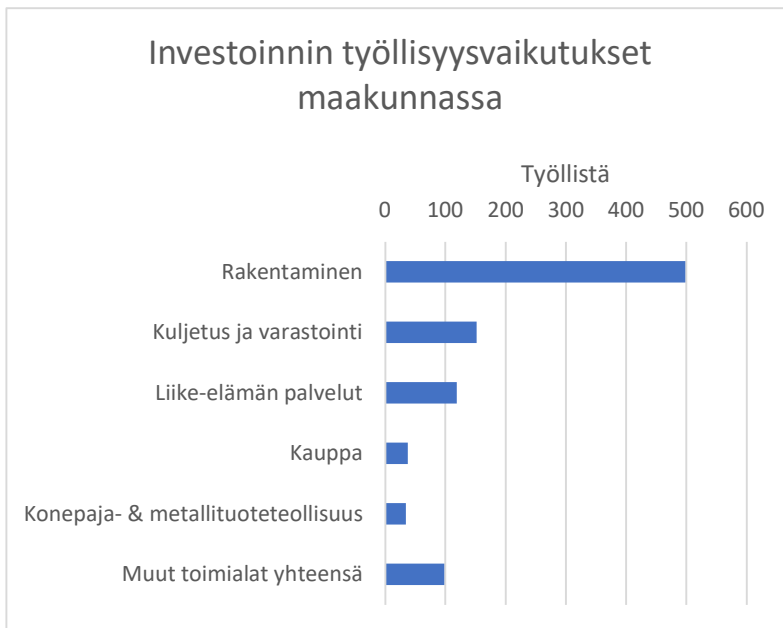
Selvityskuluja syntyy esimerkiksi maaperätutkimuksista, urakoitsijoiden kilpailuttamisesta, tarkastuksista ja suunnittelusta, joista osa voidaan hankkia hankealueen ulko- tai sisäpuolelta riippuen palveluiden alueellisesta saatavuudesta. Rahoituskulut sekä muut kulut lasketaan kohdistuvaksi Suomeen, mutta hankkeen vaikutusalueen ulkopuolelle.

Taulukossa 4 on esitelty investoinnin keskeiset taloudelliset vaikutukset. Investoinnista 28 % kohdistuisi maakunnan talouteen. Kokonaisvaikutus työllisyyteen suorat ja välilliset vaikutukset huomioiden olisi maakunnassa 939 työllistä. Kuvassa 2 esitellään työllisyysvaikutus eri toimialoilla. Suurin vaikutus kohdistuisi rakentamiseen ja tämän jälkeen kuljetuksen ja varastoinnin toimialalle sekä liike-elämän palveluihin.



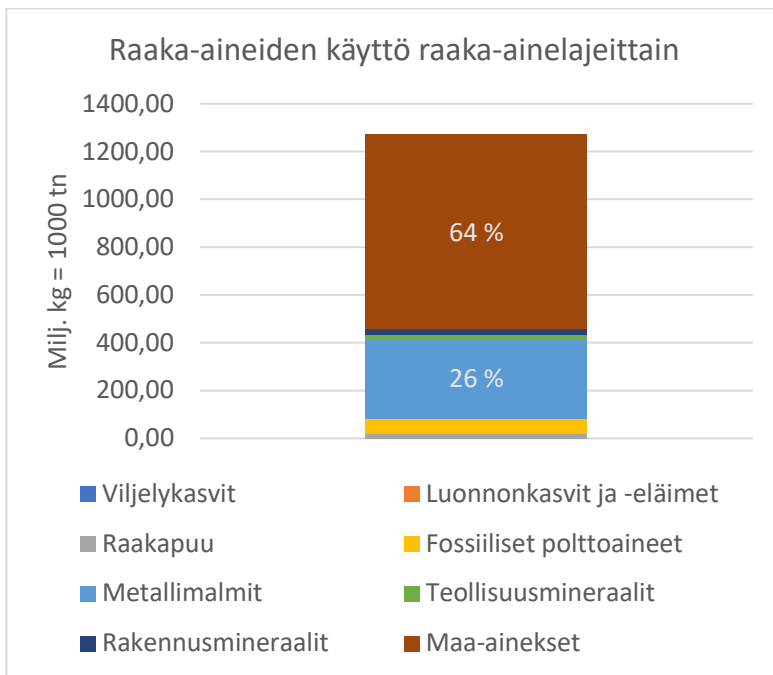
Taulukko 4. Tuulivoimainvestointien talous- ja työllisyysvaikutukset. PP viittaa Pohjois-Pohjanmaan maakuntaan kohdistuviin vaikutuksiin.

