



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

ALUEELLISEN
ENERGIATEHOKKUUDEN
LISÄÄMINEN RAKENNETUSSA
KULTTUURIYMPÄRISTÖSSÄ KIVERIÖN
PIENTALOALUEELLA

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Miljösuunnittelun suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö
Syksy 2011
Petri Peltonen

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

PELTONEN, PETRI: Alueellisen energiatehokkuuden lisääminen rakennetussa kulttuuriympäristössä Kiveriön pientaloalueella

Miljöösunnittelun opinnäytetyö, 120 sivua

Syksy 2011

TIIVISTELMÄ

Lahden kaupungin strategisena päämääränä on olla kasvava ja elinvoimainen kestävä kehityksen kaupunki. Kasvavan väestömäärän asuttaminen kestävällä tavalla edellyttää yhdyskuntarakenteen tiivistämistä ja asumisen energiatehokkuuden parantamista. Tämän opinnäytetyön päämääränä oli selvittää miten pääosin yksityisessä omistuksessa olevia, kulttuurihistoriallisesti arvokkaita pientaloalueita voidaan ohjata energiatehokkaaseen ja ilmasto- ja energiastrategiaa noudattavaan, kestävä kehityksen mukaiseen tiivistyvään rakentamiseen. Vastaavia kohteita on useissa Suomen kaupungeissa, mutta tietoa, miten alueellisen energiatehokkuuden tehostamispyrkimykset voidaan toteuttaa tällaisissa kohteissa, ei ole aiemmin ollut. Lisäksi työssä haettiin kynnysarvoja sille, milloin yhdyskuntarakenteen tiivistämisen haitat alkavat muodostua hyötyjä suuremmiksi.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin kirjallisuuden, paikkatietomenetelmien ja viranomaisyhteistyön sekä energia- ja päästölaskelmien avulla Kiveriön kaupungin osassa sijaitsevan Suopuiston pientaloalueen täydennys- ja lisärakentamisen, rakennusten energiatehokkuuden parantamisen ja hajautetun energiantuotannon käytön mahdollisuuksia ja vaikutuksia.

Työn tulokset osoittavat, että ohjaamalla rakentamista asemakaavoituksella ja rakentamistapaohjeilla voidaan alueellista energiatehokkuutta lisätä ja hiilidioksidipäästöjä vähentää nykyisten rakennusten perusparantamisella ja lämmitysjärjestelmän muutoksilla, liikennettä vähentävällä ja alueen arvokkaat ominaispiirteet säästävällä täydennys- ja lisärakentamisella, uusiutuvan energian hyödyntämisellä, energiansäästöllä ja käyttämällä puuta rakennusmateriaalina. Täydennys- ja lisärakentamiskohteiden selvittämisessä viranomaisyhteistyö ja maastotarkastukset ovat ratkaisevassa asemassa. Kulttuuriympäristöaluetta ei tule tiivistää, mikäli alueen arvokkaat ominaispiirteet tai muut ominaisuudet, kuten ekosysteemipalvelut, eivät kestä sitä. Työ osoittaa, että yleispätevien kynnysarvojen määrittäminen yhdyskuntarakenteen tiivistämisen haitallisille vaikutuksille on hankalaa vaikutusten monimuotoisuuden ja eri aikakausilta peräisin olevien alueiden erilaisten ominaispiirteiden vuoksi. Täydennys- tai lisärakentaminen edellyttää hankkeen hyötyjen ja haittojen tapauskohtaista arviointia, ja suunnittelussa tulee aina noudattaa varovaisuusperiaatetta.

Avainsanat: ekosysteemipalvelut, ilmastonmuutos, kaavoitus, kasvihuonekaasupäästöt, liikenne, täydennysrakentaminen, uusiutuvat energialähteet, yhdyskuntarakenne

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental Technology

PELTONEN, PETRI: The increase of regional energy efficiency in the cultural environment of an area of detached housing in Kiveriö

Bachelor's Thesis in Environmental Planning

120 pages

Autumn 2011

ABSTRACT

The city of Lahti has a strategic aim for sustainable growth and development. Settling the increasing population in a sustainable way requires the prevention of urban sprawl by complementary building and increase in the energy efficiency of housing. These actions, however, may have restrictions in residential areas that have cultural historic values. The objective of this study was to investigate how areas of detached housing that have cultural historical values could be guided to complementary building in a sustainable way. Similar residential areas are located in many Finnish communities, but so far there are no studies on how the energy efficiency could be increased in these areas and what the thresholds are when the cons of complementary building become greater than the pros.

The detached housing area of Suopuisto located in the Kiveriö district some 2 km north-east from the city center was used as an example in this study. The possibilities for complementary building, the increase in the energy efficiency of low-rise houses and the use of distributed energy production as well as their effects were assessed by using literature, geographic information system methods, energy and emission calculations and by collaboration with authorities.

This work emphasizes the importance of detailed plans and building instructions as the principal guiding methods leading to increase in the energy efficiency and decrease in the carbon dioxide emissions of residential areas. These objectives can be reached by building renovations and change in heating system, decrease in traffic due to building into pedestrian or public transport zones, use of renewable energy, energy saving and by using wood as building material and fuel. Collaboration with authorities, especially museum authorities and field investigations are essential for the success of complementary building. During this work, it was found that complementary building should not be done in a built cultural environment, if the valuable features of the area would not stand it, or if other features, such as the local ecosystem services, would be endangered.

The results seem to indicate that general thresholds for the negative effects of complementary building are difficult to address because the effects are diverse and because each residential area have their own, age and building type related characteristics. Therefore, area specific assessment is required. In addition, the precautionary principle should always apply in planning.

Key words: climate change, complementary building, ecosystem services, greenhouse gas emissions, land use planning, renewable energy, traffic, urban structure

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	ILMASTONMUUTOKSEN HILLINTÄ JA MUUTOKSEN VAIKUTUKSIIN VARAUTUMINEN	3
3	ALUEELLISEN ENERGIATEHOKKUUDEN LISÄÄMINEN	6
3.1	Yhdyskuntarakenteen eheyttäminen ja liikenne	6
3.1.1	Käsitteet	6
3.1.2	Eheyttämisen perustelut	10
3.1.3	Eheyttämisen tavoitteet	11
3.1.4	Eheyttämisen lähtökohdat ja keinot	13
3.2	Hajautettu energiantuotanto ja uusiutuvat energianlähteet	15
3.2.1	Energiantuotannon vaihtoehtoja	15
3.2.2	Aurinkoenergia	16
3.2.3	Tuulienergia	19
3.2.4	Lämpöpumput	23
3.2.5	Bioenergia	25
3.2.6	Hajautetun energiantuotannon vertailuja	28
3.3	Rakennukset	30
4	KULTTUURIYMPÄRISTÖ	38
4.1	Käsitteet	38
4.2	Kulttuuriympäristön suojelu ja hoito	39
4.3	Kulttuuriympäristö ja ilmastonmuutos	42
5	EKOSYSTEEMIPALVELUT	45
5.1	Käsitteet	45
5.2	Virkistys viheralueiden ekosysteemipalveluna	48
5.3	Hiilivarastot viheralueiden ekosysteemipalveluna	49
6	SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT JA ALUEEN ANALYYSSIT	52
6.1	Luonnonympäristö	40
6.2	Rakennettu ympäristö	46
6.3	Maanomistus	52
6.4	Aluetta koskevat suunnitelmat, päätökset ja selvitykset	52
6.5	Täydennys- ja lisärakentamiskohteet	53
6.6	Energiantuotantotapojen vaihtoehdot	57
7	ASEMAKAAVAN LUONNOSVAIHTOEHDOT	59
7.1	Osa-alue 1	59
7.2	Osa-alue 2	61
7.3	Osa-alue 3	61
7.4	Osa-alue 4	62
7.5	Osa-alue 5	62
7.6	Vaikutukset aluetehokkuuteen	65
8	LUONNOSVAIHTOEHTOJEN ENERGIATEHOKKUUS	66
8.1	Rakennusten energiankulutus	66
8.1.1	Lämmitys	66

8.1.2	Laitesähkö	68
8.2	Liikenteen energiankulutus	69
8.3	Kunnallistekniikan energiankulutus	70
8.4	Primäärienergiankulutus	70
8.5	Päästöt	71
8.5.1	Päästökertoimet	71
8.5.2	Metsien ja rakennusmateriaalien hiilivarastot	72
9	TULOKSET	75
9.1	Asukasluku ja rakennukset	75
9.2	Kokonaisenergiankulutus ja päästöt	76
9.3	Hiilinielut	80
9.4	Herkkyystarkastelut	81
10	LUONNOSVAIHTOEHTOJEN MUUT VAIKUTUKSET	86
11	RAKENTAMISTAPAOHJEIDEN LUONNOS	88
11.1	Rakentamistapaohjeiden tarkoitus	88
11.2	Alueen ominaispiirteet	88
11.3	Täydennys- ja lisärakentaminen	89
11.3.1	Uudisrakennusten sijoitus tontille, suuntaus ja sovitussuunnitelma	89
11.3.2	Koko ja muoto (massoittelu)	90
11.3.3	Kerros- ja kerrosluku	91
11.3.4	Aukotus ja lämpöä varastoivat massat	91
11.3.5	Tilojen järjestely ja muunneltavuus	92
11.3.6	Tiiviys, lämmöneristys ja kosteuden hallinta	92
11.3.7	Julkisivumateriaalit ja värit	93
11.3.8	Kattomuoto ja -kaltevuus, räystäät	94
11.3.9	Autotallit ja -katokset, varistorakennukset	95
11.4	Vanhojen rakennusten kunnossapito, korjaukset ja laajentaminen	96
11.5	Lämmitys ja ilmanvaihto	97
11.5.1	Energian kulutustavoitteet	97
11.5.2	Lämmitys- ja sähköenergian tuotantotavat	98
11.5.3	Ilmanvaihtojärjestelmä ja sisäilmasto	99
11.6	Piha- ja viheralueet	99
11.6.1	Kasvillisuus	100
11.6.2	Hulevedet	101
11.6.3	Maaston muokkaus ja tukimuurit	102
11.6.4	Oleskelu, terassit ja pihan rakennelmat	103
11.6.5	Jätehuolto, kierrätys ja kompostointi	103
11.6.6	Puun varastointi ja maakellari	104
11.6.7	Aidat	105
11.6.8	Valaistus	105
12	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	107
	LÄHTEET	112

1 JOHDANTO

Suomessa maankäytöstä ja rakentamisesta määrätään maankäyttö- ja rakentamislainsäädännössä (MRL 1999), jolla edistetään yhdyskuntien ekologista, taloudellista, sosiaalista ja kulttuurista kestävyttä. Lain päämäärien toteuttamiseen ohjaavien valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden (VAT) mukaan kunnan on alueidenkäytön suunnittelulla huolehdittava muun muassa tonttimaan riittävästä asunto- ja työpaikkarakentamiseen, ilmastonmuutoksen hillitsemisestä ja sen vaikutuksiin varautumisesta sekä kansallisen kulttuuriympäristön ja rakennusperinnön säilymisestä. Ilmastonmuutoksen hillintään vaikuttavat tavoitteet, joiden tarkoituksena on parantaa yhdyskuntien energiatehokkuutta. Kaavoituksessa tavoitteena tulee olla alueidenkäyttöratkaisut, joilla säästetään energiaa ja edistetään uusiutuvien energianlähteiden ja kaukolämmön käyttöedellytyksiä. Uusien energiatehokkaiden asuinalueiden kaavoituksen kehittämiseen tähänneessä hankkeessa on osoitettu, että kaavoitus on tehokkain tapa muun muassa liikenteen aiheuttaman energiankulutuksen hillitsemiseksi (Rajala ym. 2010, 146).

Lahden kaupungin strategisena päämääränä on olla kasvava ja elinvoimainen kestävä kehityksen kaupunki, joka tavoittelee yli 1 %:n vuotuista väestönkasvua (Lahden kaupunki 2009b, 10). Kaupungin valmisteilla olevassa, vuoteen 2025 ulottuvassa oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa etsitään ratkaisua uuden väestön sijoittamiseksi joko pääasiassa kerrostaloihin (luonnosvaihtoehto 1, VE1) tai pientaloihin tiivis-matala-periaatteella (luonnosvaihtoehto 2, VE2). Lahden kaupunkirakenteen vuoksi kasvavan asukasmäärän sijoittaminen on haasteellista. Yksi mahdollinen täydennysrakentamiskohde on Kiveriön kaupunginosa, joka sijaitsee välittömästi Lahden keskustan koillispuolella. Alue on siten joukko- ja kevyen liikenteen kannalta edullisella paikalla, joten väkimäärän lisäys alueelle voi vähentää liikenteestä aiheutuvia päästöjä kauempana keskustasta sijaitseviin alueisiin verrattuna. Alueen täydennysrakentamisen suunnittelulle haasteita asettaa sen arvokkaaksi luokitellut rakennetut kulttuuriympäristökohteet, joita ovat esimerkiksi Kelohongantien, Korpikuusentien, Suopuistontien, Pohjanakanpolun ja Kyllikintien muodostamat pientaloalueet. Suomen kaupungeissa on runsaasti rakennettuja alueita, joilla on vastaavia kulttuuriarvoja. MRL velvoittaa kuntia vaalimaan historiallisesti tai rakennustaiteellisesti arvokkaita rakennuksia tai kaupun-

kikuvaa. Tietoa, miten alueellisen energiatehokkuuden tehostamispyrkimykset voidaan toteuttaa tällaisissa, jo rakennetuissa kohteissa, ei toistaiseksi kuitenkaan ole. Lisäksi MRL:n mukaan rakentamisen vaikutukset muun muassa luontoon on arvioitava. Ilmastonmuutoksen hillinnän nimissä toteutettava täydennysrakentaminen voi vaikuttaa esimerkiksi ekosysteemipalveluiden, kuten metsien hiilensidonnin ja varastoinnin, tarjontaan ja toimintaan kaupunkialueilla, mutta selvityksiä näiden seikkojen keskinäisistä vuorovaikutuksista ei ole juurikaan tehty.

Tämän työn päämääränä on osittain yksityisessä omistuksessa olevien pientaloalueiden ohjaaminen energiatehokkaaseen ja ilmasto- ja energias strategiaa noudattavaan, kestävän kehityksen mukaiseen tiivistyvään rakentamiseen. Työssä selvitetään, miten tiivistämis- ja energiatehokkuustavoitteisiin voidaan päästä alueella, jolla on kulttuurihistoriallista arvoa ja siten rajoitteita alueen kaupunkikuvan muuttamiseen. Lisäksi haetaan kynnsarvoja sille, milloin yhdyskuntarakenteen tiivistämisen haitat alkavat muodostua hyötyjä suuremmiksi. Raportin luvuissa 2 - 5 on aiheeseen liittyvä kirjallisuuskatsaus, jonka tuloksia hyödynnetään esimerkiksi toimineen alueen kaavaluonnosten ja rakennustapaohjeiden laadinnassa.

2 ILMASTONMUUTOKSEN HILLINTÄ JA MUUTOKSEN VAIKUTUKSIIN VARAUTUMINEN

Ihmisen toiminnasta aiheutuvista kasvihuonekaasujen, kuten hiilidioksidin, typpioksiduulin ja metaanin, päästöistä johtuva ilmastonmuutos on nostanut Suomen keskilämpötilaa asteella viimeisten 150 vuoden aikana, ja lämpeneminen on ollut voimakkainta, noin 2 astetta, keväällä eli maaliskuu-toukokuussa (Ilmatieteen laitos 2011a). Lämpötilan nousu on jo muun muassa aikaistanut kasvukauden alkua noin parilla viikolla. Erityyppisistä tulevaisuuden kehitysvaihtoehdoista tehtyihin laskelmiin perustuvien ennusteiden mukaan Suomen vuotuinen keskilämpötila nousee noin 3-6 astetta ja sademäärä lisääntyy noin 12-22 % vuosisadan loppuun mennessä. Muutokset tulevat kuitenkin olemaan suurempia talvella kuin kesällä. Lisäksi ilmastonmuutos lisää sään ääri-ilmiöiden, kuten helle- ja kuivuusjaksojen sekä myrskyjen ja rankkasateiden, esiintymistä.

Suomen on vähennettävä kasvihuonekaasupäästöjään Euroopan unionin (EU) ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi asettamien kasvihuonekaasujen päästövähennysohjeiden saavuttamiseksi. EU on sitoutunut vähentämään päästöjään 20 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä (EU 2009c). Päästökauppaneuvoston (teollisuus ja energiantuotanto) tavoitteena on EU:n yhteisten päästöjen vähentäminen 21 prosentilla vuodesta 2005 vuoteen 2020 mennessä. Päästökaupan ulkopuolisten sektoreiden (mm. liikenne ja maatalous) päästövähennyksiä tavoitellaan maakohtaisilla velvoitteilla. Suomelle velvoite tarkoittaa 16 prosentin vähennystä vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä (EU 2009b). Lisäksi uusiutuvan energian osuudeksi tavoitellaan EU:ssa 20 % energian loppukulutuksesta. Suomelle on määritelty sitovaksi jäsenmaakohtaiseksi tavoitteeksi nostaa uusiutuvan energian osuus 38 prosenttiin vuonna 2020 (EU 2009a). EU:n tavoitteena on myös parantaa energiatehokkuutta 20 %, mutta tavoite ei ole sitova. EU:n energiapalveludirektiivi on kuitenkin velvoittanut jäsenvaltiot asettamaan 9 % energiansäästö-tavoitteen vuodelle 2016 (EU 2006).

Lahden seudulle on asetettu tavoitteita kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiselle. Hollolan, Lahden ja Nastolan yhteisessä ympäristöstrategiassa tavoitteena on seudun kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen vuoden 1990 tasolle vuoteen 2015

mennessä (Lahden kaupunki 2008a, 6). Hämeen ympäristöstrategiassa tavoitteena on, että vuoteen 2020 mennessä kasvihuonekaasupäästöt vähenevät 20 % Hämeen vuoden 1990 tasosta, uusiutuvan kotimaisen energian osuus on vähintään 20 % Hämeen energian kulutuksesta ja tuotannosta ja energiatehokkuus kasvaa 20 % (Hämeen ELY 2010). Lahden kaupungin uudessa strategiassa tavoitteena on kasvihuonekaasujen puolittuminen vuoteen 2025 mennessä vuoden 1990 tasosta (Lahden kaupunki 2009b, 11).

Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa määritellään EU-velvoitteiden edellyttämät toimenpiteet Suomessa (Ympäristöministeriö 2008a, 7). On todettu, että alueidenkäytöllä ja yhdyskuntarakenteella on merkittäviä vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin. Tilastojen mukaan rakennusten sähkö- ja lämmitysenergian osuus oli 38 % koko maan energian loppukäytöstä ja 32 % energian tuotannon aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2007. Talo- ja infrastruktuurirakentamisen ja rakennusmateriaalien valmistuksen osuus oli arviolta 4 % energian loppukäytöstä ja 6 % kasvihuonekaasupäästöistä. Liikenteen polttoaineiden ja sähkön kulutus oli puolestaan 17 % energian loppukäytöstä ja kasvihuonekaasupäästöt 19 % koko maan päästöistä. (Martinkauppi 2010, 24.) Lahden kasvihuonekaasupäästöistä 40 % syntyi lämmityksestä, 32 % prosenttia muusta sähkön käytöstä, 13 % liikenteestä ja loput muun polttoaineen käytöstä (työkoneet) ja jätehuollosta vuonna 2006 (Lahden kaupunki 2009a, 13). Suomessa rakennettu ympäristö kuluttaa siis valtaosan käytetystä energiasta ja tuottaa myös valtaosan kasvihuonekaasupäästöistä (Martinkauppi 2010, 25), joten päästöjen vähentäminen tällä sektorilla on tärkeää. Ilmasto- ja energiastrategiassa esitetyt, rakennetun ympäristön päästöjä vähentävät toimet painottuvat yhdyskuntarakenteen eheyttämiseen sekä rakennusten ja asumisen energiatehokkuuden parantamiseen ja päästöjen vähentämiseen sekä uusiutuvan energian käytön lisäämiseen (Ympäristöministeriö 2008a, 8).

Ilmastonmuutoksen hillitsemisen lisäksi myös muutoksen vaikutuksiin varautuminen on tärkeää, sillä muutos etenee ilman jo päästettyjen kasvihuonekaasujen vaikutuksesta vaikka kaikki päästöt saataisiin lopetettua heti. Ilmastonmuutoksen vaikutuksiin varautumiseksi on laadittu kansallinen ilmastonmuutoksen sopeutumisstrategia, jonka mukaan ilmastonmuutoksella on vaikutusta muun muassa lii-

kenteeseen, sen infrastruktuuriin ja kunnossapitoon, energian tuotantoon ja sen infrastruktuuriin sekä rakennuksiin ja niiden lämmitysenergian tarpeeseen (Maa- ja metsätalousministeriö 2005, 3). Lahden ilmasto-ohjelmassa ei ole erikseen käsitelty ilmastonmuutokseen varautumista, mutta asiaa on hyvä tarkastella ilmastonmuutosta hillitsevien toimenpiteiden yhteydessä, sillä keinot ovat osittain samat (Wahlgren, Kuismanen & Makkonen 2008, 3).

3 ALUEELLISEN ENERGIATEHOKKUUDEN LISÄÄMINEN

Energiatehokkuudella tarkoitetaan suoritteen, palvelun, tavarankulutuksen tai energian tuotoksen ja energiapanoksen välistä suhdetta (EU 2006). Rakennuksen energiatehokkuudella tarkoitetaan laskettua tai mitattua, pinta-alaan suhteutettua energiamäärää, joka tarvitaan rakennuksen tyypilliseen käyttöön liittyvän energiatarpeen täyttämiseen (Rajala ym. 2010, 12). Energiatehokkuuslukua käytetään yleensä erilaisten sähkölaitteiden, ja nykyään myös yksittäisten rakennusten, energiankulutuksen arviointiin. Mitä pienempi laitteen tai rakennuksen energiankulutus on, sitä pienemmät ovat periaatteessa myös laitteen tai rakennuksen käytöstä aiheutuvat päästöt. On ehdotettu, että yhdyskuntien energiankulutuksen ja päästöjen vähentämiseen ja siten ilmastomuutoksen hillitsemiseen voitaisiin vaikuttaa ottamalla käyttöön alueellinen energiatehokkuus- tai kasvihuonekaasupäästöluokitus (Wahlgren ym. 2008, 143). Asuinalueiden alueellisia energiatehokkuuksia on arvioitu muun muassa Porvoossa (Rajala ym. 2010, 8) ja Lahdessa (Peltonen 2010, 2).