Investointi yhteensä, Meur	296
Investointi, Meur (PP)	83
Maakunnan osuus investoinnista	28 %
vaikutus tuotokseen, Meur (PP)	143
vaikutus arvonlisäykseen, Meur (PP)	58
<b>vaikutus työllisyyteen, työllistä (PP)</b>	<b>939</b>
työllisyyskerroin_1 (työllistä / investointi yhteensä Meur)	3,2
työllisyyskerroin_2 (työllistä / investointi maakuntaan Meur)	11,3

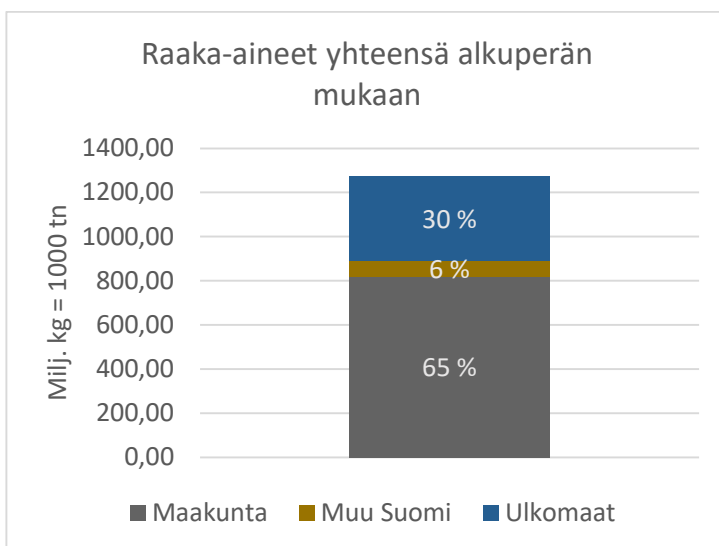


Kuva 2. Tuulivoimainvestointien työllisyysvaikutusten (työllistä) jakautuminen toimialoittain maakunnassa.

Kuvissa 3 ja 4 on esitetty tuulivoimainvestoinnin raaka-ainekäyttö. Koko tuotantoketjussa käytettäisiin massamääräisesti eniten maa-aineksia ja toiseksi eniten metallimalmeja. Noin 2/3 luonnonvarojen otosta kohdistuisi maakunnan alueelle ja noin 30 % ulkomaille.

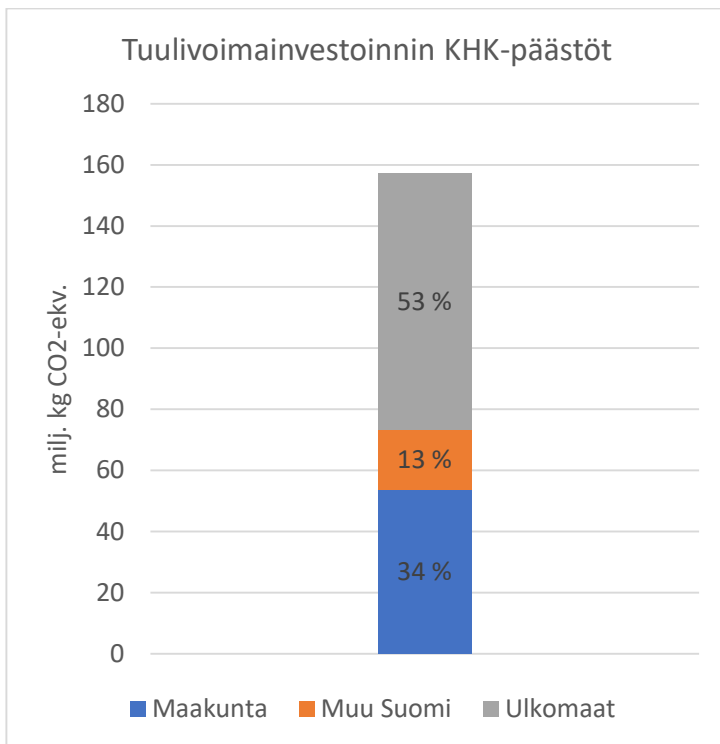


Kuva 3. Tuulivoimainvestointien edellyttämä raaka-aineiden käyttö raaka-ainelajeittain.



Kuva 4. Tuulivoimainvestointien edellyttämä raaka-aineiden käyttö alkuperän mukaan.

Kuvassa 5 on esitetty investoinnin synnyttämät kasviuonekaasupäästöt ja niiden jakautuminen maakunnan, muun Suomen ja ulkomaiden välillä. Tarkastelussa on siis rakentamisvaiheen kasviuonekaasupäästöt, tuulivoiman tuotannon mahdollisia myönteisiä päästövaikutuksia ei tarkasteltu. Yli puolet khk-päästöistä syntyisi ulkomailla, mikä on seurausta investoinnissa tarvittujen tuontituotteiden tuotannosta. Maakunnan alueella syntyisi noin 1/3 päästöistä.



Kuva 5. Tuulivoimainvestointien synnyttämät kasvihuonekaasupäästöt alkuperän mukaan jaoteltuna.

## 4.2. Pyhäjärven pumppuvoimalan rakentaminen

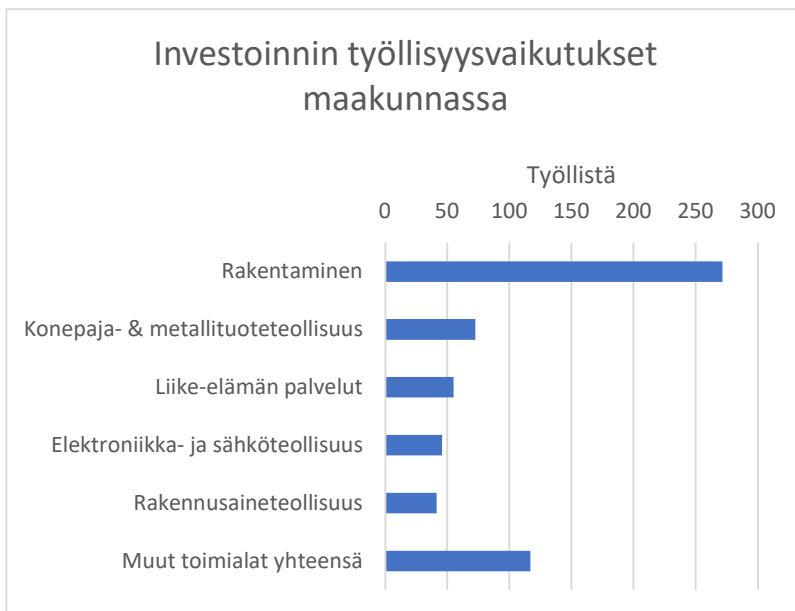
Pyhäsalmen kaivoksen toiminta loppuu lähivuosina, ja yhdeksi kaivoksen uusiokäyttövaihtoehtoista on esitetty pumppuvoimaan perustuvaa energiavarastoa, jonka tuotantoteho on 75 MW. Jatkuvan toiminnan ympäristövaikutuksiltaan voimala on maltillinen, koska se on luonnonvesistöistä irrallaan olevan suljettu systeemi. Toteutuessaan voimala on Suomen suurin energiavarasto, joka helpottaa vaihtelevan sähköntuotannon, kuten tuuli- ja aurinkosähkön, kustannustehokasta integrointia Suomen sähköjärjestelmään.