Alueelliseen energiatehokkuuteen vaikuttavat eniten alueen sijainti yhdyskuntarakenteessa ja sen sisältämät toiminnot, jotka aiheuttavat liikennettä, sekä rakennusten energiatehokkuus ja kuluttaja- eli käyttäjäsähkön kulutus (Rajala ym. 2010, 116 - 120; Peltonen 2010, 18). Kaavoituksella voidaan vaikuttaa sekä rakennusten energiatehokkuuteen että ihmisten liikkumiseen (Wahlgren ym. 2008, 142; Rajala ym. 2010, 151). Keinoina ovat liikkumistarpeen, ja erityisesti henkilöautoliikenteen, vähentäminen yhdyskuntarakennetta eheyttämällä ja eri toimintoja sekoittamalla, uusiutuvien energianlähteiden käytön lisääminen lämmön ja sähkön tuotannossa sekä rakennusten energiatehokkuuden parantaminen.

3.1 Yhdyskuntarakenteen eheyttäminen ja liikenne

3.1.1 Käsitteet

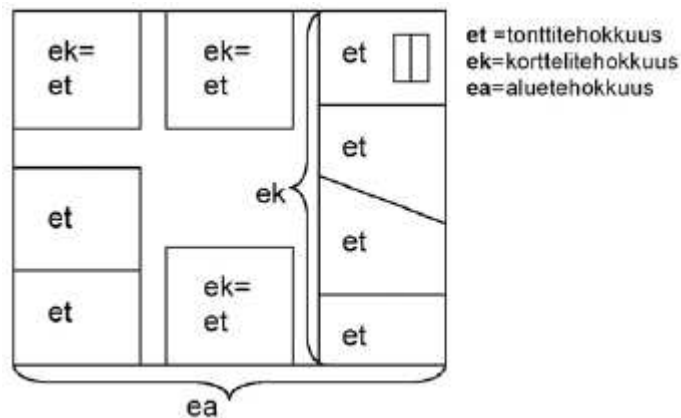
Yhdyskuntarakenteella tarkoitetaan työssäkäyntialueen, kaupunkiseudun, kaupungin, kaupunginosan tai muun taajaman rakennetta. Asunto-, työpaikka-, asiointi-

ja virkistysalueet sekä niitä yhdistävän liikenteen ja teknisen huollon järjestelmät luovat edellytykset eri toiminnoille, kuten asumiselle, työnteolle ja vapaa-ajalle sekä niiden välisille yhteyksille. Asuntokuntien koon pieneneminen ja asumisväljyyden kasvu ovat asuntotarpeeseen merkittävimmin vaikuttavia tekijöitä nykyisin, joten tulevaisuuden asuntotarpeen tyydyttäminen kestäväällä tavalla on suuri haaste. (Henriksson & Jääskeläinen 2006, 9 - 10.) Tutkimuksissa on todettu, että kestävä yhdyskunnan muodostamisen toimivimpia keinoja ovat yhdyskuntarakenteen eheyttäminen, tiivistäminen ja täydennysrakentaminen, jotka toteuttavat niin sanotun kompaktikaupungin ideaa. Kompaktin, tiiviin kaupungin hyötyjä ovat esimerkiksi riippumattomuus autoista, vähäisemmät päästöt, vähentynyt energian kulutus, paremmat julkisen liikenteen edellytykset, parempi saavutettavuus, infrastruktuurin ja maan uudelleen hyödyntäminen, viheralueiden säilyttäminen sekä talouden ja kaupan edellytysten parantaminen. (Santaoja 2004, 10.)

Yhdyskuntarakenteen luonnetta kuvataan yleensä tehokkuusluvulla e , jolla tarkoitetaan kokonaiskerrosalan ja alueen, korttelin tai tontin pinta-alan välistä suhdetta (Kuvio 1). Tehokkuusluku ilmaisee kaavan salliman rakennusoikeuden, mutta ei esimerkiksi rakentamistapaa. Luku ei myöskään kuvaa kovin hyvin ympäristön laatua tai tiiveyttä, sillä sama tehokkuus voidaan saavuttaa erilaisin ratkaisuin (Kuvio 2). (Henriksson & Jääskeläinen 2006, 9.) Santaojan (2004, 33) mielestä tiiviiden tai väljyyden määrittäminen on hyvin vaikeaa, koska kokemuksellinen väljyys tai tiiviys on subjektiivinen käsite, joka on sidoksissa alueen luonteeseen. Tehokkuusluku antaa kuitenkin viitteitä alueen täydennysrakentamisen potentiaalista (Santaoja 2004, 32). Yleisesti ottaen tiiviin rakennetun alueen karkeana aluetehokkuuden e_a alarajana voidaan pitää arvoa 0,25, jolloin vastaava korttelitehokkuus e_k on 0,35 ja tonttitehokkuus e_t on 0,45 (Lahti 2002, 108).

Yhdyskuntarakenteen eheyttämiseen liittyvien määritelmien kirjo on suuri ja termit ovat vielä vakiintumattomia (Santaoja 2004, 19; Henriksson & Jääskeläinen 2006, 8). Yhdyskuntarakenteen eheyttämisestä puhuttaessa käytetään usein termejä tiivistäminen, lisärakentaminen ja täydennysrakentaminen. Eheyttämisellä viitataan yleensä yhdyskuntien kokonaisvaltaiseen, ekologiseen, sosiaaliseen, taloudelliseen ja poliittiseen näkökulman huomioivaan kehittämiseen. Eheyttämisestä tavoitteena on yhdyskunnan voimavarojen, elinvoiman ja elinolojen parantaminen pai-

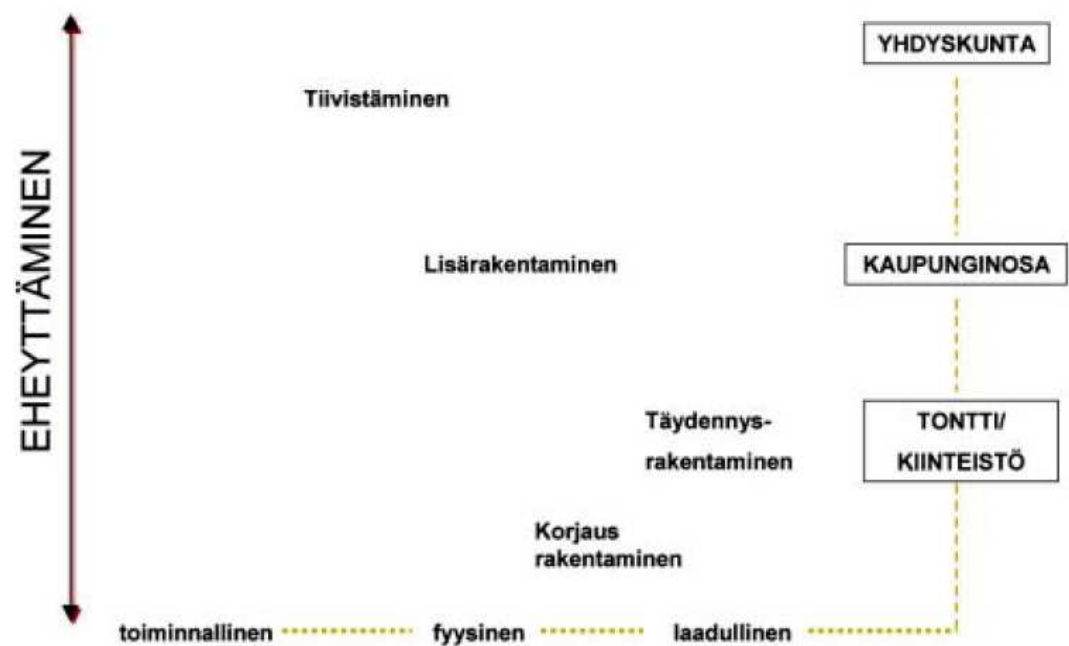
kallisten lähtökohtien ja yhteistyön pohjalta kehittämällä kaupungin fyysistä rakennetta toimivaksi sekä ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestäväksi. Eheyttävän rakentamisen keinoja ovat tiivistäminen sekä lisä-, täydennys- ja korjaava rakentaminen. Tiivistämisellä tarkoitetaan kaupunkiseutu- ja yhdyskuntasuhteista maankäytön tehostamista, jossa tavoitteena on alueen väestö- ja rakennustiheyden kasvattaminen (Santaoja 2004, 21; Henriksson & Jääskeläinen 2006, 8). Tiivistäminen voidaan jakaa toiminnalliseen ja kehittävään tiivistämiseen. Toiminnallisessa tiivistämisessä toimintojen tiivistäminen tai aktivoiminen eli olemassa olevien rakennusten tai alueiden käytön lisääminen tai muuttaminen johtaa toimintojen lisääntymiseen. Tavoitteena voi myös olla alueen asukas-, työpaikka- tai läpikulkuliikenteen määrän lisääminen tai uudenlaisen asumisen kehittäminen (esimerkiksi kaupunkipientialot, terassitalot). Kehittävällä tiivistämisellä tarkoitetaan maa-alueiden muuttamista tai laajentamista uuteen käyttöön. (Santaoja 2004, 21.) Lisärakentaminen on mittakaavallisesti kaupunki- tai kaupunginosatasoista kehittämistä ja täydennysrakentaminen kortteli-, tontti- ja kiinteistötasoisesta kehittämistä, joiden tavoitteena on rakentamisen tehokkuuden nosto sekä esimerkiksi asuinympäristön kaupunkikuvan parantaminen (Santaoja 2004, 22; Henriksson & Jääskeläinen 2006, 8). Täydennysrakentaminen voi myös olla saneeraavaa tai poistavaa, kuten esimerkiksi vanhoilla tehdasalueilla (Santaoja 2004, 25).



KUVIO 1. Tehokkuusluvut ja niiden suhde toisiinsa (Henriksson & Jääskeläinen 2006, 9)



KUVIO 2. Rakentamistavan vaikutus tiiveyteen vakiotehokkuudella (Henriksson & Jääskeläinen 2006, 10)



KUVIO 3. Yhdyskuntarakenteen eheyttämisen käsitteet ja tasot (Santaoja 2004, 23)

Tässä raportissa täydennysrakentamisella tarkoitetaan nykyisten korttelien kehittämistä ja lisärakentamisella rakennetun alueen laajentamista esimerkiksi viheralueille.

3.1.2 Eheyttämisen perustelut

Yhdyskuntia eheyttävää rakentamista voidaan perustella ekologisella kestävyydellä eli niin sanotulla ekologisella tai energia-argumentilla, alueen huonolla toiminnallisuudella tai rakentamisella saavutettavilla välittömällä ja välillisillä taloudellisilla hyödyillä. Ekologian periaatteiden mukaan luonnonvarojen rajallisuus rajoittaa myös kaupunkien kasvua, joten ekologisesti kestävässä kaupungissa rakentamispotentiaalia on löydettävä nykyisen rakenteen sisältä, kuten esimerkiksi matalan rakentamistehokkuuden alueilta. Yhdyskuntarakenteen tiivistämisellä ja täydennysrakentamisella säästetään energiaa ja suojellaan maaseutua ja luonnonympäristöä rakentamiselta. Yksi keskeisimmistä tekijöistä yhdyskunnan energiankulutuksen vähentämisessä on liikenteen vähentäminen. (Santaoja 2004, 78 - 79.)

Liikenteen energiankulutukseen ja päästöihin vaikuttavat liikkumisen tarve, kulkutapa- ja kuljetustapavalinnat sekä kulkuneuvojen teknologia. Yhdyskuntarakenne eli rakennusten sijainti määrittää merkittävän osan liikkumisen tarpeesta, sillä asumisen, työpaikkojen ja palveluiden, kuten kauppojen, keskinäinen sijoittuminen vaikuttaa ihmisten päivittäiseen liikkumiseen sekä matkojen suuntautumiseen ja pituuksiin. (Martinkauppi 2010, 33 - 34.) Esimerkiksi Uudellamaalla asukastiheydeltään tiiveimmillä alueilla kävelyetäisyydellä (500 m) päivittäistavarakaupasta asuu 81 % taajamien kerrostaloalueiden asukkaista ja reilu kolmannes pientaloalueiden asukkaista, mutta vain 12 % alhaisen tehokkuuden pientalovyöhykkeellä asuvista (Laine & Tornivaara-Ruikka 2008, 24). Hajanaisessa yhdyskuntarakenteessa toiminnot sijoittuvat epätarkoituksenmukaisesti, mikä lisää liikennettä erityisesti työ-, koulu- ja asiointimatkoilla (Henriksson & Jääskeläinen 2006, 12). Esimerkiksi kaupan yksiköiden sijoittaminen kaupunkien keskuksiin ja asuntoalueille tuottaa yleensä vähemmän liikennettä suurten väylien varrelle sijoittamiseen verrattuna (Henriksson ja Jääskeläinen 2006, 15). Henkilöliikennetutkimukset osoittavat, että henkilöliikenteessä ensisijainen kulkutapa on auto. Yhdyskuntarakenne voi vaikuttaa kulkutapavalintoihin, mikäli se mahdollistaa joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen käyttämisen. Täydennysrakentamisen tulisikin parantaa myös joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen toimintaedellytyksiä muiden toimintojen ohella (Santaoja 2004, 45). Kaiken kaikkiaan liikennettä voidaan vähentää toimintojen järkevällä sijoittelulla ja matkaketjujen monipuolisuuden ja toimivuuden

varmistamisella. Eri kulkumuotojen vaihtomahdollisuudet tulee järjestää matkakeskusverkon vaihtopisteissä eli yleensä kaupunkien ydinkeskustoissa ja alakeskuksissa tms. Keskusten lähialueet tulee käyttää tehokkaaseen ja toiminnoiltaan monipuoliseen rakentamiseen, sillä ne ovat kaikkien saavutettavissa kulkumuo-
dosta riippumatta. (Henriksson & Jääskeläinen 2006, 14.) Suunnittelussa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan henkilö- ja tavaraliikenteeseen muun muassa liikenteen infrastruktuurin rikkoutumisen ja matkaketjujen katkeamisen muodossa (Maa- ja metsätalousministeriö 2005, 143).

Täydennysrakentamisen perusteena voi olla alueen toiminnallinen heikkous: esimerkiksi liikenteen toimivuus ja palveluiden säilymisen edellytykset voivat olla huonot. Toimintoja monipuolistamalla ja sekoittamalla voidaan vaikuttaa alueiden kilpailukykyyn ja parantaa muun muassa alueiden toiminnallista riippumattomuutta sekä energia- ja palvelutehokkuutta (Santaoja 2004, 29 - 30). Santaojan (2004, 30) mukaan täydennysrakentaminen olisikin kytkettävä osaksi palvelurakenteen kehittämistä.

Yhdyskuntarakenteen eheyttämisen merkittävimpana perusteena ovat usein taloudelliset syyt, sillä yhdyskuntarakenteella on vaikutusta erilaisten välittömien ja välillisten kustannusten syntyyn. Esimerkiksi kaupan suuryksiköiden yms. aiheuttamat kunnallistaloudelliset menot voivat olla keskustan ulkopuolella kaksin- tai kolminkertaisia keskustassa sijaitseviin yksiköihin verrattuna (Henriksson & Jääskeläinen 2006, 15). Hajanainen yhdyskuntarakenne aiheuttaa myös verkostojen vajaakäyttöä nostoen infrastruktuurin käyttökustannuksia. Teknisen infrastruktuurin ja palvelujen tehokkaammalla käytöllä saavutettaisiin säästöjä sekä käytö-
että kunnossapitokuluissa (Henriksson & Jääskeläinen 2006, 12). Liikenteen kehittämällä ja vähentämällä voitaisiin vaikuttaa niin asuntoalueiden rakentamis- ja käyttökustannuksiin kuin myös välillisesti syntyviin kustannuksiin, kuten perusterveydenhuollon kustannuksiin (Santaoja 2004, 31).

3.1.3 Eheyttämisen tavoitteet

Eheyttävällä suunnittelulla on fyysisiä, toiminnallisia ja laadullisia tavoitteita. Fyysisiä eli yhdyskuntarakenteellisia tavoitteita ovat muun muassa nykyisen infrastruktuurin hyödyntäminen, kaupunkirakenteen eheyttäminen sekä viher- ja suoja-aluekokonaisuuksien ja -verkostojen säilyttäminen ja kehittäminen (Santaoja 2004, 24; Henriksson & Jääskeläinen 2006, 12 - 13). Asukkailla on esimerkiksi yleensä hyvin vahva tunneside oman lähiympäristön viheralueisiin, minkä vuoksi merkittävien viheralueiden säilyttäminen on tärkeää (Santaoja 2004, 49). Toiminnallisia tavoitteita ovat muun muassa keskusta-alueiden ja lähiöiden elvyttäminen, liikenteen toimivuuden parantaminen, palveluiden säilyttäminen ja parantaminen sekä joukkoliikenteen edellytysten parantaminen (Santaoja 2004, 26 - 27). Ympäristön toiminnallisten tekijöiden parantaminen ja kehittäminen onkin täydennysrakentamisen keskeinen tavoite, sillä yhdyskuntarakenteen toiminnallinen monipuolisuus muun muassa parantaa palveluiden saavutettavuutta, lisää joukkoliikenteen kannattavuutta ja vähentää (työmatka)liikennettä, tehostaa energian- ja tilankäyttöä, lisää ihmisten välisiä kontakteja ja turvallisuudentunnetta sekä edistää kaupunkikulttuuria ja -arkkitehtuuria. Tästä näkökulmasta katsoen eheyttävällä suunnittelulla on parhaat edellytykset onnistua keskusta-alueilla. (Henriksson & Jääskeläinen 2006, 13 - 14.)

Eheyttävän suunnittelun laadulliset tavoitteet ovat luonteeltaan yleispiirteisiä, ihmisten ympäristön havaitsemiseen ja kokemiseen liittyviä ja siten kaikkein subjektiivisimpia ja vaikeimmin määriteltävissä (Santaoja 2004, 26; Henriksson & Jääskeläinen 2006, 15). Laadulliset tavoitteet koskevat muun muassa asuinalueen turvallisuutta, viihtyisyyttä, virikkeellisuutta ja esteettisyyttä. Kaupunkiympäristön ja -kuvan parantaminen edellyttää rakennusten sekä katujen, pihojen, puistojen yms. julkisten ja yksityisten tilojen kokonaisvaltaista, huolellista kehittämistä. Eheyttävän rakentamisen tulee pohjautua alueen ominaispiirteisiin ja sitä yhdistäviin teemoihin, kuten esimerkiksi väritykseen, kattokulmaan, kerroslukuun, rakennusmateriaaliin tai rakennuksen sijoitteluun tontilla (Henriksson & Jääskeläinen 2006, 15). Laadulliset tavoitteet voivat kuitenkin epäonnistua esimerkiksi liiallisen tiivistämisen pilatessa alueen luonnetta, toimivuutta tai kaupunkikuvaa. Eheyttävässä suunnittelussa on oleellista, että alueiden kehittämistä hallitaan suunnitelmallisesti ja pitkäjänteisesti kunkin alueen tarpeiden ja ominaispiirteiden mukaan inhimillistä mittakaavaa painottaen.

3.1.4 Eheyttämisen lähtökohdat ja keinot

Eheyttämisen keinoja ovat yhdyskuntarakenteen tiivistäminen, aluelaajennukset (lisärakentaminen), täydennysrakentaminen ja uudistaminen (korjausrakentaminen, saneeraus) (Henriksson & Jääskeläinen 2006, 8). Täydennysrakentamisessa alueen tärkein fyysinen lähtökohta on alueen kaavaratkaisu, jonka pohjalta määräytyvät alueen muut fyysiset tekijät, kuten rakennustavan avoimuus ja jäseny-neisyys sekä tonttijako. Rakennustapa on keskeisin suunnittelua ohjaava tekijä, sillä se määrittelee käytettävissä olevan tilan ja sen asettamat rajoitteet ja mahdollisuudet. (Santaoja 2004, 57.) Rakennusten sijoittelun näkökulmasta parhaat mahdollisuudet täydennysrakentamiselle on avoimissa tai puoliavoimissa kortteleissa; suljetussa korttelissa täydennysrakentamista voidaan toteuttaa esimerkiksi rakentamalla rakennukseen uusia kerroksia tai lisäsiipiä (Henriksson & Jääskeläinen 2006, 9).

Täydennysrakentamisalueen rakennuskannan ja infrastruktuurin tila ja laatu ovat tärkeitä lähtökohtia suunnittelulle. Esimerkiksi kunnallisteknisen verkoston kunto tai kapasiteetti voi olla tarkoitukseen sopimatonta. Lisäksi tulee ottaa huomioon rakennuskannan ominaisuudet ja erityispiirteet, kuten ikä ja tyyllisuutta sekä fyysiset muodot ja korkeus, jotka vaikuttavat täydennysrakentamisen tapaan (Santaoja 2004, 59 - 62). Suomalaisessa rakentamisessa on havaittavissa kaksi selkeää tyyliä: esimerkiksi 1940- ja 1950-lukujen maisemaa mukailevat kaavat ja esimerkiksi 1960-luvun ruutukaavat (Santaoja 2004, 57). Yleisesti ottaen täydennysrakentaminen voi olla luonteeltaan nykyistä mukailevaa esimerkiksi rakennustavaltaan tai se voi olla nykyistä kontrastoivaa eli poiketa täysin alueen tyylistä. Se voi olla myös nykyistä rakennetta poistavaa. (Santaoja 2004, 54.) Tämän selvityksen kohdealue on muodostunut pääosin 1950-luvulla ja noudattaa ajalle tyypillistä rakentamistapaa. Tuon aikakauden pientaloalueen täydennysrakentamisen keskeisenä lähtökohtana ovat tyyppitalojen asettamat vaatimukset esimerkiksi julkisivurakentamiselle ja alueen yhtenäisyyden noudattaminen (Santaoja 2004, 61 - 62). 1940- ja 1950-luvun alueilla pientalojen sommittelu oli hyvin tarkkaa rakennusten sijoittelultaan. Talot sijoitettiin kaartelevan kadun varrelle hyvin yhtenäisesti ja säännöllisesti tarkoin välein ja syväälle tontille niin, että kadun ja tontin välissä oli istutettu piha, jolloin katutila rajoittui pehmeästi rakennuksiin ja luontoon. Tämän

vuoksi aikakauden alueiden täydennysrakentamisen lähtökohtana tulee olla myös katulinjan ja -leveyden säilyttäminen ja huomioon ottaminen. (Santaoja 2004, 64.)

Eheyttävän rakentamisen ensisijaisin menetelmä on asemakaavoissa jäljellä olevan rakennusoikeuden hyödyntäminen. Potentiaalisia rakentamisen varantoalueita tai kohteita ovat kaava-alueiden reunat, keskustojen pysäköintialueet ja muut laajat alueet nykyisen kaupunkirakenteen sisällä sekä rakennetun alueen käyttötarkoituksen muutokseen liittyvät alueet (Santaoja 2004, 35). Asemakaavavaranto voidaan jakaa teoreettiseen eli maksimivarantoon ja realistiseen eli toteuttamiskelpoiseen varantoon. Toteutumisen realismi riippuu muun muassa tontin käyttötarkoituksesta, maanomistuksesta, käyttämättömän rakennusoikeuden määrästä ja käytetyn rakennusoikeuden sijainnista alueella tai tontilla. Varannon käyttäminen riippuu tontinomistajan aktiivisuudesta sekä tonttimittausten, yhdyskuntateknisten verkostojen ja tarvittavien palvelujen valmiusasteesta. (Henriksson & Jääskeläinen 2006, 10.) Tapauksissa, joissa alueella on selkeästi kaavavarantoa jäljellä ja myös perustelut täydennysrakentamiselle, voidaan käyttää maapolitiikan välineitä eli rakentamiskehotusta ja rakentamattomien tonttien korotettua kiinteistövero-alueen rakentamisen vauhdittamiseksi. On myös ehdotettu, että eri tonteilta voitaisiin kerätä yhteen käyttämättömät rakennusoikeudet ja käyttää ne uuteen rakentamiseen muun muassa nykyisten tonttien rajoille. (Santaoja 2004, 33 - 34.)

Muita keskeisiä täydennysrakentamisen menetelmiä tai toteuttamistapoja ovat uuden rakennusoikeuden kaavoittaminen, rakennusoikeuden lisäys tontilla tai alueella, tonttien laajentaminen kaava-alueiden ulkopuolelle esimerkiksi katualueille ja joutomaille, tonttien jakaminen, rakennusten osittainen tai kokonainen purkaminen (saneeraaminen), uuden rakennuksen rakentaminen, nykyisen rakenteen ulkoinen tai sisäinen muuttaminen (kellari- ja ullakkorakentaminen, laajentaminen, korottaminen) sekä korjaava rakentaminen (Santaoja 2004, 33 - 34; Henriksson & Jääskeläinen 2006, 10). Menetelmien käytössä on kuitenkin omat haasteensa. Esimerkiksi rakennusoikeuden kaavoittaminen tai lisääminen tontille voi olla vaikeaa muun muassa kiinteistöjuridisten seikkojen vuoksi (Santaoja 2004, 34). Alueiden laajentamisessa viheralueille on tapauskohtaisesti selvitettävä, ovatko alueet esimerkiksi virkistyskäytössä. Tontin jakamisessa ongelmaksi voi muodostua liian pieni tai hankalan muotoinen tontti, jolloin uudisrakennus on hankala

sijoittaa tontille järkevästi tai tontille ei saa muodostettua toimivaa ajoyhteyttä. Tontin pienuuden vaikutus riippuu muun muassa maaston muodoista sekä rakennusten ja tonttiliittymien sijoittelusta.

3.2 Hajautettu energiantuotanto ja uusiutuvat energianlähteet

3.2.1 Energiantuotannon vaihtoehtoja

Rakennusten sähkö- ja lämmitysenergia voidaan hankkia kaukana käyttökohteesta sijaitsevista suurista keskitetyistä tuotantoyksiköistä kuten ydin-, vesi-, aurinko- tai tuulivoimaloista, lauhdevoimaloista ja lämpöä ja sähköä tuottavista yhteistuotantovoimaloista tai sitten rakennuksen lähistöllä tai itse rakennuksessa sijaitsevista pienistä yksiköistä. Lukuisia uusia suuren ja pienen mittakaavan energiantuotantotapoja on jatkuvasti kehitteillä, vaikka niistä osan, kuten fuusio- ja aaltovoimaloiden sekä erityyppisten maanpäällisten tai lähiavaruuteen sijoitettujen aurinkovoimaloiden, periaate onkin jo tunnettu pidemmän aikaa. Energiantuotannossa voidaan tulevaisuudessa hyödyntää myös biomimetiikan eli luonnossa kehittyneiden prosessien jäljittelyn tutkimuksen avulla tuotettuja teknologioita. Viime aikoina runsaasti tutkittuja ja huomiota saaneita sovelluksia ovat esimerkiksi levien valjastaminen hiilivetyypohjaisten polttoaineiden ja vetykaasun tuottoon (Rimppi 2009, 28 - 35) sekä fotosynteesiä jäljittelevät väriaineaurinkokennot, joiden kehittäjä Michael Grätzel sai suomalaisen Millennium-palkinnon vuonna 2010 (Tekniikan akatemia -säätiö 2010).

Yhteistuotantovoimaloissa tuotettu kaukolämpö on nykyoloissa energiatehokas rakennusten lämmitysenergian muoto, mutta tulevat matalaenergia- ja passiivitaloratkaisut tulevat vaikuttamaan tämänkaltaisen liiketoiminnan kannattavuuteen, jollei esimerkiksi verkostopituuksiin kiinnitetä kaavoitusvaiheessa huomiota. Aluetta suunniteltaessa keskitettyjä lämmitysratkaisuja sekä sähkön ja lämmön hajautettua tuotantoa tuleekin tarkastella yhteistyössä paikallisen energiayhtiön kanssa. (Rajala ym. 2010, 22 - 26.) Yleisesti ottaen kauko- tai aluelämmityksen ominaispäästöt ovat selkeästi pienemmät kuin talokohtaiset päästöt (Wahlgren ym. 2008, 142), joten niitä tulee pitää mahdollisuuksien mukaan ensisijaisena

vaihtoehtona. Kauko- ja aluelämmön päästöjä on myös mahdollista vähentää esimerkiksi lisäämällä biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvan energian lähteiden osuutta lämmitysenergian tuotannosta. Lisäksi rakennettu kaukolämpöverkko mahdollistaa tulevaisuudessa uusien keskitettyjen, uusiutuviin energianlähteisiin pohjautuvien energiantuotantomuotojen käyttöönoton.

Yhdyskuntien energiahuollossa voi olla esimerkiksi ilmastosyistä tavoitteena lisätä huoltovarmuutta ja energiaomavaraisuutta sekä uusiutuvien energianlähteiden käyttöä lisäämällä paikallista eri lähteistä peräisin olevaa niin sanottua hajautettua energiantuotantoa. Asuinalueille ja -rakennuksiin soveltuvia hajautettuja energiaratkaisuja ovat muun muassa pienimuotoinen aurinko- ja tuulienergia sekä lämpöpumput ja bioenergian hyödyntäminen esimerkiksi pienissä lämpö- tai yhteistuotantovoimaloissa. Paikallisia energiantuotantoratkaisuja on järkevää tehdä nykyisiin, jo koeteltuihin ja kustannuksiltaan kohtuullisiin menetelmiin perustuen, sillä uusien teknologioiden käyttöönotto ja hinnan halpeneminen kuluttajaystävälliselle tasolle vie aikaa. Muutoksiin, kuten aurinkovoimaloiden yleistymiseen, kannattaa kuitenkin varautua maankäytön aluevarauksia suunniteltaessa (Rajala ym. 2010, 35). Kaavoituksen yhteydessä onkin syytä tutkia kaikki mahdolliset energiantuotantovaihtoehdot alueelle, sillä monet lämmitysratkaisuista sekä niiden päästövaikutukset ovat paikkaan sidottuja. Kullekin energiantuotannon vaihtoehdolle tulee määrittää soveltuvuus kohteeseen, CO₂-päästöt sekä kustannukset. Energiantuotantotapojen selvitys on tärkeä tietolähde myös alueen tuleville asukkaille, sillä energiaratkaisun valinta kannattaa tehdä vasta kun aluetta ryhdytään rakentamaan. (Rajala ym. 2010, 145.)

3.2.2 Aurinkoenergia

Auringonsäteilyn saatavuus on Suomessa varsin hyvä, vaikka talvi ja sään vaihtelut aiheuttavatkin vaihtelua määrissä. Auringon säteilyenergiaa saapuu vuodessa jokaiselle neliömetrin kokoiselle vaakapinnalle Etelä-Suomessa noin 1000 kWh, Keski-Suomessa noin 900 kWh ja Pohjois-Suomessa noin 800 kWh (Motiva 2010a). Auringonsäteilyn keskimääräiset vuorokausikertymät ovatkin Etelä-Suomessa lähes samaa luokkaa kuin Keski-Euroopassa, ja vielä Oulun korkeudel-

la auringonsäteilyä saadaan saman verran kuin 800 km etelämpänä Etelä-Ruotsissa (Flinck 2010, 17). Aurinkoenergian etuja ovat päästöttömyys, vähäinen huollon tarve ja pitkä käyttöikä. Lisäksi aurinkosähköllä voidaan kattaa huomattavasti suurempi osuus rakennusten sähkönkulutuksesta kuin tuulisähköllä (Flinck 2010, 82 - 83). Suunniteltavan asuinalueen aurinkoenergian tuotantoa voidaan etukäteen arvioida tehtävään kehitetyn aurinkoenergian laskentamallin avulla (Flinck 2010, 33).

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää suoraan passiivisesti tai aktiivisesti tai epäsuorasti käyttämällä esimerkiksi tuulta tai kasvibiomassaa energiantuotantoon. Passiivisessa hyödyntämisessä tavoitteena on kerätä talteen lämpöä, edesauttaa luonnonvalon käyttöä ja vähentää lämpöhäviöitä. Auringon valon ja lämmön hyödyntämisessä oleellista on rakennuksen sijoittaminen kylmiltä tuuilta suojattuun paikkaan esimerkiksi etelärinteeseen ja suuntaaminen tontilla siten, että isot ikkunat osoittavat etelään ja pienet pohjoiseen. Myös rakennuksen hyvä eristys, lämpöä varaavat materiaalit ja rakenteet sekä lasitetut kuistit ja viherhuoneet rakennuksen eteläsivulla ovat hyviä keinoja hyödyntää auringon ilmaisenergiaa. Rakennuksen kesäaikaisen yllilämpenemisen haittojen estämiseen on kuitenkin vaurduttava erilaisten varjostus- ja tuuletusratkaisujen avulla.



KUVIO 4. Värikkäistä kennoista koostuvat aurinkopaneelit urheiluhallin julkisivuna Tübingenissa, Saksassa (Kuva: Der Solarserver 2004)

Aurinkoenergian aktiivisessa hyödyntämisessä auringonsäteily muunnetaan joko sähköksi aurinkopaneeleilla tai lämmöksi aurinkokeräimillä. Sähköksi voidaan muuttaa noin 15 prosenttia ja lämmöksi noin 25-35 prosenttia auringon säteilystä (Motiva 2010a). Aurinkopaneelit ja -keräimet voidaan asentaa rakennuksen katoille, ulkoseiniin tai parvekkeisiin, piharakennuksiin, autokatoksiin, aitoihin ja mellesteisiin joko rakenteisiin integroituna tai telineisiin tai kehikoihin asennettuna (Flinck 2010, 30 - 32). Myös pientuulivoimaloiden mastoihin kiinnitettäviä paneeleita on kaupan. Rakenteisiin sisällytetyt järjestelmät ovat suositeltavia, sillä ne säästävät muita rakennusmateriaaleja, suojaavat rakennusta sään vaikutuksilta ja voivat muun muassa toimia varjostimina. Värikkäitä aurinkokennoja voidaan käyttää myös esteettisinä elementteinä (Kuvio 4). Kun laitteistoa käytetään ympäri vuoden, niin paneelien ja keräimien optimi kallistuskulma on 30-60 astetta vaakatasoon nähden. Seinälle pystysuoraan asennetut paneelit tai keräimet tuottavat paremmin sähköä tai lämpöä aikaisin keväällä ja myöhään syksyllä, koska aurinko paistaa tällöin matalammalta. Seinäasennuksessa on kuitenkin varmistettava, että lähirakennusten ym. varjoista ei ole liian suurta haittaa, sillä muuten etu menetetään ja hyötysuhde jää heikommaksi kuin kattoasennuksessa.

Aurinkoenergia muunnetaan sähköksi aurinkokennoilla. Kennoista yleisimmin käytettyjä ovat yksi- tai monikiteiset piistä valmistetut aurinkokennot, mutta myös auringonsäteilyn eri aallonpituuksia laajemmin hyödyntäviä ohutkalvokennoja ja niin sanottuja kolmannen sukupolven kennoja, kuten väriaineaurinkokennoja, on kehitetty (Flinck 2010, 26 - 29). Aurinkopaneeleilla tuotettua energiaa käytetään Suomessa akkujen lataamiseen, suoraan sähköntuotantoon sähköverkkoon ja lämmitysenergian tuottamiseen lämpimän käyttöveden varaajaan. Aurinkosähköjärjestelmän energiantuottoa voidaan arvioida kertomalla aurinkopaneelien nimellisteho tuhannella, mikä perustuu Tampereen leveyspiirille sijoitetun paneelin aurinkokennon huipunkäyttöaikaan 1095 tuntia (FinnWind 2011; Flinck 2010, 21). Esimerkiksi kymmenen nimellisteholtaan 180 watin paneelin järjestelmän kokonaisteho on 1,8 kW, pinta-ala 13,3 m² ja vuosituotto arviolta noin 1,8 MWh. Huipunkäyttöajalla tarkoitetaan sitä kokonaisaika, jonka kenno tarvitsee tuottaakseen nimellistehollaan vuoden aikana talteen saadun energian määrän. Nimellisteholla (Wp, Watt-peak) tarkoitetaan tehoa, minkä paneeli antaa kun auringon

säteily kohtaa paneelin kesällä 35 asteen kulmassa auringon säteilytehon ollessa 1000 W/m^2 . Paneelien nimellisteho on tyypillisesti 50-200 W (Motiva 2010a).

Aurinkosähkön tuotannossa aurinkopaneelin suuntauksella on merkittävä vaikutus tuotetun energian määrään. Esimerkkilaskelmien mukaan katolle asennettavien paneelien kallistuskulman muuttaminen noin 11 asteesta Tampereen alueella optimiin 46 asteeseen lähes kaksinkertaistaa sähkön vuotuisen tuotannon (Flinck 2010, 75). Aurinkopaneelien tuottoon vaikuttaa kallistuskulman lisäksi suuntakulma, mutta niiden optimista voidaan poiketa jossain määrin tuotannon merkittävästi heikentymättä. Paneelin suuntakulmaa säätämällä voidaan vaikuttaa aurinkoenergian tuotannon ajoittumiseen, mitä voitaisiin hyödyntää asuinalueella aurinkoenergian tuotannon tasaisempana päivittäisenä jakautumisena. (Flinck 2010, 21 - 22.)

Aurinkolämmön talteenotossa käytetään tasokeräimiä tai tyhjiöputkikeräimiä. Aurinkolämpöjärjestelmä voidaan yhdistää kaikkiin päälämmitysmuotoihin, mutta erityisen hyvin se sopii vesivaraajalla varustettuun järjestelmään. Tasokeräin tuottaa energiaa yleensä $250\text{-}400 \text{ kWh/m}^2$ vuodessa (Motiva 2010a), mutta tyhjiöputkikeräimissä hyötysuhde voi olla korkeampikin ja tuotto jopa 800 kWh/m^2 vuodessa (Rajala ym. 2010, 34). Aurinkolämmöllä pystytään kattamaan 40-60 % käyttöveden lämmitystarpeesta keräimen kallistuskulmasta riippuen. Optimaalisella kallistuksella saadaan pinta-alaa kohden suurin lämmöntuotto, jolla saadaan vuoden aikana tuotettua 50 % käyttöveden lämmitysenergiasta. (Flinck 2010, 24.) Aurinkolämmitysjärjestelmä soveltuu parhaiten käyttöveden lämmittämiseen ja kosteiden tilojen lattialämmitykseen, sillä niiden lämmöntarve pysyy suunnilleen samana vuoden ympäri.

3.2.3 Tuulienergia

Tuulienergian etuja ovat päästöttömyys, alhaiset käyttökustannukset jasuurimman tuotannon ajoittuminen talveen, jolloin myös energiankulutus on suurinta (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2011). Pientuulivoimalalla tuotettua sähköenergiaa voidaan käyttää joko suoraan tai varastoida varaajaan käyttöveden ja asuintilojen

lämmitystä varten tai akkuihin sähkökulutusta varten. Energiantuotannon suurten vaihteluiden vuoksi pientuulivoimaa käytetään yleensä täydentämään muita energiantuotantomuotoja.

Pientuulivoimalat perustuvat kahteen erityyppiseen ratkaisuun, joista vaak akselinen potkurivoimala edustaa perinteistä tyyppiä (Kuvio 5). Toisen ryhmän muodostavat pysty akseliset, poistovoimaa hyödyntävät Savonius -tyyppiset voimalat (Kuvio 6), kuten Windside -voimala (Kuvio 7), ja nostevoimaa hyödyntävät Darrieus -tyyppiset voimalat (Kuvio 8) (Flinck 2010, 49; Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2011). Vaaka-akselinen voimala on suunniteltu toimimaan tietyllä tuulennopeusalueella, yleensä 3-25 m/s. Nimellistehonsa voimalat saavuttavat yleensä vasta 9-10 m/s puhaltavissa tuulissa (FinnWind 2011; Kodin vihreä energia Oy 2011). Liian alhaisella nopeudella voimala ei tuota sähköä ja liian suurella nopeudella voimala on pysäytettävä, jotteivät sen rakenteet vaurioitu. Vaaka-akselisten voimaloiden etuna on pysty akseliseen voimalaan verrattuna potkurin suuremmasta pyyhkäisy pinta-alasta johtuva parempi energian talteenotto. Lisäksi potkurimallinen voimala toimii pysty akselista voimalaa paremmalla tehokertoimella keskinopeilla tuulilla. Pysty akselinen Windside-voimala puolestaan voi alkaa tuottamaan sähköä jo 1-3 m/s puhaltavassa tuulessa ja se voi voimalan mallista riippuen kestää jopa 30-60 m/s puhaltavia tuulia (Windside Oy 2011). Lisäksi pysty akselinen voimala pystyy muotonsa vuoksi hyödyntämään myös pyörteisiä tuulia, toisin kuin vaak akseliset voimalat, mikä lisää pysty akselisten voimaloiden sijoitusmahdollisuuksia (Suomen tuulivoimayhdistys 2011; Windside Oy 2011).

Pientuulivoimalan energiantuottoon vaikuttaa käytetyn tekniikan ominaisuuksien lisäksi asennuspaikan tuuliolot ja asennuskorkeus (Suomen Tuulivoimayhdistys 2011). Tuulioloihin vaikuttavat muun muassa maaston rosoisuus eli maaston muodot, kasvuston korkeus sekä rakennusten korkeus ja sijoittuminen (Tuulivoimatieto 2011). Pientuulivoimala on taloudellisuuden varmistamiseksi rakennettava alueelle, jossa tuuliolosuhteet ovat hyvät. Esimerkiksi sisämaassa parhaat alueet ovat mäkien laella tai laajoilla aukeilla alueilla. Suomen tuuliatlaksen (2011) mukaan sisämaassa keskituulennopeudet ovat noin 4,5-6 m/s 50 metriä maanpinnan tasosta mitattuna. Pientuulivoimalan energian vuosituotanto voi olla arvioiden mukaan esimerkiksi 1,5 kW:n nimellistehoisella vaak akseliselällä voimalalla noin

1,5 MWh, 3,5-4 kW:n voimalalla noin 6-7 MWh ja 10 kW:n voimalalla noin 15-24 MWh keskituulennopeudella 5-5,5 m/s Suomen olosuhteissa (FinnWind Oy 2011; Kodin vihreä energia Oy 2011). Tampereen Nurmi-Sorilaan tehty selvitys osoittaa, että pientuulivoiman tuotannossa on sijoituspaikan valinnan lisäksi tärkeää keskittää tuulivoiman tuotanto suurempiin yksiköihin (Flinck 2010, 83). Myös tuulivoimalan asennuskorkeuden vaikutus energiantuottoon on merkittävä, joten maston korkeudeksi suositellaan sisämaassa vähintään 25 metriä (FinnWind Oy 2011), mikäli maaperän ominaisuudet ovat sopivat voimalan perustuksia varten (Flinck 2010, 72).