Voimalan pumput ja generaattorit tuodaan ulkomailta, mutta alueelta voidaan hankkia muun muassa louhintapalveluita, betonituotteita, metallirakenteita, sähkötöitä sekä maa- ja vesirakentamispalveluita.

Taulukossa 5 on esitelty investoinnin keskeiset taloudelliset vaikutukset. Investoinnista 62 % kohdistuisi maakuntaan. Kokonaisvaikutus työllisyyteen suorat ja välilliset vaikutukset huomioiden olisi maakunnassa 604 työllistä. Kuvassa 6 esitellään työllisyysvaikutus eri toimialoilla. Suurin vaikutus kohdistuisi rakentamiseen ja tämän jälkeen konepaja- ja metallituoteteollisuuden toimialalle sekä liike-elämän palveluihin.

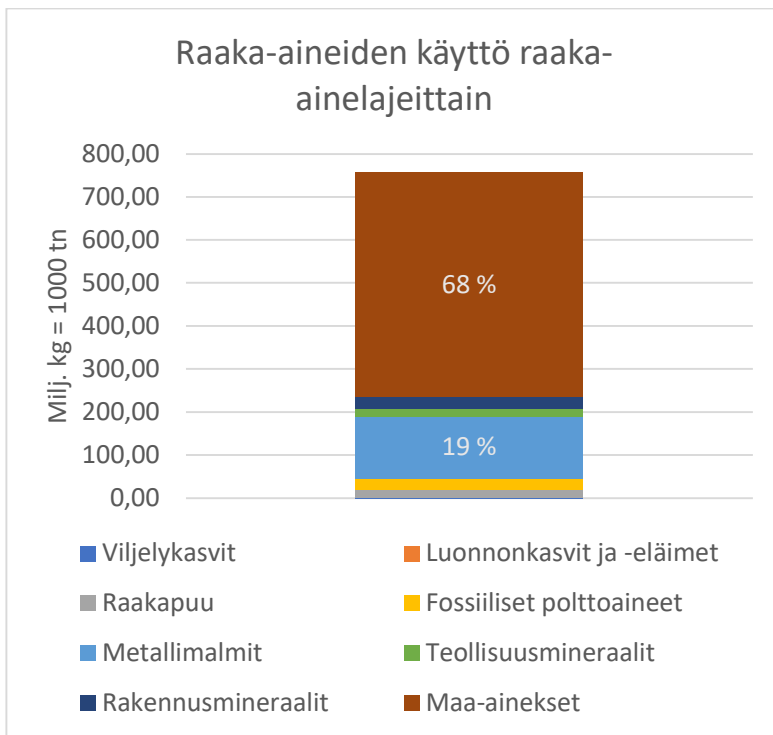
Taulukko 5. Pumppuvoimalainvestoinnin talous- ja työllisyysvaikutukset.

Investointi yhteensä, Meur	103
Investointi, Meur (PP)	63
Maakunnan osuus investoinnista	62 %
vaikutus tuotokseen, Meur (PP)	106
vaikutus arvonlisäykseen, Meur (PP)	40
<b>vaikutus työllisyyteen, työllistä (PP)</b>	<b>604</b>
työllisyyskerroin_1 (työllistä / investointi yhteensä Meur)	5,9
työllisyyskerroin_2 (työllistä / investointi maakuntaan Meur)	9,5