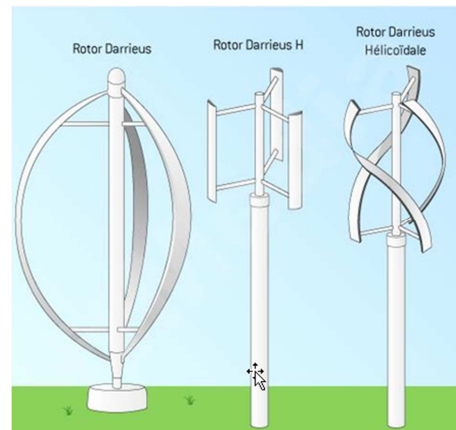
KUVIO 5. Perinteinen potkurimallinen tuulivoimala (Kuva: Tuulivoimala.com Finland Oy 2011)



KUVIO 7. Kaksi Windside Oy:n WS12 –voimalaa kauppakeskuksen mainostornissa (Kuva: Windside Oy 2011)



KUVIO 6. Savonius -roottoreita talon katolla (Kuva: Wikipedia 2011)



KUVIO 8. Kolme Darrieus -tyypin roottoria (Kuva: NTNU 2011)

Vaaka-akselisen tuulivoimalan potkurin tulee olla vähintään 9 metriä korkeammalla kuin lähimmät esteet, kuten rakennukset tai puut, noin 150 metrin säteellä. Lisäksi yksittäisten voimaloiden väliin tulisi jättää vähintään noin viisi kertaa roottorin halkaisijan verran tilaa (Suomen Tuulivoimayhdistys 2011). Pystyakselisten Windside-voimaloiden etäisyys toisistaan sivusuunnassa tulisi olla noin kolme kertaa turbiinin halkaisija, jotteivät ne häiritsisi toisiaan (Windside 2011), mutta niitä voidaan myös asentaa toistensa päälle. Pystyakselisiä voimaloita voidaan siis sijoittaa alueelle vaaka-akselisia voimaloita enemmän, millä voidaan kompensoida pystyakselisten voimaloiden huonompaa hyötysuhdetta. Esimerkiksi kaksi pyyhkäisypinta-alaltaan 12 m²:n Windside -voimalaa tuottaa valmistajan ilmoittamien mittaustulosten mukaan noin 17 MWh vuodessa alle 5 m/s keskituulennopeudella (Kuvio 7) (Windside Oy 2011).

Vaaka-akselisen voimalan haittoja, kuten rakenteisiin kertyvän jään aiheuttama vaara, potkurin lapojen aiheuttama välkkyminen sekä voimalan toiminnasta aiheutuva melu, voidaan ehkäistä sijoittamalla voimala paikkaan missä ei säännöllisesti oleskella, mielellään vähintään 30 metrin päähän pihapiiristä tai rakennuksesta (FinnWind Oy 2011). Pystyakselisen voimalan sijoittaminen on näiltä osin helpompaa, sillä voimala ei tuota melua eikä sen siipiin kerry lunta ja jäätä (Windside Oy 2011). Potkurimallinen pientuulivoimala vaatii maston harusköysineen tilaa noin yhden aarin (10 m×10 m) verran, jonka lisäksi tilaa tarvitaan voimalan paikalle kuljetusta sekä nostamista ja laskemista varten sekä maakaapelille voimalalta käyttökohteeseen (FinnWind Oy 2011). Pystyakselisen tuulivoimalan voi sijoittaa esimerkiksi rakennuksen katolle tai olemassa oleviin tietoliikennemastoihin hyvinkin korkealle maanpinnasta (CypressWindTurbines Oy 2011; Windside Oy 2011).

Asemakaava-alueella tuulivoimalan rakennuspaikan sopivuus ratkaistaan asemakaavassa (MRL 116.1 §). Tuulivoimarakentamista koskevaa asemakaavaa laadittaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota meluun, turvallisuuteen, maisemaan ja kaupunkikuvaan sekä virkistyskäyttöön liittyviin kysymyksiin ja vaikutus selvityksiin (Tuulivoimaopas 2011). Asemakaavassa on osoitettava tuulivoimaloille rakennuspaikka ja annettava tuulivoimaloiden ulottuvuutta koskevia määräyksiä. Kaava voidaan kuitenkin laatia siten, ettei tuulivoimaloiden sijaintipaikkoja ole

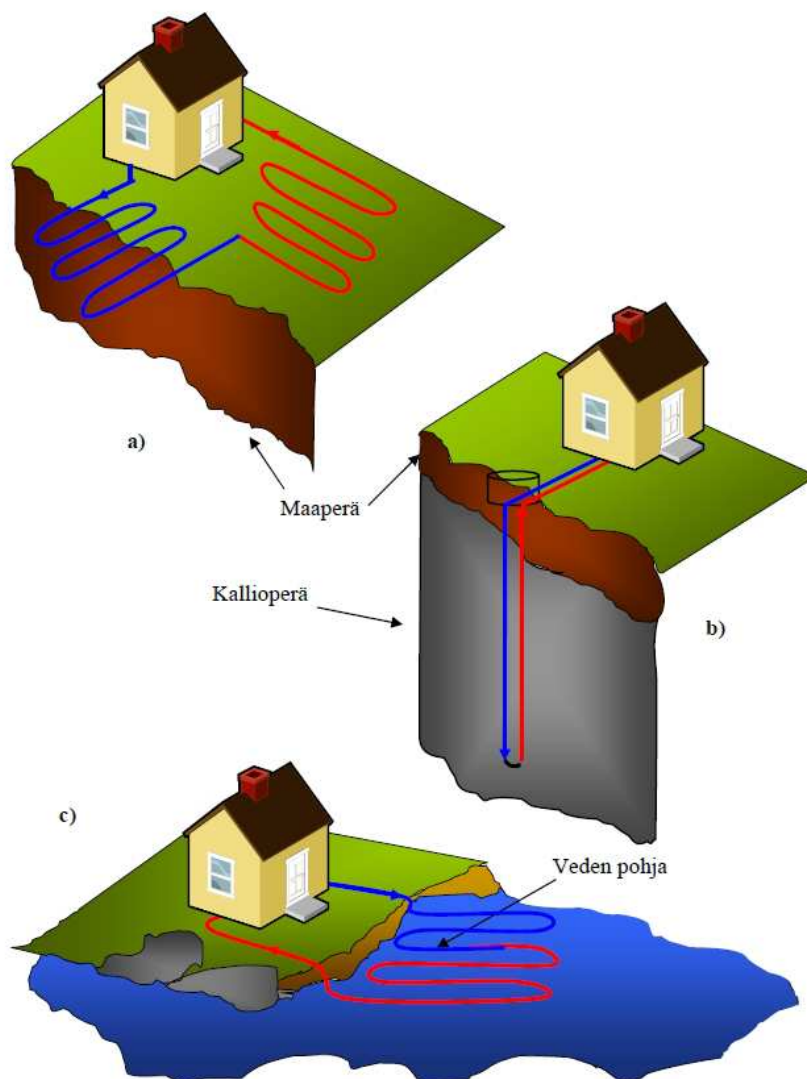
määritely tarkasti. Asemakaavassa on esitettävä myös voimaloiden vaatimat liikennejärjestelyt ja sähköliittymät.

3.2.4 Lämpöpumput

Maahan, ilmaan ja veteen sitoutunutta lämpöenergiaa voidaan hyödyntää lämpöpumpuilla. Maalämpöpumpulla kerätään talteen pintamaahan, veteen tai vesistön pohjasedimenttiin varastoitunutta lämpöä vaakaputkiston avulla tai kallioon varastoitunutta lämpöä pystyputkistolla käytettäväksi huonetilojen tai käyttöveden lämmitykseen (Leijala 2010, 44 - 48; Motiva 2011) (Kuvio 9). Maalämpöpumpun tuottamasta lämmöstä noin kaksi kolmasosaa on uusiutuvaa energiaa ja noin kolmasosa sähköllä tuotettua (Rajala ym. 2010, 28). Maa- ja vesistölämpöä voidaan hyödyntää yksittäisissä rakennuksissa tai rakennusryhmissä sekä keskitetyissä aluelämpöjärjestelmissä (Ojaniemi & Penttinen 2009, 6 - 9; Nikkanen, Laitinen, Nieminen & Pulakka. 2010, 27; Rajala ym. 2010, 28 - 29).

Maalämpöpumppu mitoitetaan siten, että se kattaa 40-60 % pientalon huipputehosta ja tuottaa 80-90 % lämmön tarpeesta (Motiva 2011). Lämpöpumppuja voidaan tarvittaessa kytkeä useita rinnakkain lämmittämään suuriakin rakennuksia (Senera Oy 2011). Lämmönkeruuputkiston mitoitukseen vaikuttavat lämpöpumpun tyyppi, tarvittava lämmitysteho ja maaperän ominaisuudet (Rajala ym. 2010, 28). Esimerkiksi pinta-alaltaan 100-150 neliömetrin pientalossa lämpöpumpun teho on 3,5-5,0 kW. Pintamaa-asennuksessa vaakaputkisto asennetaan 0,7-1,2 metrin syvyyteen ja keruuputkistoa tarvitaan 200-400 metriä, joka mahtuu 300-1000 neliömetrin alalle. Maalämpöä kerätään kuitenkin yleisimmin porakaivoilla eli lämpökaivoilla, joiden maksimisyvyys on noin 150-200 metriä. Kaivoja voidaan rakentaa useita, jolloin niiden tulisi olla noin 20 metrin etäisyydellä toisistaan (Juvonen 2009, 22). Tästä voidaan poiketa, jos yksi tai useampi rei'istä on vinoreikä ja niiden keskinäinen kaltevuuskulma on vähintään 25-30 astetta. Aluelämpöjärjestelmän lämpökaivoja voidaan sijoittaa esimerkiksi katujen varsille ja leikkikentille (Rajala ym. 2010, 29). Sijoituksessa on kuitenkin huomioitava suositeltavat minimietäisyydet, joita ovat muun muassa 3 metriä rakennukseen, 10 metriä tontin rajaan ja 5 metriä viemäreihin ja vesijohtoihin (Juvonen 2009, 22).

Lämpökaivon poraamista ja lämmönkeruuputkiston asentamista varten tarvitaan rakennuslupa uudisrakentamisen yhteydessä ja 1.5.2011 alkaen toimenpidelupa rakennuksen lämmitysjärjestelmää vaihdettaessa tai uusittaessa tai käytettäessä kyseessä olevia järjestelmiä lisälämmönlähteenä, jollei toimenpide perustu esimerkiksi oikeusvaikutteiseen kaavaan tai katusuunnitelmaan tai jollei rakennusjärjestyksessä ole määrätty luvanvaraisuudesta vapauttamisesta (Valtioneuvosto 2011).



KUVIO 9. Maalämpöpumpulla lämpöenergiaa voidaan siirtää rakennukseen a) maaperästä, b) kallioperästä ja c) vesistöstä (Leijala 2010, 43)

Maalämpöä voidaan käyttää muiden lämmönlähteiden, kuten aurinkokeräimien, lisäksi esimerkiksi niin sanotussa matalaenergiaverkossa. Lämmönjakelu matala-

energiaverkossa edellyttää, että verkkoon liitetyt rakennukset ovat riittävän lähellä toisiaan. Aluemaalämpöjärjestelmässä tilojen ja käyttöveden lämmitykselle sekä jäädytykselle voidaan rakentaa kullekin oma jakeluverkkonsa. Kaavoituksessa on huomioitava lämmönkeruuputkistojen ja jakeluverkon sijoituksen lisäksi tarve erilliselle huoltorakennukselle. (Rajala ym. 2010, 29.)

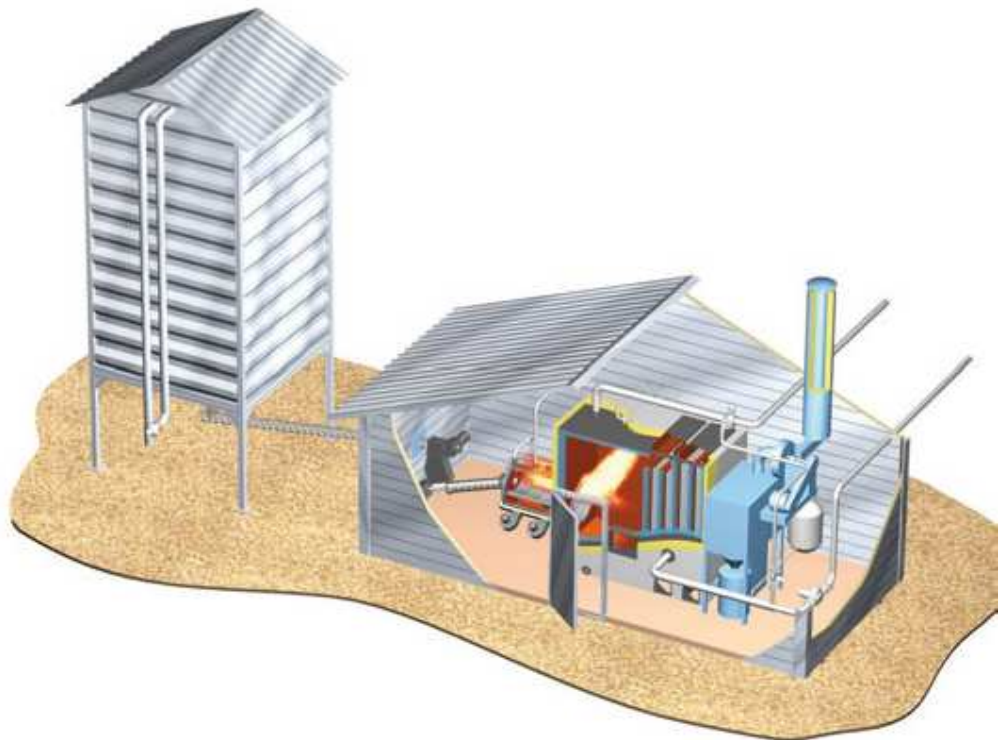
Ilmalämpöpumpulla lämpöä voidaan siirtää ulkoilmasta huoneilmaan (ilma-ilmalämpöpumppu) tai vesivaraajaan (ilma-vesilämpöpumppu), tai ilmanvaihdon poistoilmasta poistoilmalämpöpumpulla (Rajala ym. 2010, 30; Motiva 2011). Ilmalämpöpumppua voidaan yleensä käyttää enintään -15 asteen ulkolämpötilassa, joten ilmalämpöpumppu tarvitsee rakennuksen suurimman energiankulutuksen mukaan mitoitettun rinnakkaisen lämmitysjärjestelmän. Ilmalämpöpumppu soveltuu erityisesti suorasähkölämmitteisten talojen energiatehokkuuden parantamiseen. Pientalon lämmityssähkönkulutusta voidaankin vähentää ilmalämpöpumpun lämpökertoimesta eli COP:sta (Coefficient of Performance) riippuen jopa puoleen. Sen sijaan kaukolämmiteisessä rakennuksessa ilmalämpöpumppu ei ole tarkoituksenmukainen, koska se pienentää kaukolämmön tarvetta ja voi johtaa suurempia päästöjä aiheuttavan lauhdesähkön tuotantoon yhteistuotantosähkön kannattavuuden heiketessä. Poistoilmalämpöpumpulla voidaan kattaa rakennuksen ja käyttöveden lämmitysenergiasta yleensä noin puolet. Lämpöpumppujen sähköenergian tarve voidaan kattaa uusiutuvalla energialla, jolloin rakennuksen lämmitysenergian tuotanto on lähes päästötöntä.

3.2.5 Bioenergia

Bioenergiaa saadaan kasviperäisistä polttoaineista, biokaasusta ja bioperäisistä kierrätys- ja jättemateriaaleista. Kaikesta Suomessa käytettävästä energiasta noin viidennes ja uusiutuvasta energiasta noin kolme neljäsosaa tuotetaan puupohjaisilla energianlähteillä (Motiva 2011). Puupohjaisten polttoaineiden ja metsäteollisuuden jäteliemien, kuten mustalipeän, osuus bioenergian tuotannosta oli vuonna 2008 noin 95,1 % ja kierrätyspolttoaineiden, biokaasun, peltobiomassojen ja biopohjaisten polttonesteiden 4,9 %. Biopolttoaineita voidaan hyödyntää kiinteistö-

kohtaisissa ja alueellisissa lämmitysjärjestelmissä sekä alueellisissa yhteistuotantolaitoksissa.

Pientaloissa on perinteisesti tuotettu lämmitysenergiaa polttamalla pienpuuta eli halkoja ja pilkkeitä. Pellettilämmitys on kasvattanut suosiotaan viime vuosina Suomessa. Sen etuina muihin hajautettuihin järjestelmiin verrattuna ovat laitteiston kohtuullinen hankintahinta, lämmityksen vaivattomuus ja vähäinen huoltotarve. Asuinalueen suunnittelussa on huomioitava, että pientaloon sopiva pellettivarasto on kooltaan usein noin 8-10 m³, minkä lisäksi tarvitaan tilaa lastaukselle. (Rajala ym. 2010, 26 - 27.)

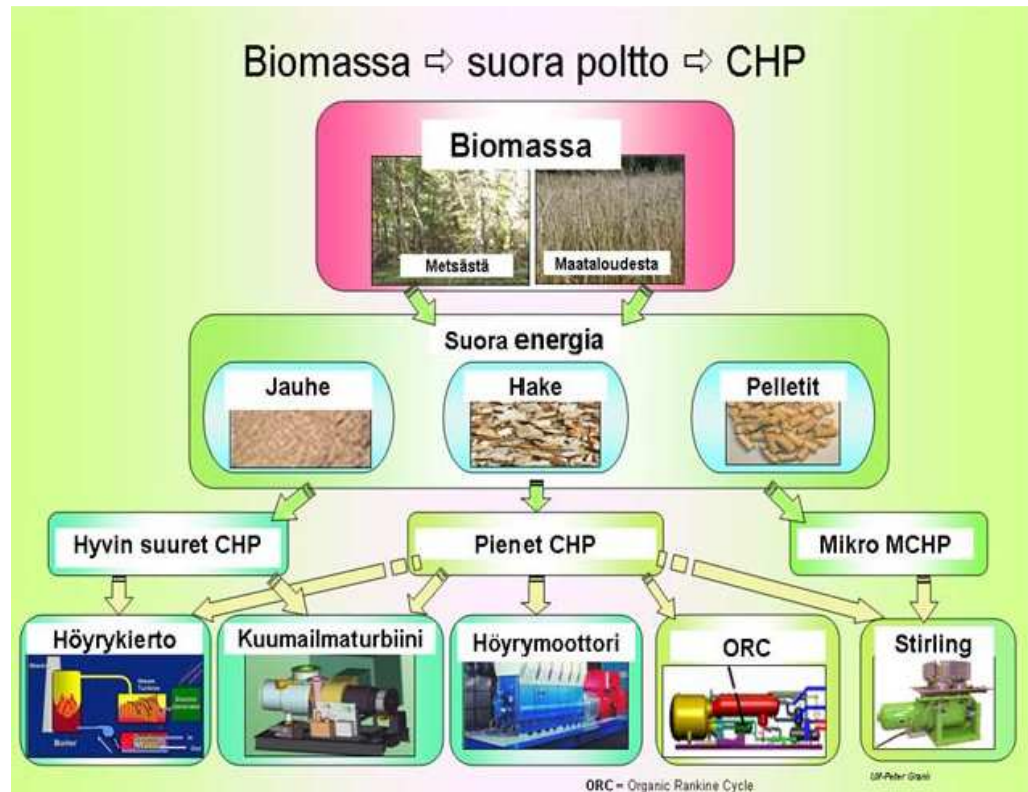


KUVIO 10. Pellettikonttilaitos ja varastosiilo (Ariterm Oy 2008)

Pieniä, biopolttoainetta käyttäviä lämpölaitoksia voidaan käyttää tuottamaan energiaa yksittäisten suurten rakennusten tai pienen alueverkon kautta usean rakennuksen lämmittämiseen. Aluelämmitykseen soveltuu noin 100 kW-1 MW tehoinen, esimerkiksi hakkeella toimiva biopolttoainekattila. Hakekattila tarvitsee kuitenkin varalle ja huipputehon tuottajaksi öljykattilan (Rajala ym. 2010, 26; Motiva 2011). Kiinteän polttoaineen (kpa) aluelämpölaitoksen tilantarve vaihtelee laitok-

sen tehon ja tyyppin (konttilaitos, kiinteä laitos) mukaan. Esimerkiksi 500 kW:n tehoinen konttilaitos tarvitsee tilaa vähintään 7 m × 3,5 m (pelletti, ulkoinen varastosiilo) (Kuvio 10) tai 7,2 m × 7,2 m (hake, sisäinen varasto) (Ariterm Oy 2008), kun taas esimerkiksi 1,5 MW:n tehoinen kiinteä biokattilalaitos polttoainetarastoinen tarvitsee vähintään 21 m × 22 m suuruisen maa-alan (Laatukattila Oy 2011). Lisäksi kpa -laitoksen sijoittamisessa on huomioitava polttoainetta kuljettavien ajoneuvojen ominaisuudet ja liikkuminen, savupiipun korkeus ja laitoksen turvaetäisyydet muihin rakennuksiin (Satakunnan ammattikorkeakoulu 2002, 14 - 15).

Pienimuotoisessa hajautetussa yhteistuotannossa (CHP, Combined Heat and Power) eli pien-CHP:ssa polttoaineen energia muutetaan sähköksi ja lämmöksi lähellä loppukuluttajaa joko kiinteistön omassa mikrolämpövoimalayksikössä (MCHP) tai alueellisessa laitoksessa (Kuvio 11) (Granö 2010; Rajala ym. 2010, 36; Motiva 2011). Lämmön rinnalla on mahdollisuus tuottaa myös kylmäenergiaa. Energia tuotetaan nykyään pääosin polttomoottoreilla tai kaasumoottoreilla, mutta uusia tekniikoita, kuten mikroturbiinit, kuumailmaturbiinit (HAT, Hot Air Turbine), lämmityskattiloihin liitettävät Stirling-moottorit ja ORC-yksiköt (Organic Rankine Cycle) sekä polttokennot, on kehitteillä tai testattavana tai jo saatavana kaupallisina tuotteina ainakin Keski-Euroopassa. Pien-CHP-laitoksen polttoaineena voidaan käyttää muun muassa biomassasta ja kierrätyspolttoaineista tuotettua kaasua sekä biodieseliä. Myös alueella tuotettua energijätettä voitaisiin periaatteessa hyödyntää kpa -laitoksessa, mutta jätettä ei ole kuitenkaan kannattavaa eikä tehokasta polttaa pienissä laitoksissa (Rajala ym. 2010, 39), vaikka paikallistason energia- ja materiaalikierron edistäminen voisikin osaltaan auttaa ilmastonmuutoksen hillinnässä. Pienimuotoisen yhteistuotannon etuna on korkea hyötysuhde, joka perustuu yhteistuotantotekniikkaan sekä lyhyisiin energian siirtoetäisyyksiin. Paikallinen lämpöverkko mitoitetaan palvelemaan alueen kuluttajien lämmöntarvetta, joten lämpökuorman ollessa pieni myös sähkön tuotanto voi olla pientä käytetystä tekniikasta riippuen. Tällöin puuttuva osa sähköstä joudutaan hankkimaan muilla keinoin.