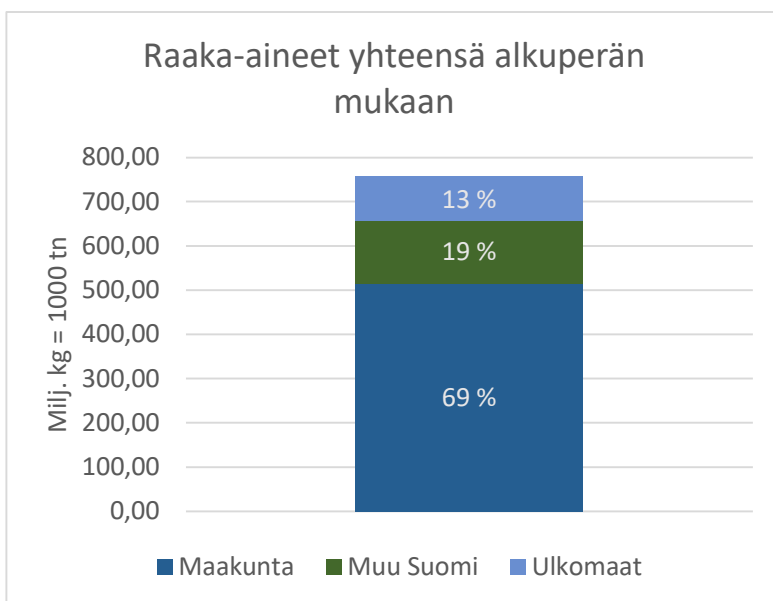


Kuva 6. Pumppuvoimalainvestoinnin työllisyysvaikutusten (työllistä) jakautuminen toimialoittain maakunnassa.

Kuvissa 7–8 on esitetty pumppuvoimalainvestoinnin raaka-ainekäyttö. Koko tuotantoketjussa käytettäisiin massamääräisesti eniten maa-aineksia ja toiseksi eniten metallimalmeja. Noin 70 % luonnonvarojen ostopuhtaus kohdistuisi maakunnan alueelle, 19 % muualle Suomeen ja 13 % ulkomaille.

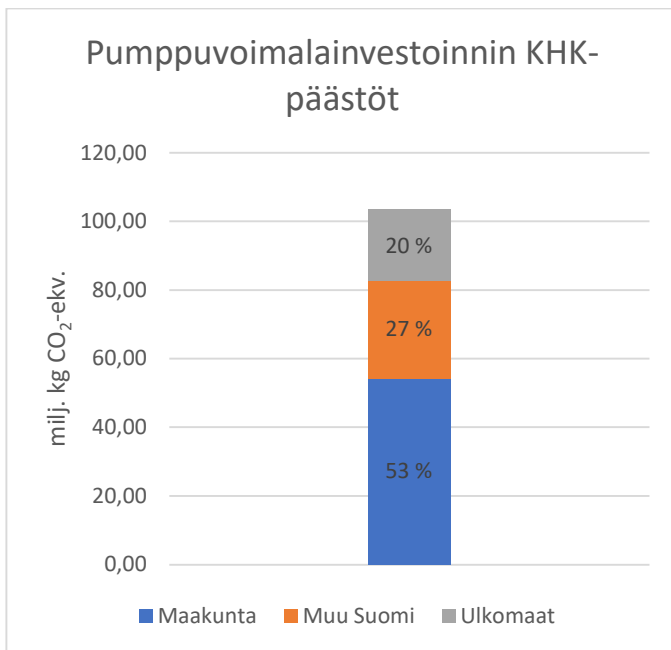


Kuva 7. Pumppuvoimalainvestoinnin edellyttämä raaka-aineiden käyttö raaka-ainelajeittain.



Kuva 8. Pumppuvoimalainvestoinnin edellyttämä raaka-aineiden käyttö alkuperän mukaan.

Kuvassa 9 on esitetty investoinnin synnyttämät kasvihuonekaasupäästöt ja niiden jakautuminen maakunnan, muun Suomen ja ulkomaiden välillä. Yli puolet khk-päästöistä syntyisi maakunnan alueella, muualla Suomessa 27 % ja ulkomailla 20 %.



Kuva 9. Pumppuvoimalainvestoinnin synnyttämät kasvihuonekaasupäästöt alkuperän mukaan jaoteltuna.

### 4.3. Muhoksen Kirkkosaaren kaava-alueen rakennusten rakentaminen

Muhoksen Kirkkosaaren alueelta tarkasteltiin uuden asuinalueen kaavavaihtoehtojen ympäristö- ja talousvaikutuksia. Alueelle on luotu kaksi vaihtoehtoista kaavarunkoa, joissa edellytetään puurakennuksia. Arvioinnissa keskityttiin runkovaihtoehtojen eroihin, joiden lisäksi muut hankinnat (muun muassa maanrakennustyöt, sähkötyöt, LVI-työt) laskettiin rakentamistoimialan keskimääräisen välituotekäytön avulla.

1. Pientalokaavassa on 58 pientaloa, joiden keskimääräinen kerrosala on 120 m<sup>2</sup>. Pientalojen kustannuslaskennassa neliökohtaisena kustannusarviona on käytetty 2 200 euroa/m<sup>2</sup>.
2. Luhti- ja kerrostalokaavassa on yhdeksän kaksikerroksista luhtitaloa ja kolme nelikerroksista kerrostaloa. Molempien kustannusarviona on käytetty 3 200 euroa/m<sup>2</sup>.

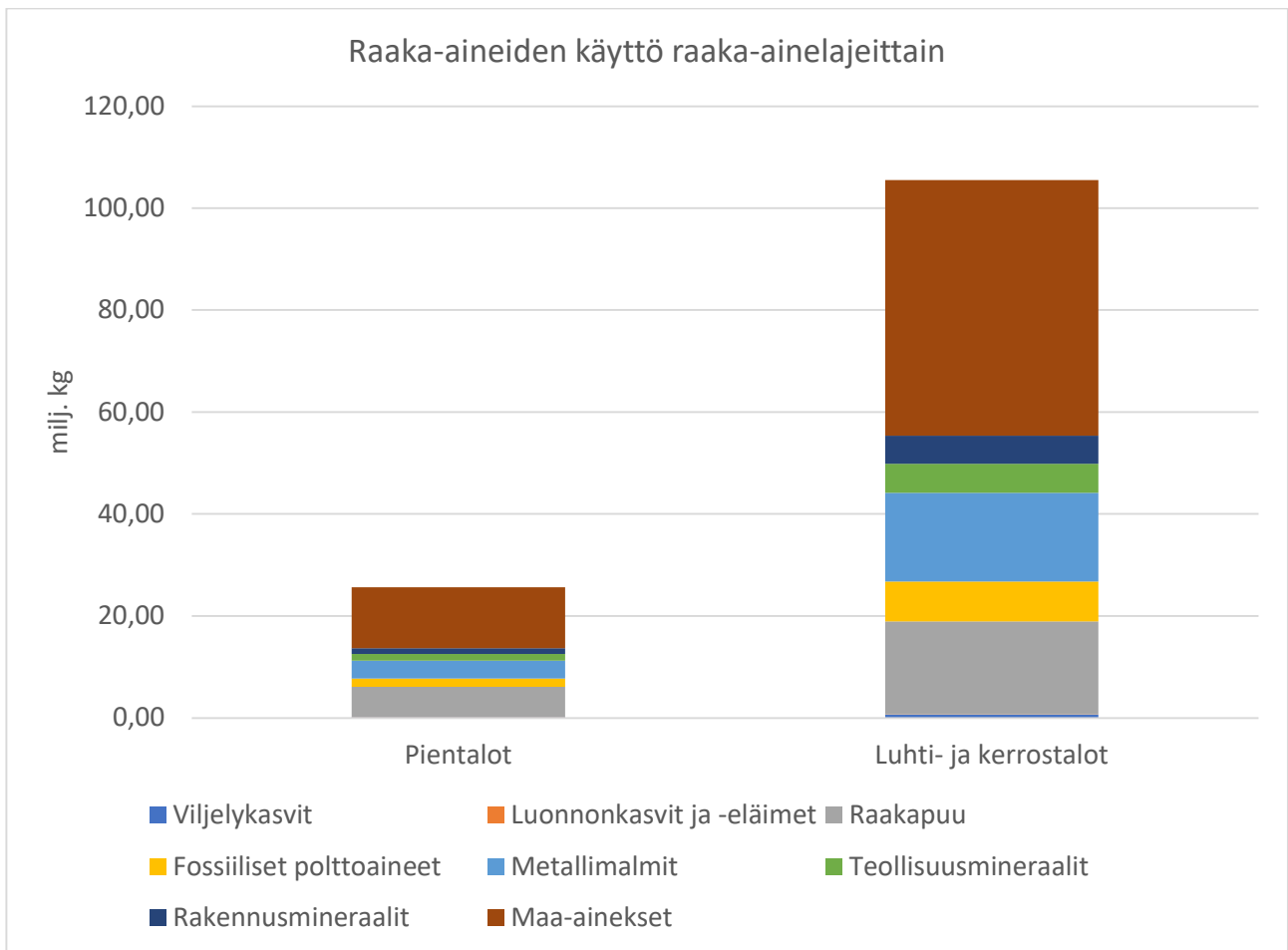
Edustavien mallirakennusten materiaalitiedot saatiin OneClickLCA-ohjelmistosta, jonka materiaalitiedot täsmätettiin ENVIMAT-mallin tuoteluokitteluun ja muutettiin euromääräisiksi tuoteluokkakohtaisilla hintatiedoilla. Hankinnat kohdistuvat suurelta osin kotimaisiin tuotteisiin, joita ovat muun muassa betonituotteet, puutuotteet, EPS-eristeet, kivivillat, höyrynsulkumuovit ja kipsilevyt.