KUVIO 11. Alueellisten yhteistuotanto- eli CHP -laitosten polttoaine- ja tekniikkavaihtoehtoja (Granö 2010)

3.2.6 Hajautetun energiantuotannon vertailuja

Hajautetun energiantuotannon ja uusiutuvien energianlähteiden käytön taloudellista kannattavuutta asuinalueilla on alettu tutkia viime aikoina. On todettu, että nykyisen, pientuulivoimaloihin ja aurinkopaneeleihin perustuvan tekniikan hinnalla hajautetusti tuotettu sähkö ei vielä ole kilpailukykyistä verkkosähköön verrattuna (Rajala ym. 2010, 128). On myös havaittu, että hajautettu lämmöntuotanto voi olla kuluttajalle hieman kalliimpaa kaukolämpöön verrattuna. Lisäksi hajautetussa lämmöntuotannossa menetetään keskitetyn tuotannon edut, kuten lämmön ja sähkön yhteistuotannon hyvä hyötysuhde ja hiukkaspäästöjen tehokas vähentäminen. Nikkanen ym. (2010, 28) ovat tutkimuksessaan todenneet, että rakennusten elinkaaren aikaisia lämmityskustannuksia ja alueen rakentamisen kokonaiskustannuksia voidaan vähentää investoimalla rakennusten parempaan energiatehokkuuteen ja pieneen lämmitysenergian kulutukseen. Tällöin myös tarve investoida alueelliseen lämmitysjärjestelmään vähenee.

VTT on vertaillut maa-, kallio- ja vesistölämpöön perustuvien talo- tai taloryhmäkohtaisten ja alueellisten lämmitysjärjestelmien sekä biopolttoaineisiin perustuvien aluelämpölaitosten kustannus- ja ekotehokkuutta kerros- ja pientaloalueilla (Nikkanen ym. 2010, 2). Ojaniemi ja Penttinen (2009, 2) ovat myös selvittäneet erilaisten aluelämmitysjärjestelmien ja rakennusten keskuslämmitysjärjestelmien sekä niihin integroitujen aurinkolämpöjärjestelmien investointi- ja käyttökustannusten sekä hiilidioksidipäästöjen eroja matalaenergiahirsi- ja kiveäkköaluetalokorttelialueen lämmitysratkaisuissa. Tutkimuksissa havaittiin, että kiinteän polttoaineen, kuten hakkeen tai puuteollisuuden sivutuotteen, polttoon perustuva aluelämpöjärjestelmä on kustannustehokas ratkaisu. Kiinteän polttoaineen aluelämpölaitoksen hyvänä puolena on myös laitoksen vaatima vähäinen hoito. Huonona puolena on polttoaineen pitkäaikaisen ja kustannustehokkaan saatavuuden varmistaminen sekä polttoaineen kuljetuksista ja poltonaikaisista päästöistä alueen asukkaille aiheutuva lievä haitta. Haasteellista aluelämmön toteuttamiselle on myös alueen lämmitystarpeen toteutumisen eli rakennusten rakentamisen aikataulu.

Kpa-aluelämpölaitoksen hyvä vaihtoehto on keskitettyyn lämpöpumppulaitokseen perustuva aluelämpö, joka on investointi- ja vuosikustannuksiltaan edullisin lämpöpumppulämmityksen vaihtoehto. Talokohtaiset maalämpöpumput voivat tosin olla aluemaalämpöä edullisempia keskikokoisissa ja suurissa rakennuksissa (yli 330 m²), mutta eivät kuitenkaan pienissä rakennuksissa, mikäli niiden energiankulutus on pientä (Ojaniemi & Penttinen 2009, 23). Lämpöpumppujen etuna on, etteivät ne tuota savukaasupäästöjä.

Aurinkokeräimillä voidaan korvata osa lämmitysenergiasta. Aurinkolämmön kustannukset ylittävät kuitenkin aluelämmön ja talokohtaisten lämmitysjärjestelmien kustannukset, joten sen käyttö ei ole puhtaasti taloudellisesta näkökulmasta kannattavaa. Lisäksi aurinkolämmön hyödyntäminen ei vähennä päälämmitysjärjestelmän huipputehon tarvetta, mutta vaikuttaa aluelämpöverkkojen toimintaan energiantarpeen vähenemisen kautta heikentäen aluelämpökeskusten kannattavuutta ja nostaa lämpökeskuksesta myytävän energian hintaa. (Ojaniemi & Penttinen 2009, 24.)

Alueen hiilidioksidipäästöjen kannalta hyviä ratkaisuja ovat kpa -aluelämpölaitos sekä talokohtainen pellettilämmitys (Ojaniemi & Penttinen 2009, 24), joka on erityisesti matalaenergiataloissa osoittautunut päästöjen kannalta erittäin kustannustehokkaaksi vaihtoehdoksi (Rajala ym. 2010, 127). Maalämpö aiheuttaa edellisiä selvästi enemmän päästöjä sekä alueellisena että rakennuskohtaisena järjestelmänä. Yksittäisen rakennuksen ratkaisuista suurimmat päästöt muodostuvat ilma-vesi lämpöpumpuista niiden maalämpöä huonomman hyötysuhteen ja sähkövastusten sähkönkulutuksen vuoksi. (Ojaniemi & Penttinen 2009, 24.)



KUVIO 12. Kanadaan rakennetun Earthship -konseptin mukaisen ekotalon rakennusmateriaaleina käytettiin muun muassa hiekalla täytettyjä autonrenkaita, tyhjiä juomatölkkejä ja puuta (Earthship Bioteecture 2011)

3.3 Rakennukset

Rakennuksen energiankulutus riippuu rakennuksen energiatehokkuudesta, ylläpidon laadusta ja käyttäjien kulutustottumuksista (Martinkauppi 2010, 21). Euroopan unionin uuden rakennusten energiatehokkuusdirektiivin mukaan energiatehokkuutta on edistettävä sekä uudisrakentamisessa että olemassa olevissa raken-

nuksissa. Direktiivi edellyttää, että myös korjausrakentamiselle on asetettava kansalliset energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset. Jäsenvaltiot voivat kuitenkin poiketa energiatehokkuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista esimerkiksi rakennuksissa, joita suojellaan virallisesti osana määrättyä ympäristöä tai niiden erityisten arkkitehtonisten tai historiallisten ansioiden vuoksi, mikäli niiden luonne tai ulkonäkö muuttuisi tavalla, jota ei voida hyväksyä. (EU 2010.)

Ilmastoystävällisen, energiatehokkaan rakennuksen rakentamisen ensisijaiset keinot tähtäävät rakennuksen lämmitys- ja sähköenergian tarpeen pienentämiseen energian tuotantomuodosta ja rakennusteknologian tasosta riippumatta. Rakennusmateriaaleina voidaan käyttää luonnonmateriaaleja, kuten luonnonkiveä, hiekkaa, puuta, olkea ja savea (Toiviainen 2011) sekä kierrätysmateriaaleja, kuten pulloja, tölkkejä, autonrenkaita yms. (Kuvio 12) (Earthship Biotope 2011) tai betonia, metallia, muoveja yms. Energiaa voidaan hyödyntää rakennuksissa passiivisin ja aktiivisin menetelmin. Passiivisiin menetelmiin perustuvassa rakennuksessa ilmaisen energioita, kuten auringon säteilyä, hyödynnetään ilman koneiden apua esimerkiksi lämmityksessä ja valaistuksessa, ja ilmanvaihto toteutetaan painovoimaisena. Tällaisten rakennusten hyvänä puolena on niiden helppokäyttöisyys ja kestävyys, sillä niissä ei ole käytetty sellaista teknologiaa, kuten esimerkiksi mikroprosessoreita, joita tavallinen ihminen ei osaa huoltaa tai korjata niiden rikkouduttua. Huoltovarmuus ja sopeutumiskyky ovatkin hyviä ominaisuuksia esimerkiksi sään ääri-ilmiöiden aiheuttamien poikkeustilanteiden varalta. Aktiivisiin menetelmiin perustuvassa rakennuksessa puolestaan hyödynnetään erilaisia sähkö-, lämmitys- ja jäähdytysenergiantuotantoon ja ilmanvaihtoon liittyviä koneita ja laitteita. Kehittyntä teknologiaa hyödyntävissä rakennuksissa voidaan mitata ja säädellä muun muassa lämpötilaa ja sisäilman ominaisuuksia hyvinkin tarkasti, mutta haittapuolena on, että laitteet ovat riippuvaisia itse tuotetusta tai muualta ostetusta sähköenergiasta ja vaativat asiantuntevaa huoltoa ja säätöjä toimiakseen oikein. Nykyiset rakentamismääräykset ovat suosineet teknologiaan perustuvia ratkaisuja rakennuksissa, vaikka tutkimukset ovat osoittaneet, että yksinkertaisemminkin ratkaisuilla voidaan päästä haluttuun lopputulokseen (muun muassa Lylykangas, Sainio & Vuolle 2010, 17 - 18).

Energiatehokkaita rakennuksia ovat niin sanotut matalaenergia- ja passiivitalot. Matalaenergiatalolla tarkoitetaan rakennusta, jonka laskennalliset lämpöhäviöt ovat enintään 85 % tavanomaiselle, rakentamismäärien vähimmäisvaatimuksia noudattavalle rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä (Ympäristöministeriö 2008b, 5). Pääperiaatteena on, että matalaenergiatalo tarvitsee lämmitykseen energiaa Etelä-Suomessa alle 60 kWh lämmitettävää bruttoalaa kohden vuodessa ja Pohjois-Suomessa alle 90 kWh/brm² vuodessa (Motiva 2011). Passiivitalo puolestaan on vielä tätäkin energiatehokkaampi rakennus, jossa energiansäästö saavutetaan ulkovaipan ominaisuuksien, kuten tiiviiden ja lämmöneristävyyden, sekä ilmanvaihdon tehokkaan lämmön talteenoton ja ulkoisten ja sisäisten ilmaislämmönlähteiden (passiivinen aurinkoenergia, ihmiset, laitteet) tehokkaan hyödyntämisen avulla (Flinck 2010, 11 - 12; Nieminen & Lylykangas 2009, 2). Passiivitalon määritelmä perustuu rakennuksen lämmitys- ja primäärienergiantarpeeseen ja ulkovaipan lämpötekniseen laatuun, jota kuvataan ilmanvuotoluvulla (Taulukko 1) (Nieminen & Lylykangas 2009, 2). Kansainvälisen passiivitalon mukainen mitoitus mahdollistaa lämmön jakamisen ilmanvaihdon välityksellä, jolloin rakennuksessa ei välttämättä tarvita lainkaan tavanomaisia lämmönjakojärjestelmiä kuten pattereita tai lattialämmitystä, mutta käytännössä pelkkä ilmavaihtolämmitys toimii vain poikkeustapauksissa. Esimerkiksi ainakin laatoitettuihin märkätiloihin suositellaan lattialämmitystä rakennusfysikaalisista ja mukavuussyistä. Lisäksi voidaan käyttää patterilämmitystä isojen ikkunapintojen lähellä. Kansainvälisen määritelmän kriteerit johtaisivat Suomen oloissa mitoituksiltaan ja kustannuksiltaan kohtuuttomiin ratkaisuihin, joten VTT on laatinut suomalaiselle passiivitalolle oman, pohjoiseen ilmastoon paremmin soveltuvan määritelmän (Taulukko 2). Tällaista lämmitysenergiankulutuksen vähentämiseen tähtäävää rakentamista on kuitenkin kritisoitu muun muassa ihmisten terveydelle aiheutuvisista riskeistä (Elfving 2009, 31).

TAULUKKO 1. Kansainvälisen passiivitalon määritelmän kriteerit

lämmitysenergiantarve	$\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ v})$
kokonaisprimäärienergian tarve	$\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ v})$
ilmavuotoluku n_{50}	$\leq 0,6 \text{ l/h}$

TAULUKKO 2. Suomalaisen passiivitalon määritelmän kriteerit

	etelärannikko	maan keskiosat	pohjoisosat
lämmitysenergiantarve	$\leq 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ v})$	$\leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ v})$	$\leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ v})$
kokonaisprimäärienergiantarve	$\leq 130 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ v})$	$\leq 135 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ v})$	$\leq 140 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ v})$
ilmavuotoluku n_{50}	$\leq 0,6 \text{ l/h}$	$\leq 0,6 \text{ l/h}$	$\leq 0,6 \text{ l/h}$

Matalaenergia- ja passiivitaloja pidetään vain välivaiheena siirryttäessä kohti nollaenergia- ja plusenergiataloja, joissa energiataseen on oltava vuositasolla nolla tai positiivinen. EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin mukaan kaikkien uudisrakennusten tulee olla ”lähes nollaenergiarakennuksia” vuoden 2021 alusta lähtien (EU 2010). Nollaenergiatalolle on käytössä erilaisia, laskentatavasta riippuvia määritelmiä (Taulukko 3) (Flinck 2010, 13; Nieminen & Lylykangas 2009, 18). Suomen ilmastoon soveltuva määritelmä perustuu energian kokonaiskulutukseen.

TAULUKKO 3. Nolla- ja plusenergiatalojen määrittelyperiaatteita

Energian kokonaiskulutus (net zero site energy use)	Tuotetun uusiutuvan energian ylijäämä on vähintään sama kuin käytetyn uusiutumattoman energian määrä.
Energiakustannukset (net zero cost)	Myydyn energian arvo on vähintään sama kuin ostoenergian kustannus.
Energian laatu (net off-site zero energy use)	Käytetään vain uusiutuvaa energiaa, joka voidaan tuottaa myös muualla.
Primäärienergian kulutus (net zero primary-energy use)	Tuotetun uusiutuvan energian ylijäämä on vähintään yhtä suuri kuin ostetun energian määrä primäärienergiaksi muutettuna.
Päästöt (net zero energy emissions)	Käytetyn uusiutumattoman energian kasvihuonekaasupäästöt korvataan tuotetulla uusiutuvalla energialla.
Energiariippuvuus (off-the-grid)	Rakennus on täysin energiaomavarainen ja riippumaton sähkö- tai lämpöverkoista.

Energiankulutuksen ja päästöjen vähentäminen Suomen rakennuskannassa edellyttää EU:n direktiivin mukaisesti niin uudisrakennusten kuin olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden parantamista. Kaavoituksella on tärkeä rooli uudisrakentamisen ohjauksessa, sillä rakennusten energiatehokkuudesta tai esimerkiksi kaukolämpöön liittymisvelvollisuudesta voidaan antaa määräyksiä kaavoissa tai tontinluovutusehdoissa. Energiatehokkuuteen vaikuttavat asiat on hyvä tiedostaa ja ottaa huomioon myös rakennuksen suunnittelua ja rakentamista kos-

kevissa rakennustapaohjeissa. On esimerkiksi havaittu, että yksikerroksinen omakotitalo kuluttaa noin 6 % enemmän energiaa kuin brutto- ja ikkunapinta-alaltaan vastaavankokoinen kaksikerroksinen omakotitalo, joten rakennuksen geometrialla eli muodolla ja aukotuksilla on vaikutusta sen energiatehokkuuteen (Rajala ym. 2010, 44).

Uudisrakentamisessa energiatehokkuuden parantaminen alkaa jo suunnittelusta, jossa energiatehokkaaseen rakentamiseen ohjataan rakentamismääräysten kautta annettavien energiatehokkuusnormien perusteella (Martinkauppi 2010, 38). Normien kiristyminen on osaltaan saattanut jo vaikuttaa rakennuskannan muuttumiseen energiatehokkaampaan suuntaan, sillä esimerkiksi noin puolet Lahdessa vuonna 2011 valmistuvista kerrostaloista on energiatodistuksista tehdyn otoksen perusteella sellaisia, joissa lämmitykseen ja laitesähköön kuluu laskennallisesti energiaa vuodessa keskimäärin 99 kWh/brm^2 (ET-luokka A), kun taas rivi- ja ketjutaloissa kuluu 144 kWh/brm^2 (ET-luokka A) ja erillisissä pientaloissa $154,5 \text{ kWh/brm}^2$ (ET-luokka B). Uudet, vuoden 2010 määräyksiä 20 % tiukemmat rakentamismääräykset astuvat voimaan 1.7.2012, jolloin siirrytään niin sanottuun kokonaisenergiatarkasteluun (Ympäristöministeriö 2011, 1, 8). Kullekin rakennustyyppille, ja erikseen myös hirsitaloille, on määritelty enimmäisarvo eli niin sanottu E-luku laskennalliselle kokonaisenergiankulutukselle. Kullekin energiantuotantomuodolle on määritelty luonnonvarojen käyttöä kuvaava energiamuodon kerroin, jota käytetään rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen laskennassa. Kokonaisenergiatarkastelu mahdollistaa kaikkien rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavien rakennus- ja energiateknisten ym. asioiden asettamisen samalle viivalle eli käytännössä suunnittelijalla on aikaisempaa enemmän valinnanvapauksia sille, millä tavalla kullekin rakennustyyppille asetetut enimmäisarvot alitetaan.

Määräysten ohella tulisi rakentamisen ohjauksessa käyttää myös erilaisia kannustimia. Matalaenergia-, passiivi- ja nollaenergiatalojen rakentamiseen voitaisiin houkutella esimerkiksi kaupungin omistamalla maalla tonttivuokran puolittamisella määrääjäksi, kuten Tampereella on tehty (ECO₂ 2011), alennuksilla kunnallistekniikan liittymämaksuista tai tapauskohtaisesti jopa rakennusoikeuden tai -alan ylitysmahdollisuudella. Energiatehokkuustavoitteiden saavuttamista ei kuitenkaan

ole tulevaisuudessa viisasta jättää pelkästään yksittäisten rakennusten suunnittelijoiden ja rakentajien harteille. On nimittäin todettu, että nollaenergiataso on yksittäiseen rakennukseen verrattuna helpompaa toteuttaa aluetasoisena (Nikkanen ym. 2010, 5).

Suuria valtakunnan tasoisarakennussektorin päästövähennyksiä ei saavuteta nopeasti pelkästään uudisrakentamisen energiatehokkuutta lisäämällä, sillä Suomen rakennuskanta uudistuu vain noin 1-1,5 prosentin vuosivauhdilla (Nieminen 2009). Nykyisillä rakennuksilla on eniten merkitystä energiankulutuksen ja päästöjen vähentämiseen vuoteen 2020 saakka (Nieminen 2009), mutta niiden energiatehokkuuden parantaminen ja säästötavoitteiden saavuttaminen on haasteellista (Martinkauppi 2010, 38; Shemeikka 2010; Vihola & Heljo 2011, 33 - 34). Vanhoissa rakennuksissa on yleensä harvoin tilaa uudelle talotekniikalle ja korjaustoimenpiteet ajoittuvat rakennuksen elinkaaren eri vaiheisiin. Energiakorjausten rahoitus voi olla este, sillä korjausvelan takia investoinnit voidaan jättää tekemättä. Lisäksi suojelusäännökset voivat rajoittaa käytettävissä olevien toimenpiteiden valikoimaa suojelluissa kiinteistöissä. Muutosten yhteydessä nostetaan yleensä myös rakennuksen laatutasoa, kuten esimerkiksi parannetaan sisäilmastoa, mikä voi lisätä energiankäyttöä. Energiansäästöä voidaan nykyrakennuksissa kuitenkin edistää helposti ja taloudellisesti esimerkiksi kulutusta vähentämällä, ilmalämpöpumpulla, yläpohjan ja ulkoseinien lisäeristämällä, rakennuksen vaipan ilmatiiveyden parantamisella ja energiatehokkailla laitteilla (Shemeikka 2010; Vihola & Heljo 2011, 30 - 32). Lämmitysjärjestelmän muutos on myös tehokas keino, mutta vaatii edellisiä enemmän investointeja. Passiivi- tai nollaenergiatason saavuttaminen on sekä taloudellisesti että teknisesti haasteellisempaa korjausrakentamisessa. Näiden haasteiden vuoksi on ehdotettu, että uusien rakennusten pitäisi säästää tai tuottaa energiaa vanhojenkin edestä (Niemi 2009).

Rakennuksen lämmitysenergiankulutuksen pienentyessä alkaa muiden tekijöiden, kuten käyttöveden lämmittämisen ja laitesähkön kulutuksen merkitys kasvaa (Rajala ym. 2010, 145 - 146). Käyttöveden lämmityksen energiankulutuksen pienentämiseen on olemassa erilaisia teknisiä menetelmiä. Esimerkiksi aurinkolämmöllä voitaisiin kattaa optimioloissa puolet käyttöveden lämmitystarpeesta ja jäteveden hukkalämmön talteenotto kiinteistökohtaisella tai keskitetyllä ratkaisulla säästäisi

puolestaan noin 15-30 % käyttöveden lämmittämiseen tarvittavasta lämpöenergiasta. Myös tulisijalämmitys, vesikalusteiden virtaamien rajoittaminen ja lämpimän käyttöveden kierron energianhukan pienentäminen ovat mahdollisia keinoja (Rajala ym. 2010, 44 - 46). Ratkaisevaa lämmitys- ja laitesähköenergiankulutuksen vähentämisessä on kuitenkin käyttäjien kulutustottumusten muuttaminen. Kulutukseen voidaan vaikuttaa muun muassa reaaliaikaista, helppokäyttöistämittarointia kehittämällä, jotta kuluttaja saa tiedon siitä mitä hänen kulutuksensa juuri sillä hetkellä tulee maksamaan ja voi toimia energiaa säästävämmin.