Taulukossa 6 on esitelty investoinnin keskeiset taloudelliset vaikutukset. Luhti- ja kerrostaloratkaisu olisi taloudelliselta suuruusluokaltaan selvästi pientaloratkaisua kookkaampi. Tämä heijastuu vaikutuksiin tuotoksessa, arvonlisäyksessä ja työllisyydessä. Kun työllisyysvaikutus suhteutetaan maakuntaan kohdistuvaan investointishokkiin, näyttäytyy pientaloratkaisu työllisyyden kannalta parempana. Molemmissa ratkaisuissa noin 90 % investoinnista kohdistuisi maakuntaan. Taulukossa näkyvät myös runkovaihtoehtojen materiaali-intensiivisyys ja kasvihuonekaasuintensiivisyys. Nämä kertovat raaka-aineiden käytön ja syntyvät kasvihuonekaasupäästöt suhteessa kokonaisinvestointiin. Pientaloratkaisu on materiaali-intensiivisempi kuin luhti- ja kerrostaloratkaisu. Samoin pientaloratkaisu on khk-intensiivisempi. Tässä ero on kuitenkin pienempi kuin materiaali-intensiivisyydessä.

Taulukko 6. Pientalo- sekä luhti- ja kerrostaloinvestointien talous- ja työllisyysvaikutukset.

	Pientalot	Luhti- ja kerrostalot
<b>Investointi yhteensä M€</b>	11	58
<b>Investointi maakuntaan M€</b>	10	50
<b>vaikutus tuotokseen M€</b>	19	92
<b>vaikutus arvonlisäykseen M€</b>	8	39
<b>vaikutus työllisyyteen (työllistä)</b>	116	418
<b>työllisyyskerroin_1 (työllistä / investointi M€)</b>	10,2	7,2
<b>työllisyyskerroin_2 (työllistä / investointi maakuntaan M€)</b>	11,3	8,3
<b>Maakunnan osuus investoinnista</b>	90 %	87 %
<b>materiaali-intensiteetti kg/eur</b>	2,25	1,83
<b>khk-intensiteetti kg CO2-ekv./eur</b>	0,52	0,49