Rakennusten energiatehokkuutta pohdittaessa on otettava huomioon myös ilmastomuutoksen näkökulma. Ilmastomuutoksen on ennustettu vähentävän lämmitysenergian tarvetta noin 10 %, josta pääosa talviaikaan (Maa- ja metsätalousministeriö 2005, 150 - 151), mutta toisaalta jäädytystarpeen kasvu voi jonkun verran lisätä energiankulutusta kesäaikaan. Ilmastomuutoksen hillitsemisessä on huomioitava rakennusten lisäksi myös rakentamisen vaikutukset. Rakennusmateriaalien valinta vaikuttaa rakentamisen energiankulutukseen ja päästöihin, sillä materiaalien valmistuksen energian- ja luonnonvarojen kulutus vaihtelee. Tutkimusten mukaan puulla on ilmasto- ja energiatehokkuusnäkökulmasta katsottuna etulyöntiasema muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna, sillä 1 kg:lla puumateriaalia voitaisiin korvata 3,6 kg kivipohjaisia tuotteita, 0,12 kg metallituotteita ja 0,005 kg muita tuotteita (Pingoud & Perälä 2000, 3), joiden valmistaminen kuluttaa energiaa ja tuottaa päästöjä puuta enemmän (Puuinfo 2010a, 20 - 21). Esimerkiksi Metsäntutkimuslaitoksen puurakenteisen toimistorakennuksen tuotteiden valmistuksesta ja kuljetuksesta aiheutuva hiilidioksidin arvioitu kokonaispäästö oli 320 tonnia, kun vastaavan betonirakennuksen päästöt olisivat olleet 800 tonnia (Häkkinen & Wirtanen 2006, 3). Vähäisten päästöjen lisäksi puu myös toimii hiilen varastona, ja arvioiden mukaan puurakenteinen omakotitalo puukalusteineen sitoo noin 12-30 tonnia hiilidioksidia elinkaarensa ajaksi (Puuinfo 2010a, 19; Puuinfo 2010b, 40). Tutkimusten mukaan puumateriaalin hiilivarastojen merkitys on kuitenkin vähäinen rakennusten koko elinkaaren aikaisia nettohiilidioksidipäästöjä tarkasteltaessa. Hiilivaraston säilymiseksi puurakennus olisi aina korvattava vastaavan kokoisella puurakennuksella ja varaston merkittäväksi kasvattamiseksi pitäisi betonin sijaan käyttää puuta rakennusmateriaalina. Suurempi merkitys onkin sillä, että puuta käytetään korvaamaan paljon fossiilista energiaa kuluttavia

rakennusmateriaaleja ja fossiilisia polttoaineita energiantuotannossa. Vaikutus on sitä suurempi, mitä enemmän paljon päästöjä aiheuttavaa fossiilista polttoainetta, kuten kivihiihtä, kyetään korvaamaan. Tutkimuksen mukaan esimerkiksi Suomessa hiilipäästöjen vähennyspotentiaali on 0,62 tonnia hiiltä tonnia kuivaa biomassaa kohden, kun puuperäisellä materiaalilla, kuten hakkuu-, sahaus- ja rakennusten purkujätteellä, korvataan kivihiilen käyttöä sähköntuotannossa. (Gustavsson ym. 2006, 1115.)

4 KULTTUURIYMPÄRISTÖ

4.1 Käsitteet

Kulttuuriympäristö on yleiskäsite, jolla tarkoitetaan rakennusperintöportaalin käsiteluetelun mukaan ”ympäristöä, jonka ominaispiirteet ilmentävät kulttuurin vaihteita sekä ihmisen ja luonnon vuorovaikutusta” (Rakennusperintöportaali 2011). ”Kulttuuriympäristöön liittyy myös ihmisen suhde ympäristöönsä ennen ja nyt; sille annetut merkitykset, tulkinnat ja sen erilaiset nimeämiset”. Ahola, Tolonen ja Utriainen (2007, 7) mukaan kulttuuriympäristö on liikkumisen, asutuksen, elinkeinojen ja historiallisten tapahtumien vaikutuksesta muotoutunut, aikojen kuluessa omaan paikkaansa asettunut arvokas ympäristö. Kulttuuriympäristö ilmentää oman alueensa kulttuurihistoriallisia arvoja, jotka kertovat paikkakunnan historiasta, ikivanhoista asumuksista ja kulkureiteistä.

Kulttuuriympäristöön kuuluvat rakennettu kulttuuriympäristö, kulttuurimaisema perinnebiotooppeineen ja arkeologinen kulttuuriperintö eli muinaisjäännökset (Ympäristöministeriö 2001; Ahola ym. 2007, 7; Rakennusperintöportaali 2011). Rakennetun kulttuuriympäristön ”käsite viittaa sekä konkreettisesti rakennettuun ympäristöön että maankäytön ja rakentamisen historiaan ja tapaan, jolla se on syntynyt” (Rakennusperintöportaali 2011). Rakennettu kulttuuriympäristö on kokonaisuus, joka muodostuu yhdyskuntarakenteesta, rakennuksista sisä- ja ulkotiloineen, pihoista, puistoista sekä erilaisista teknisistä rakenteista, kuten kadut, tiet, sillat tai kanavat, ja muista ihmisten rakentamista kohteista ympäristössä (Ympäristöministeriö 2001; Rakennusperintöportaali 2011). Rakennusperintöä on käytetty synonyymina rakennetulle kulttuuriympäristölle, mutta joskus käsitettä käytetään tarkoittamaan erityisesti vanhoja rakennuksia. Kaupunkikuvalla tai taajamakuvalla tarkoitetaan ”rakennetun ympäristön ja kaupunki- tai taajamatiilan visuaalisesti hahmotettavaa ilmiä” (Rakennusperintöportaali 2011).

4.2 Kulttuuriympäristön suojeleminen ja hoito

Kulttuuriympäristön suojeleminen ja vaaliminen perustuu lainsäädäntöön sekä ympäristö- ja kulttuurihallinnon yhteistyöhön (Museovirasto 2011). Kunnilla ja omistajilla on vastuu rakennusperinnön ja hyvän elinympäristön turvaamisesta ja kansalaisilla mahdollisuus osallistua siihen. Suomen perustuslain (1999) mukaan ”vastuu luonnosta ja sen monimuotoisuudesta, ympäristöstä ja kulttuuriperinnöstä kuuluu kaikille. Julkisen vallan on pyrittävä turvaamaan jokaiselle oikeus terveelliseen ympäristöön sekä mahdollisuus vaikuttaa elinympäristöään koskevaan päätökseen.” (20 §)

Kulttuuriympäristöä ja rakennusperintöä vaalitaan tavallisesti kaavoituksen ja rakentamisen ohjauksella eli maankäyttö- ja rakennuslailla (1999). Laissa säädetään muun muassa, että

- Alueiden käytöllä ja rakentamisella ”luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitys.” (1 §)
- ”Alueiden käytön suunnittelun tavoitteena on vuorovaikutteiseen suunnitteluun ja riittävään vaikutusten arviointiin perustuen edistää -- rakennetun ympäristön kauneutta ja kulttuuriarvojen vaalimista --” (5 §)
- ”Rakentamisen ohjauksen tavoitteena on edistää -- rakentamista, joka perustuu elinkaariominaisuuksiltaan kestäviin ja taloudellisiin, sosiaalisesti ja ekologisesti toimiviin sekä kulttuuriarvoja luoviin ja säilyttäviin ratkaisuihin --” (12 §)
- ”Rakennettua ympäristöä ja luonnonympäristöä tulee vaalia eikä niihin liittyviä erityisiä arvoja saa hävittää. -- Asemakaavalla ei saa aiheuttaa kenenkään elinympäristön laadun sellaista merkityksellistä heikkenemistä, joka ei ole perusteltua asemakaavan tarkoitus huomioon ottaen.” (54 §)

Maankäyttö- ja rakennuslakia täydentävät laki rakennusperinnön suojelemisesta, asetus valtion omistamien rakennusten suojelesta, kirkkolaki ja laki ortodoksisesta kirkosta kirkollisten rakennusten suojelesta ja muinaismuistolaki kiinteiden muinaisjäännösten suojelesta (Museovirasto 2011). Kulttuuriympäristöä sivutaan myös esimerkiksi laissa ympäristövaikutusten arvioinnista, luonnonsuojelulaissa, metsälaissa, vesilaissa, tielainsäädännössä ja maa-aineslaissa, joissa on muun muassa

assa ympäristön kauneus- ja kulttuuriarvojen vaalimiseen ja suojeluun tähtääviä säädöksiä.

Kulttuuriperintö on huomioitu myös valtakunnallisissa alueidenkäyttötavoitteissa, jotka ovat osa maankäyttö- ja rakennuslain mukaista alueidenkäytön suunnittelu-järjestelmää. MRL:n mukaan tavoitteet on otettava huomioon ja niiden toteuttamista on edistettävä maakunnan suunnittelussa, kuntien kaavoituksessa ja valtion viranomaisten toiminnassa. Yleistavoitteena on muun muassa, että ”alueidenkäytöllä edistetään kansallisen kulttuuriympäristön ja rakennusperinnön sekä niiden alueellisesti vaihtelevan luonteen säilymistä”. Erityistavoitteena on varmistaa valtakunnallisesti merkittävien kulttuuriympäristöjen arvojen säilyminen. Alueidenkäytön suunnittelussa on huomioitava viranomaisten laatimat inventoinnit valtakunnallisesti merkittävistä rakennetuista kulttuuriympäristöistä, valtakunnallisesti arvokkaista maisema-alueista ja valtakunnallisesti merkittävistä esihistoriallisista suojelualuekokonaisuuksista. Lahdessa on tällä hetkellä kymmenen valtakunnallisesti arvokasta rakennetun kulttuuriympäristön kohdetta (Museovirasto 2011), 40 maakunnallisesti arvokasta kulttuuriympäristökohdetta (Wager 2006, 67 - 89) ja 260 paikallista kulttuurihistoriallisesti arvokasta kohdetta (Niskanen 2000, 6).

Valtioneuvoston hyväksymät Arkkitehtuuripoliittinen ohjelma ja Rakennusperintöstrategia ohjaavat rakennusperinnön hoitoa valtakunnan tasolla (Rakennusperintöportaali 2011). Arkkitehtuuripoliittinen ohjelma määrittelee tavoitteet arkkitehtuuria edistäville julkisen vallan toimenpiteille ja sen mukana rakennusperintöme vaalimiselle. Rakennusperintöstrategian tavoitteena on huolehtia siitä, että rakennusperinnön arvot ja sitä koskeva tieto välittyvät kansalaisille. Strategialla pyritään varmistamaan taloudelliset edellytykset hyvälle hoidolle sekä kehittämään tehokasta ja asiakaslähtöistä rakennusperintöasioiden hallintoa.

Kulttuuriympäristöohjelma on kunnassa asukkaiden, yhteisöjen ja elinkeinoelämän yhteistyönä tekemä linjaus kulttuuriympäristön hoidosta ja hyödyntämisestä. Se kuvaa kulttuuriympäristöjä kooten yhteen tietoa, selittää nykypäivän ympäristön syntyhistoriaa sekä suuntaa ja toimii ympäristöselvityksissä ja rakennusinventoinneissa esiin nostettujen kohteiden hoidon toimenpideohjelmana (Ympäristöministeriö 2001; Rakennusperintöportaali 2011). Paikallinen, kunnan tai kunta-

ryhmän ohjelma sisältää perustiedot paikkakunnan arvokkaista kohteista ja alueista sekä kulttuurimaiseman ja rakennetun ympäristön historiasta ja toimii hallinnon tukena muun muassa tuen suuntaamisessa sekä maankäytön ja rakentamisen ohjauksessa (Ympäristöministeriö 2001). Ohjelma antaa tietoa ympäristön arvojen vaalimisesta sekä kehittämismahdollisuuksista. Alueelliset ympäristökeskukset ovat muiden yhteistyötahojen kanssa laatineet alueellisia, esimerkiksi maakunnallisia, kulttuuriympäristöohjelmia yhteisten toimintalinjojen luomiseksi (Rakennusperintöportaali 2011).

Hämeen alueellinen kulttuuriympäristöohjelma kattaa Kanta- ja Päijät-Hämeen maakunnat ja sen tarkoituksena on koota kulttuuriympäristötietoutta määrittelemällä Hämeen kulttuuriympäristön ominaispiirteet ja ohjelmoida toimintaa ja voimavarojen suuntaamista kulttuuriympäristön säilymisen ja kehittämisen hyväksi (Ahola ym. 2007, 7). Ohjelmassa kuvataan tavoitetilavuoteen 2013, toimenpiteet tavoitetilavuoteen pääsemiseksi ja keskeiset toimijat. Ohjelman mukaan ”kulttuuriympäristön hoidon päämääränä on sopusuhtainen, kauniin kokonaisuuden muodostava ja historiallista syvyyttä sisältävä, elävä kaupunki-, taajama- tai maaseutu ympäristö, jota ihmiset arvostavat ja jossa he viihtyvät”. Maiseman ominaispiirteet ovat keskeisenä lähtökohtana maankäytön suunnittelussa ja rakentamisen ohjauksessa. Ohjelmassa kuvattujen toimenpiteiden mukaan kaavoitettavilla alueilla tehdään tarvittaessa maisemaselvitys ja uusi rakentaminen sovitetaan kulttuurimaisemaan sen mittakaavaan ja rakenteeseen sopivalla luontevalla tavalla. Suunnittelun suuri haaste rakennetussakulttuuriympäristössä on sovittaa omaa aikaamme laadukkaasti edustava uudis- ja täydennysrakentaminen ympäristöön sen ominaispiirteitä kunnioittaen ja täydentäen. Toimenpiteenä on sovittaa täydennys- ja lisärakentaminen ympäristön mittakaavaan ja rakenteeseen sopivalla luontevalla tavalla ja laatia kulttuuriympäristön huomioivia rakennustapaohjeita. Tavoitetilavuoteen rakennusperinnön hoito ja korjaus on asiantuntevaa ja täydennys- ja lisärakentaminen täydentävät luontevasti kulttuuriympäristöä.

Lahden arkkitehtuuripoliittinen ohjelma (apoli) on laadittu hyvän rakentamisen oppaaksi ja siinä esitetään Lahden kaupungin näkemys siitä, miten edistetään MRL:n mukaista tavoitetta vaalia rakennetun ympäristön kauneutta ja kulttuuriarvoja. Apolin tavoitteena on lisätä lahtelaisten tuntemaa arvostusta omaa elinympä-

ristöään kohtaan. Ohjelmassa kuvataan rakennetulle ympäristölle vuoteen 2020 ulottuvat laatutavoitteet ja niiden toteuttamiseksi suoritettavat toimenpiteet sekä suunnitelma ohjelman seurannaksi. Ohjelmassa määritetään myös keinot, joilla Lahden kaupunki sitouttaa rakennettuun ympäristöön eniten vaikuttavat yksikkönsä toimimaan ohjelman tavoitteiden mukaisesti. Apolin mukaan uudisrakentamisessa tavoitteena on muun muassa että se soveltuu ympäristöönsä ja jalostaa sitä laadukkaammaksi ja viihtyisämmäksi. Yksittäisten rakennusten ja tonttien suunnittelussa otetaan huomioon kaupunkikuvalliset seikat, kuten kadunvarsi- ja kadunpäätänäkyvät. Rakennusperinnön vaalimisessa ja täydennysrakentamisessa tavoitteena on kunnioittaa kaupungille tunnusomaisia ja laadukkaita jälleenrakennuskauden ympäristöjä. Korjaus- ja täydennysrakentamisessa korostetaan rakennusten ja alueiden identiteettiä sekä historiallista kerroksellisuutta. (Tylli, Airas, Palomäki & Rope 2010, 3 – 15.)

4.3 Kultuuriympäristö ja ilmastonmuutos

Lämpötila-, tuuli- ja kosteusolojen muutoksilla ja sään ääri-ilmiöiden, kuten rankkasateiden ja myrskyjen sekä niiden aiheuttamien tulvien lisääntymisellä sekä ilmastonmuutoksen hillintätoimenpiteillä voi olla suoria ja epäsuoria vaikutuksia kulttuurimaisemiin, rakennettuun kulttuuriympäristöön ja muinaisjäänöksiin. Esimerkiksi Suomen eliölajistossa tulee tapahtumaan muutoksia lajien levinneisyysalueiden laajetessa pohjoiseen ilmaston lämpenemisen myötä. Muutoksen seurauksena etelästä saapuu Suomeen uusia lajeja samalla kun monet pohjoisista ja vuoristoisista elinympäristöistä ja lajeista ovat vaarassa harvinaistua. Näillä lajistomuutoksilla on vaikutusta luonnon- ja kulttuurimaisemiin. Esimerkiksi puurajan siirtyminen korkeammalle muuttaa tunturimaisemia Pohjois-Suomessa ja kuusen taantuminen ja lehtipuiden yleistyminen muuttaa metsämaisemia Etelä-Suomessa. Lisäksi tuotanto-olosuhteissa tapahtuvat muutokset vaikuttavat maatalousmaisemaan ja erityisesti perinnebiotooppeihin. Tulvariskien minimoiminen ja rannikkosuojelun lisääminen tulevat vaikuttamaan muun muassa vesistöalueiden, soiden ja metsien luonnon monimuotoisuuden ja avoimien maisemien säilymiseen sekä moniin valtakunnallisesti tai paikallisesti merkittäviin rannikoilla sijaitseviin maisema-alueisiin. Suojelutoimet, kuten suojavallit ja padot, voivat muuttaa myös

rannikoiden rakennetun kulttuuriympäristön ja kulttuurimaiseman ominaispiirteitä. (Berghäll & Pesu 2008, 13 - 22.)

Lämpötilan kohoaminen ja sateisuuden lisääntyminen etenkin talvisin aiheuttavat rakennetulle kulttuuriympäristölle erilaisia abiottisia ja biottisia ongelmia. Kasvavat sademäärät lisäävät maaperän eroosiota, aiheuttavat maanvyöryjä rantatörmillä ja jyrkänteillä ja voivat nostaa pohjaveden pintaa, mikä voi heikentää maaperän lujuutta ja rakennusten perustusten kantavuutta. Toisaalta pitkät kuivat jaksot voivat puolestaan madaltaa pohjaveden pintaa ja aiheuttaa siten vaurioita perustuksiin ja putkistoihin etenkin savimailla. Rankkasateista, myrskyistä ja lumien sulamisvesistä johtuvat tulvat aiheuttavat rakenne- ja kosteusvaurioita. Rakennetussa kulttuuriympäristössä, kuten vanhoissa puukaupungeissa, ongelmaksi voi muodostua pintavesien johtamiseksi suunniteltujen nykyaikaisten ratkaisujen, kuten asfaltoinnin, huono sopivuus alueen miljööseen. Kosteuden lisääntyminen, viistosateet sekä kosteuden ja lämpötilan vaihtelut, kuten esimerkiksi jäätymsulamissyklin tihtyminen, lisäävät rakennusten ulkopintojen rasitusta ja altistavat rakennelmia kosteusvaurioille, home- ja lahottajasienten vaurioille ja metallien korroosiolle sekä lisäävät suolojen kiteytymistä pintoihin ja seinämaalauksiin. Lämpötilan kohoaminen voi myös tuoda Suomeen uusia rakennustuholaisia, kuten esimerkiksi Baltian maissa kulttuurihistoriallisissa puurakennuksissa ja -rakennelmissa tuhoa aiheuttavan tupajäärän (*Hylotrupes bajulus*).

Muuttuvat sääolosuhteet lisäävät rakenteiden korjaus- ja muutostarvetta, mikä voi vaarantaa rakennuksen tai rakennelman kulttuurihistorialliset ominaispiirteet ja alkuperäisyyden. Ongelmana on, että korjaustoimenpiteet hävittävät useimmiten alkuperäiset materiaalit ja rakennusosat, ja niitä ei kyetä korvaamaan, sillä monet rakenteissa ja julkisivuissa käytetyt materiaalit ja työtavat ovat harvinaistuneet tai niihin liittyvä osaaminen on katoamassa. Sään ääri-ilmiöiden huomioimiseksi on korjausrakentamisen yhteydessä joidenkin kohteiden kantavia rakenteita pyritty vahvistamaan nykynormien ylätasolle esimerkiksi ennakoitavan tuulikuorman suhteen (Berghäll & Pesu 2008, 18), mutta rasitusten muutosta ja siten kuormitusarvojen riittävyttä tulevaisuuden ilmastossa on nykytiedon perusteella vaikea arvioida.

Ilmasto- ja energiapoliittiset tavoitteet ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja energiatehokkuuden parantamiseksi tulevat osaltaan vaikuttamaan maisemaan ja rakennettuun kulttuuriympäristöön (Berghäll & Pesu 2008, 15). Esimerkiksi tuulivoiman ja energiakasvien viljelyn lisääminen voivat merkittävästi vaikuttaa kulttuurimaisemaan. Yhdyskuntarakenteen tiivistäminen ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi vaikuttaa rakennetun kulttuuriympäristön suojeluun. Erityisesti 1940-1960-lukujen väljien ja luonnonläheisten alueiden ominaispiirteiden säilyminen on haaste yhdyskuntarakenteen tiivistämiselle, täydennysrakentamiselle ja rakennusten korjaamiselle. Nykyisen rakennuskannan energiatehokkuusvaatimukset tulevat kasvamaan muun muassa EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin myötä, vaikka direktiivi ja sen pohjalta säädetty kansallinen laki eivät koskekaan suojeltua rakennusperintöä. Ympäristöministeriön laatiman Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017 -toimintaohjelman tavoitteena on muun muassa sovittaa kulttuurihistoriallisissa rakennuksissa kokonaisenergiatehokkuutta parantavat toimenpiteet yhteen niiden suojeluvaatimusten kanssa, vaikka energiatehokkuuden parantaminen suojelluissa rakennuksissa ei olekaan koko rakennuskantaa ajatellen merkittävää niiden vähäisen määrän vuoksi (Martinkauppi 2010, 63). Energiansäästötavoitteet tulevat kuitenkin todennäköisesti lisäämään kiinteistöjen korjauksia ja lyhentämään korjaussykliä, mikä voi vaarantaa kulttuurihistorialliset ominaispiirteet ja rakenteiden ja rakennusosien alkuperäisyyden. Uusiutuvien energialähteiden tarvitseman infrastruktuurin ja rakennusten energiatehokkuusmääräysten vaatimien muutosten sovittaminen kulttuurihistoriallisesti arvokkaisiin rakennuksiin voi myös olla hankalaa. (Berghäll & Pesu 2008, 20.)

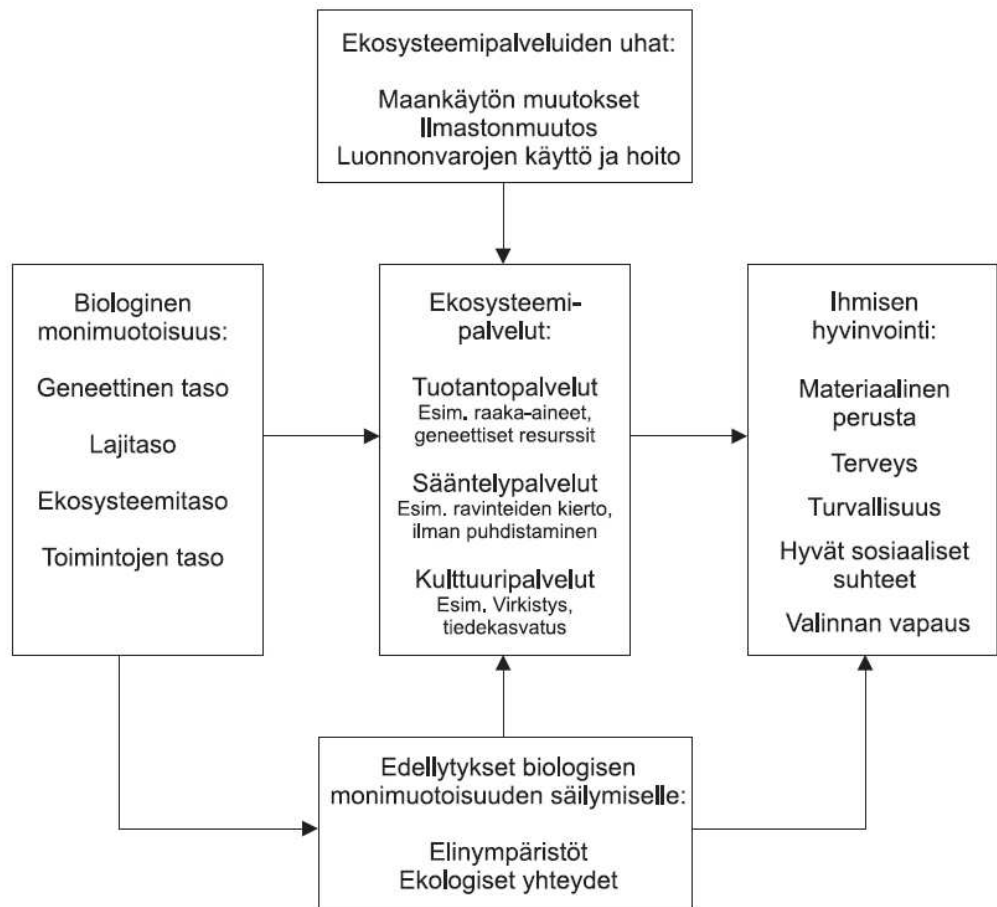
5 EKOSYSTEEMIPALVELUT

5.1 Käsitteet

Ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan niitä aineellisia ja aineettomia hyötyjä, joita ihminen saa ekosysteemien eli elollisten ja elottomien tekijöiden muodostamien vuorovaikutteisten luontokokonaisuuksien monimuotoisesta rakenteesta ja toiminnasta (Saarela & Söderman 2008, 8). Luonnon biologisen monimuotoisuuden ja toimivien ekosysteemien, kuten kaupunkialueilla tärkeiden lehti- ja havumetsien sekä ruohostojen ja kosteikkojen, sekä niiden välisten ekologisten yhteyksien katsotaan olevan tärkeitä ekosysteemipalvelujen muodostumiselle ja säilymiselle. Ekosysteemipalveluja on yritetty arvottaa ekologisesta, sosiaalisesta ja taloudellisestänäkökulmasta kestäväen kehityksen mukaisen päätöksenteon tukemiseksi ja luonnon monimuotoisuuden ja toimintakyvyn suojelemiseksi. Ekosysteemipalveluille on pyritty luomaan markkinahintoja, jotta niiden säilyttämiseen ja suojeeluun syntyisi myös taloudellisia kannustimia. Joitakin ekosysteemipalvelujen menettämiseen tai palauttamiseen liittyviä kustannuksia onkin mahdollista määrittellä (esimerkiksi veden saannin väheneminen, kasvaneet tulvavahingot tai matkailutulojen menetys), mutta useimmille on vaikeaa määrittää taloudellista arvoa (esimerkiksi kulttuuri- tai virkistysarvojen menetykset) (Niemelä ym. 2010, 3227). Tällaista talouteen painottuvaa ihmiskeskeistä näkökulmaa ja palvelu-käsitettä on tosin myös kritisoitu (Niemelä ym. 2010, 3237 - 3238).

Ekosysteemipalvelut voidaan jakaa tuotanto-, säätely- ja kulttuuripalveluihin (Kuvio 13). Tuotantopalvelut ovat ekosysteemeissä tuotettuja aineellisia hyödykkeitä, kuten ruokaa, vettä, puutavaraa tai geenivaroja. Kulttuuripalvelut ovat aineettomia hyödykkeitä, joita ihmiset saavat esimerkiksi virkistykseen ja tiedon lisääntymisen kautta. Säätelypalvelut, jotka voidaan jakaa erikseen säätely- ja tuuki- tai ylläpitopalveluihin, puolestaan toimivat muiden palveluiden ehdottomana edellytyksenä, sillä ne säätelevät muun muassa ilmastoa ja ilman laatua sekä hydrologisia ja biogeokemiallisia kiertoja (Saarela & Söderman 2008, 12; Niemelä ym. 2010, 3229 - 3230). Ekosysteemipalveluja voidaan lisäksi luokitella niiden tarkastelutason tai vaikutusten ja merkityksen mukaan. Tarkastelutaso voi vaihdella kaupunkitason lajista tai elinympäristöstä laajempien alueiden ekosysteemiin tai

maisemaan, vaikutus voi puolestaan vaihdella paikallisesta (esimerkiksi virkistyspalvelut) maailmanlaajuiseen (esimerkiksi hiilensidonta) tai positiivisesta (hyötypalvelu) negatiiviseen (haittapalvelu, esimerkiksi allergia tai myrkytys), ja merkitys voi olla erilainen kaupungissa kuin maaseudulla (Saarela & Söderman 2008, 16; Niemelä ym. 2010, 3228). Kaupunkiseutujen tuottamia ekosysteemipalveluja, jotka hyödyttävät sekä kaupungissa että sitä ympäröivällä maaseudulla asuvia, on listattu taulukossa 4.



KUVIO 13. Ekosysteemipalvelut (Saarela & Söderman 2008, 12)

TAULUKKO 4. Esimerkkejä kaupunkiseutujen viher- ja vesialueiden tarjoamista ekosysteemipalveluista (muokattu julkaisusta Niemelä ym. 2010, 3229 - 3230)

Ryhmä	Ekosysteemipalvelu	Palvelun tuotantoyksikkö
Tuotantopalvelut	Puutuotteet	Eri puulajit
	Ruoka: riista, marjat, sienet	Eri lajit maa-, makean veden- ja meriekosysteemeissä
	Puhdas vesi, maaperä	Pohjaveden suodatus, suspensio

Ryhmä	Ekosysteemipalvelu	Palvelun tuotantoyksikkö
		ja varastointi
Säätelypalvelut	Pienilmaston säätely katu- ja kaupunkitasolla → lämmityskustannusten muutokset	Kasvillisuus
	Kaasujen kierto → hapen tuotanto, hiilidioksidin kulutus	Kasvillisuus, erityisesti metsät
	Hiilen sidonta ja varastointi	Kasvillisuus, erityisesti puut
	Elinympäristöt	Monimuotoisuus
	Ilmansaasteiden puhdistaminen	Kasvillisuuden peittämät alueet, maaperän pieneliöt
	Melun vaimentaminen	Tiheät, monikerroksiset ja leveät metsät, pehmeät pinnat
	Sadeveden imeytyminen → rankkasateiden aiheuttamien tulvahuippujen tasoittaminen	Kasvillisuuspeite, maaperä
	Veden suodattaminen	Kosteikot, suot (kasvillisuus, pieneliöt)
	Pölytys → kukkakasvien populaatioiden ylläpitäminen → ruuan tuotanto	Hyönteiset, linnut, nisäkkäät
Humuksen tuotanto ja ravinteiden kierrättäminen	Karike, selkärangattomat, pieneliöt	
Kulttuuripalvelut	Kaupunkilaisten virkistymisen	Monimuotoisuus, erityisesti puistot, metsät ja vesiekosysteemit
	Psykofyysiset ja sosiaaliset terveyshyödyt	Metsäluonto
	Tieteellinen koulutus, tutkimus ja opetus	Monimuotoisuus

Ekosysteemipalvelujen keskeisimpiä uhkia ovat maankäytön muutoksista johtuva elinympäristöjen häviäminen ja pirstoutuminen, ilmastonmuutos ja luonnonvarojen liikakäyttö (Saarela & Söderman 2008, 20). Ilmastonmuutos on pitkällä aikavälillä merkittävä uhka biologiselle monimuotoisuudelle ja muutoksen vaikutukset tulevat kohdistumaan ekosysteemien rakenteeseen, toimintaan, alueelliseen jakautumiseen ja häiriöiden sietokykyyn (Saarela & Söderman 2008, 20; Niemelä ym. 2010, 3238). EU:n LIFE+-ohjelmaan kuuluvassa VACCIA-tutkimushankkeessa selvitetään vuosien 2009–2011 aikana, kuinka ilmaston lämpeneminen muuttaa Suomen luonnon monimuotoisuutta, veden hyvää laatua ja muita luonnon tarjoamia edellytyksiä maa-, metsä- ja kalataloudelle, luontomatkailulle sekä maankäytölle kaupunkiympäristöissä (Suomen ympäristökeskus

2009). Tutkimushankkeen tavoitteena on tiedon lisäämisen lisäksi muun muassa tukea alue- ja paikallistason suunnittelua ja päätöksentekoa ekosysteemipalveluiden turvaamiseksi. Lyhyellä aikavälillä (esim. 10-30 vuotta) voi maankäytön muutos olla kuitenkin ilmastonmuutosta merkittävämpi ekosysteemipalveluja vaarantava tekijä (Niemelä ym. 2010, 3238). Yhdyskuntien kehittymisen haitallisia vaikutuksia ekosysteemipalveluihin voidaan vähentää hyvällä suunnittelulla, mikä kuitenkin edellyttää lisää tietoja palveluja mahdollistavista ekologisista prosesseista ja palvelujen välisistä riippuvuuksista sekä keskustelua palvelujen, kuten esimerkiksi bioenergian tuotannon ja hiilensidontan, priorisoinnista (Saarela & Söderman 2008, 31 - 32; Niemelä ym. 2010, 3238).

Suunnittelualueen tarjoamista ekosysteemipalveluista tarkastellaan tässä raportissa lähemmin ihmisten virkistäytymistä ja metsien hiilensidontaa.

5.2 Virkistys viheralueiden ekosysteemipalveluna

Luonnon virkistyspalvelut tarjoavat mahdollisuuksia esimerkiksi ulkoiluun, luonnon tarkkailuun, koulutukseen, valokuvaukseen, sienestykseen, marjastukseen, metsästyksen, kalastukseen, veneilyyn ja uimiseen (Niemelä ym. 2010, 3230). Riittävät, hyvin saavutettavat virkistysalueet, niiden yhteydet ja ekologinen monimuotoisuus sekä hiljaiset, kaukana päästölähteistä sijaitsevat alueet muodostavat tärkeän perustan kaupunkiluonnon tarjoamille virkistyspalveluille ja korkealaatuiselle elinympäristölle. Paikalliseen virkistykseen soveltuvat alueet kaupunkiseuduilla vaihtelevat pienistä viheralueiden sirpaleista, puistoista ja muista sellaisista enemmän tai vähemmän ihmisen vaikutuksen alaiseen luonnonympäristöön eli metsiin, niittyihin, ketoihin, soihin, kallioihin, rantoihin ja vesialueisiin. On havaittu, ettäpäivittäinen ulkoilu suuntautuu lähimetsiin, mutta viikonloppureikeily ja vaellukset suuntautuvat yleensä kauemmas kotoa (Saarela & Söderman 2008, 17; Niemelä ym. 2010, 3230).

Virkistyspalvelut on Suomessa koettu kautta aikain hyvin tärkeänä ja ne on huomioitu myös lainsäädännössä, kuten esimerkiksi maankäyttö- ja rakennuslaissa. Suomessa julkinen sektori tarjoaa virkistyspalveluja ylläpitämällä lähi-, kansallis-

ja luonnonpuistoja sekä muita ulkoilualueita. Lisäksi täällä on käytössä muualla maailmassa harvinaiset niin sanotut jokamiehenoikeudet, jotka mahdollistavat yksityisalueiden virkistyspalvelujen käytön. Virkistyspalveluilla on myös taloudellista merkitystä esimerkiksi turismin kautta. Lisäksi on havaittu, että viheralueiden läheisyydellä on vaikutusta asuntojen hintoihin. (Niemelä ym. 2010, 3230 - 3232.)

Virkistyspalvelujen uhkana ovat rakentaminen viheralueille yhdyskuntarakenteen eheyttämisen ja ilmastonmuutoksen hillinnän vuoksi sekä säännöllisen ja suunnitelmallisen hoidon ja valvonnan puutteet erityisesti alueilla, joilla on suuria käyttöpaineita. Tiheästi asutetuilla alueilla luonnonsuojelualueiden virkistyspalvelujen käyttö voi olla ristiriidassa luonnonsuojelutavoitteiden kanssa. (Niemelä ym. 2010, 3230 - 3232.)

5.3 Hiilivarastot viheralueiden ekosysteemipalveluna

Metsillä on Suomessa tärkeä merkitys hiilidioksidin sitoutumisessa ja varastoitumisessa eli ne toimivat hiilinieluinä (Saarela & Söderman 2008, 28; Indufor Oy 2011, 1). Esimerkiksi Lahden kaupunkimetsien hiilivaraston koko on noin 700 miljoonaa CO₂ -ekvivalenttia tonnia (Indufor Oy 2011, 29). Hiiltä sitoutuu metsissä sekä puuston maanpäällisiin ja maanalaisiin osiin että maaperän karikkeeseen, mutta tutkimuksissa on todettu maaperän hiilivaraston olevan puustoon sitoutunutta hiilimäärää noin puolet suurempi. Hiilen sitomiskykyyn ja varastoihin vaikuttaa maapinta-alan lisäksi metsän ikärakenne ja hoitotoimien voimakkuus (Saarela & Söderman 2008, 28; Indufor Oy 2011, 10). On havaittu, että hiilen sitoutuminen on pitkällä aikavälillä suurempaa kevyesti hoidetuissa ja käsittelemättömissä, hoitotoimenpiteiden ulkopuolisissa metsissä kuin voimakkaasti hoidetuissa metsissä, ja lisäksi hiilivarastot ovat käsittelemättömissä metsissä suurempia kuin käsitellyissä metsissä läpi niiden koko kiertoajan. Vaikka hiilen sitoutuminen on suhteellisesti voimakkainta nuorissa metsissä, hiiltä sitoutuu myös vanhoissa metsissä.

Metsien hiilinielujen uhkia ovat muun muassa ilmastonmuutos, maankäytön muutokset ja bioenergian käytön lisäämistavoitteet. Ilmastonmuutos vaikuttaa metsien

hiilinieluihin muun muassa myrskyjen, metsäpalojen, tuholaisten, maaperän hajotustoiminnan ja mineralisaation muutosten sekä puiden fysiologian muutosten kautta, mutta muutosten suuruutta ja yhteisvaikutuksia on vaikea arvioida (Indufor Oy, 6). Metsämaan rakentamisen vaikutuksia ei ole myöskään yksinkertaista arvioida, sillä metsien hiilitaseiden arviointi on vaikeaa (Indufor Oy 2011, 13; Tamminen 2011). Rakennusmaaksi raivattu metsä ei enää sido hiiltä, vaan puuaine ja maan eloperäinen aine luovuttavat hiilensä lopulta takaisin ilmakehään. Esimerkiksi maan muokkauksen on tutkimuksissa todettu laskevan maaperän ja humuskerroksen hiilimäärää noin 8 prosenttia kuuden vuoden aikana, mutta tulos ei ole yleistettävissä, sillä vapautuvan hiilen määrän tiedetään riippuvan muun muassa metsätyypistä ja maantieteellisestä alueesta (Indufor Oy 2011, 13). Maaperän hiilivirroista ja varastoista tiedetään huomattavasti vähemmän kuin puustoon sitoutuneesta hiilestä, sillä maaperän hiilitaseen arviointi on hankalaa ja hiilitaseen muutoksen mittaus on kohtuullisen epätarkkaa työmäärään nähden. Lisäksi eri tutkimuksista on saatu usein ristiriitaisia tuloksia. Vaikka rakentamisen vaikutusta metsämaan hiilimääriin ei toistaiseksi pystytäkään luotettavasti arvioimaan, voidaan metsän puuston raivauksesta aiheutuvia välittömiä ja pitkän aikavälin kasvihuonekaasupäästöjä arvioida selvittämällä poistettavan puuston hiilimäärää ja vuotuisen kasvun mukana menetettyä hiilensidontakykyä.

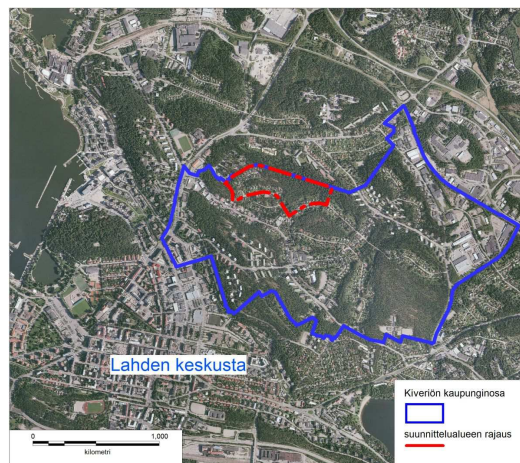
Metsien hiilinieluja, kuten muitakin ekosysteemipalveluja, voidaan tarkastella sekä mikro- että makrotasolla esimerkiksi kaupunki- tai kaupunkiseutukohtaisesti. Kaupungeissa puistot voivat toimia paikallisina hiilinieluinä, vaikka niiden vaikutus onkin vähäinen kaupungin kokonaispäästöihin verrattuna. Voimakkaasti hoidettujen puistojen on sen sijaan todettu toimivan hiilen lähteenä, koska puistojen hoidon ja käytön päästöt ylittävät yleensä moninkertaisesti niiden hiilensidontakyvyn. Hyvin suunnitellulla viheralueiden puiden sijoittelulla voidaan kuitenkin varjostaa ja suojata rakennuksia auringonpaahteelta ja tuulelta ja vähentää siten energiankulutusta ja päästöjä. Hyvällä suunnittelulla voidaan selvitysten mukaan vaikuttaa myös siihen, että hiilinielu saavuttaa maksimiarvonsa erilaisilla kaupunkialueilla (ydinkeskusta, keskustan lähialue ja lähiö). Kaupunkiseututasolla hiilinieluja on tutkittu esimerkiksi Tukholman alueelta, jossa seudun päästöjen kompensoiminen vaatisi paikkatietoanalyysien mukaan kolminkertaisesti nykyistä aluetta suuremman maa-alan. Onkin ehdotettu, että paikkatietomenetelmin saatuja

arvioita hiilinieluista eli hiiltä sitovien alueiden määrästä, laadusta ja hiilen sitomiskapasiteetista verrattaisiin kaupunkiseudun kokonaishiilidioksidipäästöihin, jotta voitaisiin sekä lisätä hiilinieluja että vähentää hiilidioksidipäästöjä maankäytön huolellisella suunnittelulla. (Niemelä ym. 2010, 3232 - 3233.)

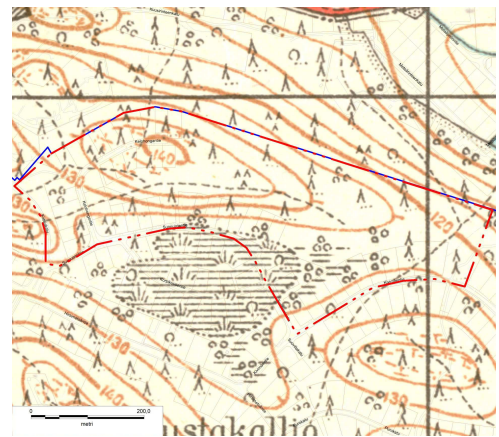
Toinen tärkeä hiilivarasto Suomessa metsien lisäksi on luonnontilaisten soiden turve, jonka suurimpana uhkana on turpeen energiakäyttö (Saarela & Söderman 2008, 28). Turpeen poltto aiheuttaa lisäksi kivihiileen verrattavissa olevat hiilidioksidipäästöt ilmakehään. Metsien ja soiden käytöstä päätettäessä olisikin huomioitava sekä biomassan hiilinielun että sen energiakäytön ilmastovaikutukset, jotta hiiltä sitoutuisi biomassaan enemmän kuin sitä vapautuisi ilmakehään. Maankäytön suunnittelussa olisi tärkeää hiilinielujen kannalta etenkin riittävän suurien pinta-alojen säilyttäminen. Myös metsien ja soiden muut ekosysteemipalvelut, kuten esimerkiksi virkistyspalvelut, veden kiertoon liittyvät palvelut, elinympäristöpalvelut sekä marjojen, sienten ym. tuotantopalvelut tulisi ottaa huomioon suunnitelmia tehtäessä. Ekosysteemipalveluille oleellisen tärkeän luonnon monimuotoisuuden säilymisen vaatimukset eli lajien väliset suhteet ja lajien riippuvuus elinympäristönsä elottomista osista ovat monimutkaisia ja huonosti tunnettuja (Niemelä ym. 2010, 3234). Tästä syystä maankäytön suunnittelussa tulisi noudattaa varovaisuusperiaatetta eli epävarmuudessa ympäristöllä on etusija, ”in dubio pro natura”. Esimerkiksi nykyisin vähän tunnetun ja hyödynnetyn ekosysteemipalvelun merkitys voi kasvaa tulevaisuudessa tärkeäksi, joten emme saa vaarantaa toiminnallamme näiden palveluiden muodostumisen edellytyksiä, vaikka emme täysin tunnekaan niiden toimintamekanismeja.