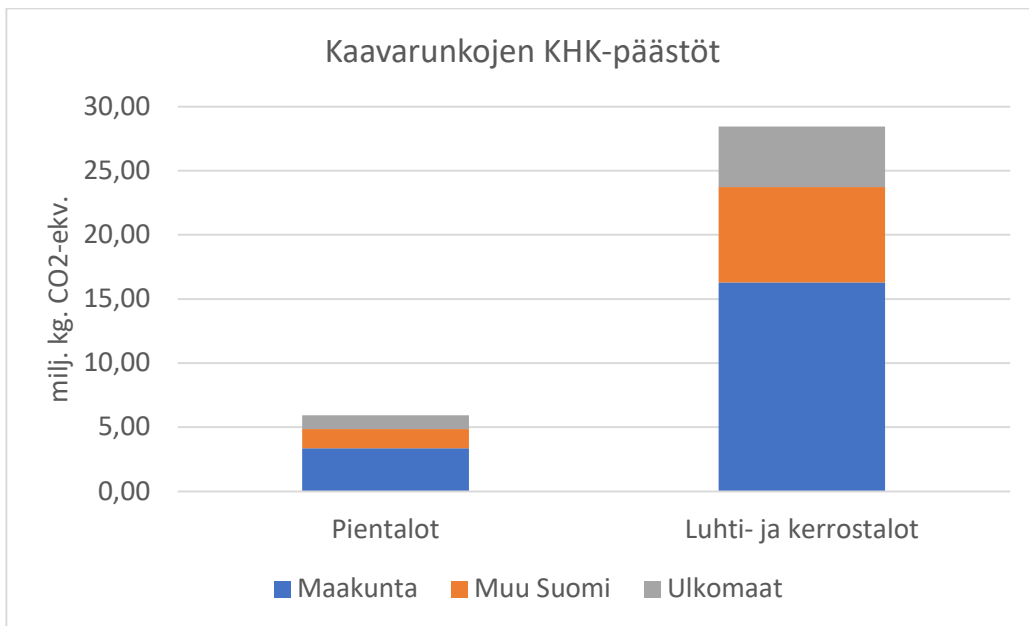
Kuvissa 11 on esitetty kaavarunkovaihtoehtojen raaka-ainekäyttö. Kokonaismäärät eroavat toisistaan hankkeiden laajuuden vuoksi. Pientaloratkaisussa raakapuun suhteellinen osuus on suurempi. Luhti- ja kerrostalovaihtoehdossa korostuvat maa-ainekset ja metallimalmien käyttö.



*Kuva 10. Eri runkoratkaisujen edellyttämä raaka-aineiden käyttö raaka-ainelajeittain.*

Kuvassa 11 on esitetty kaavarunkovaihtoehtojen synnyttämät kasvihuonekaasut ja niiden jakautuminen maakunnan, muun Suomen ja ulkomaiden välillä. Molemmissa khk-päästöjen jakautuminen on miltei samaa suuruusluokkaa. Noin 56–57 % syntyisi maakunnan alueella, noin 26 % muualla Suomessa ja 17–18 % ulkomailla.





Kuva 11. Eri runkoratkaisujen synnyttämät kasvihuonekaasupäästöt alkuperän mukaan jaoteltuna.

## 5. Lähteet

Kuusi, T. ym. 2021. Vihreät toimet – ilmastopolitiikan vaikutuksia työllisyyteen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:22. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-233-6>

Lounasheimo, J. ym. 2020. Suomen kuntien kasvihuonekaasupäästöjen laskenta. ALas-mallin menetelmäkuvaus ja laskentojen tuloksia 2005–2018. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 25/2020.

Nissinen, A. & Savolainen, H. (2019). Carbon footprint and raw material requirement of public procurement and household consumption in Finland - Results from the ENVIMAT-model. Reports of the Finnish Environment Institute 15en/2019. Saatavilla: <http://hdl.handle.net/10138/312377>

Sironen, S. ym. 2015. Pohjois-Karjalan materiaalivirrat ja resurssitehokkuus. Pohjois-Karjalan materiaalivirrat ja resurssitehokkuus -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 30/2015.

Suomen virallinen tilasto (SVT): Kasvihuonekaasut [verkkojulkaisu]. ISSN=1797-6049. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 24.1.2022]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/khki/index.html>