6 SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT JA ALUEEN ANALYYSIT

Selvityksessä tarkasteltiin aluksi lähes koko Kiveriön kaupunginosaa tarkemman suunnittelualan rajaamiseksi. Suunnittelualueeksi valittiin Suopuiston alue ympäristöineen (Kuvio 14), mikä mahdollisti sekä kulttuurihistoriallisesti arvokkaan asuinalueen täydennysrakentamisen ja energiatehokkuuden lisäämisen mahdollisuuksien tarkastelun että aivan uusien alueiden suunnittelun.



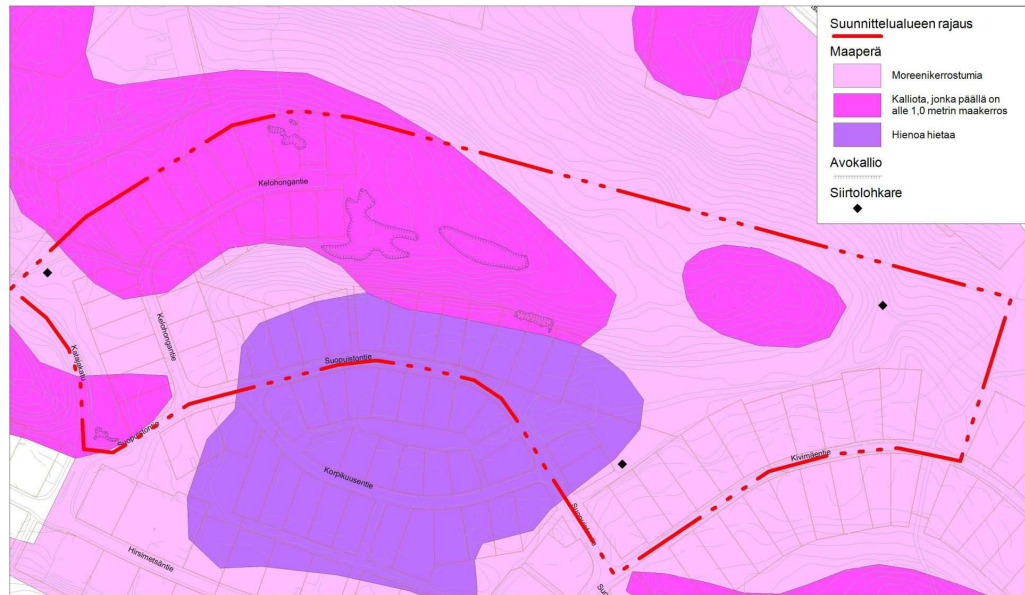
KUVIO 14. Kiveriön kaupunginosan ja suunnittelualan sijainti Lahden kaupunkirakenteessa (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)



KUVIO 15. Mäkien ympäröimä suo-alue näkyy 1950-luvun kartassa. Suunnittelualue on rajattu kuvassa punaisella viivalla (P. Peltonen, Kartta: Lahden kaupunki)

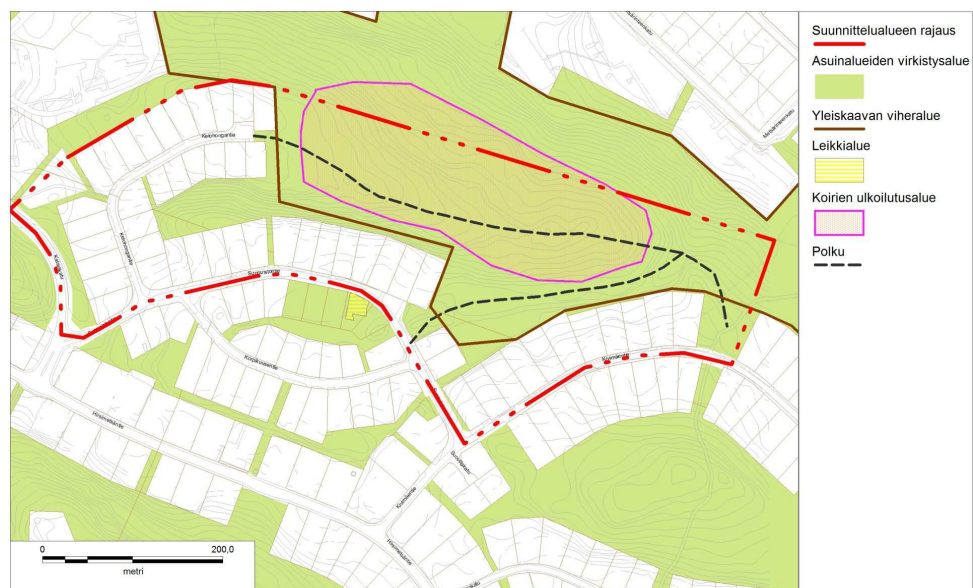
Työtä varten kerättiin paikkatietoaineistoja Lahden kaupungin Xcity- ja MapInfo-tietokannoista. Työssä hyödynnettiin myös historiallisia karttoja ja ilmakuvia sekä alueesta tehtyjä suunnitelmia ja niiden luonnoksia, päätöksiä ja selvityksiä. Kiveriön kaupunginosan kehityshistorian tutkiminen vanhojen karttojen ja vuoden 1946 ilmakuvien avulla paljasti, että kaakkois-lounaissauntaisella mäkisellä moreeniselänteellä sijaitseva suunnittelualue on ollut 1950-luvulle asti rakentamaton metsää ja suota (Kuvio 15). Nykyään alueella on pääosin 1950- ja 1960-luvuilla rakentunutta pientaloasutusta.

Tietoja täydennettiin maastokäynnein ja neuvotteluin rakennusvalvontaviranomaisten, Lahden kaupunginmuseon, Lahden Seudun Ympäristöpalvelujen sekä maankäytön asiantuntijoiden kanssa. Aineistoa hyödynnettiin paikkatietanalyysissä ja teemakarttojen laatimisessa MapInfo -ohjelmalla.



KUVIO 17. Maaperän ominaisuudet (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)

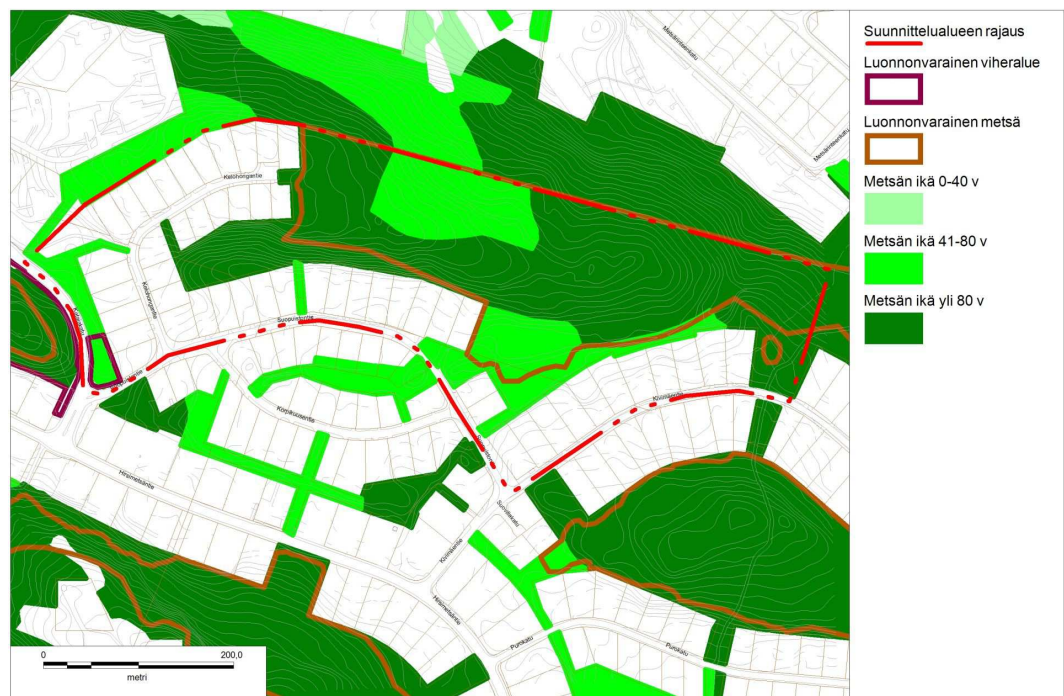
Suunnittelualueen asuinkortteleihin rajautuva metsäalue on yleiskaavassa merkitty virkistysalueeksi, jonka halki kulkee polkuverkosto (Kuvio 18). Tyypiltään suunnittelualueen metsälaikut ovat lehtoja ja lehtomaista, kuivahkoa tai kuivaa kangasta (Kuvio 19) (Perälä ym. 2010, 49). Kuivaa kangasta on Lahdessa vähän muihin metsätyyppeihin verrattuna (Rope 2011). Metsät ovat pääosin luonnonvaraisia, ja niiden ikä on laaksossa yli 40 vuotta ja mäellä pääosin yli 80 vuotta (Kuvio 20).



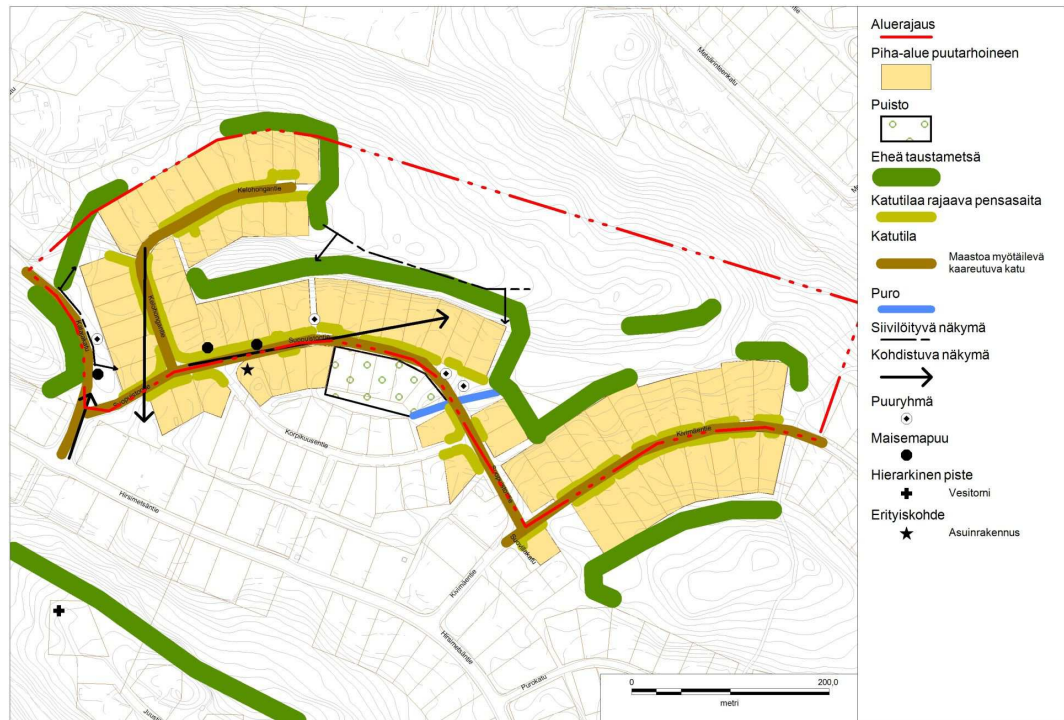
KUVIO 18. Lähivirkistysalueet (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)



KUVIO 19. Luontotyypit ja hiljaiset alueet (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)



KUVIO 20. Luonnonvaraiset viheralueet ja metsien ikä (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)



KUVIO 21. Maiseman erityiset piirteet (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)

Maisema

Suunnittelualan maisemaa hallitsevat kattilamaista laaksoa ympäröivät mäet mäntymetsineen (Kuvio 21). Lähimaiseman erityispiirteitä ovat vehreät puutarhat ja pitkät näkymät yli pensasaitojen reunustamien katujen (Kuvio 22). Kaukomaisemaa hallitsee etelässä korkea Kivistönmäki ja sen kerrostalot sekä vesitorni (Kuvio 23).



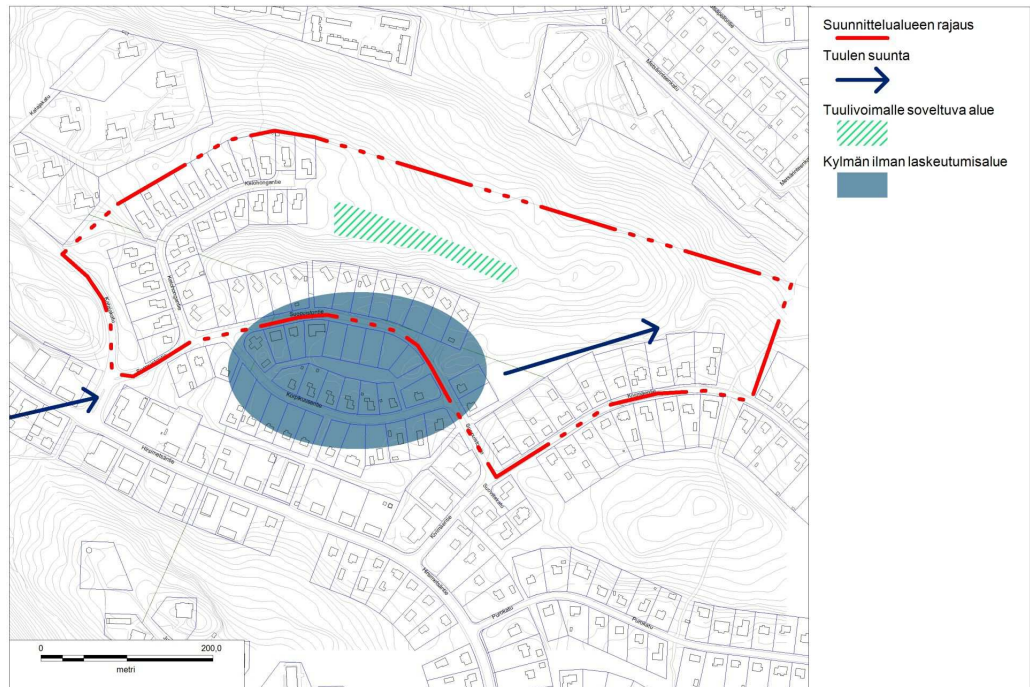
KUVIO 22. Suuria vehreitä puutarhoja Suopuistontien varrella (Google maps 2011)



KUVIO 23. Näkymä Kelohongantietä Kivistönmäelle (Google maps 2011)

Pienilmasto

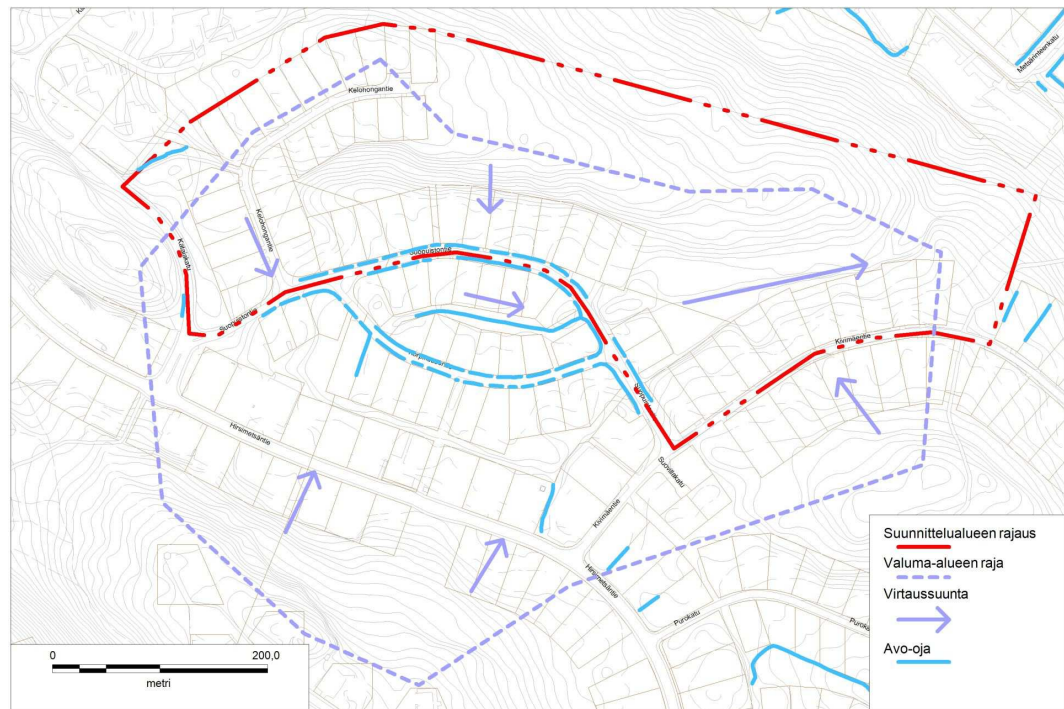
Vallitsevat tuulet suuntautuvat Kivistönmäen ja ympäröivien mäkien solien kautta laaksoon. Kylmä ilma laskeutuu todennäköisesti laakson pohjalle Suopuiston alueelle (Kuvio 24).



KUVIO 24. Suunnittelualueen ilmasto-olosuhteet ja poikittaisakselisille pientuulivoimaloille parhaiten soveltuva alue (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)

Vesistöt ja vesitalous

Suunnittelualue kuuluu Joutjoen valuma-alueeseen, mutta ei sijaitse pohjavesialueella (Perälä ym. 2010, 37). Kattilamainen laakso kokoaa ympäröivien mäkien valumavedet ja purkaa ne lasku-uomaan pitkin koilliseen kohti Metsäpellon asuin-alueella (Kuvio 25). Veden alkuperäinen luonnollinen kierto on muutettu perusteil-lisesti suon ojittamisella joskus 1950-luvun alussa ja räjäyttämällä kalliota alkupe-räisessä purku-uomassa jätevesiviemäriputkea varten sekä sadevesiviemäröinnillä ja metsän hävittämisellä asuntorakentamisen tieltä.



KUVIO 25. Pintavesien ohjautuminen (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)

Maa- ja metsätalous

Suunnittelualueen metsä on talouskäytössä ja sen puuston määrä on inventoitu (Lahden vihertoimi 2011). Metsää on harvennettu ja tuulenkaatoja on raivattu aivan viime aikoina, mutta metsä on tarkoitus jättää ennalleen (Riihelä 2010).

Luonnonsuojelu ja luonnon monimuotoisuus

Kaava-alueella tai sen välittömässä lähiympäristössä ei ole luonnonsuojelualueita, mutta Katajakadun ja Suopuistontien risteuksen pohjoispuolella on lumo-alueeksi merkitty silokallioalue (Kuvio 20). Suunnittelualueen asuinkortteleihin rajautuva metsäalue kuuluu kokonaisuudessaan Kiveriön ja Kivimaan useita hehtaareja käsittävään, linnustollisesti arvokkaaseen luonnon monimuotoisuusalueeseen (Riihelä 2010). Metsäalueella tavattavia lajeja ovat muun muassa varpuspöllö, varpushaukka, pikkutikka ja harmaapäätikka. Lahden lintuatlas 2009-2011:n mukaan alueella havaittuja pesiviä lajeja ovat punakylkirastas, punarinta, punatulkkku, räkättirastas, rautiainen, harmaasiippo, sintiainen, talitiainen, tervapääsky, västäräkki, varis, viherpeippo, hernekerttu, hippiäinen, käpytikka, kesykyyhky, kirjosiippo, lehtokerttu, leppälintu, metsäkivinen, naakka, harakka, pajulintu, peippo, pikkukäpylintu, pikkuvarpunen, puukiipijä, sepelkyyhky, sirittäjä, varpunen,

vihervarpunen, hömötiainen, kuusitiainen, laulurastas, lehtokurppa, mustarastas, närhi ja nuolihaukka. Lahden kasvillisuusatlaksen mukaan suunnittelualueella ja sen ympäristössä on havaittu ainakin 203 kasvilajia. Jonkin tietyn lajin esiintymisen suunnitelluilla rakentamiskohteilla olisi kuitenkin selvitettävä tarkemmin maastoinventoinnein.

Hiljaiset alueet

Suunnittelualueella oleva yleiskaavaan merkitty viheralue on hiljaista aluetta (Kuvio 19) (Suomen ympäristökeskus 2011, 22).

6.2 Rakennettu ympäristö

Väestön rakenne ja kehitys kaava-alueella

Suunnittelualueella asui 118 henkilöä vuonna 2010. Alueen iän vuoksi myös väestö on pääosin iäkästä, alle kouluikäisiä lapsia on vain seitsemän. Alueella on odotettavissa sukupolvenvaihdos.

Yhdyskuntarakenne

Suunnittelualue on keskustan läheisyydessä sijaitsevaa väljäksi ja matalaksi rakennettua pientaloaluetta. Rakentaminen on maisemaa mukailevaa. Aluetehokkuus e_a on noin 0,07, korttelitehokkuudet e_k ovat 0,16-0,22 ja tonttitehokkuudet e_t ovat 0,14-0,24.

Kaupunki-/ taajamakuva

Kelohongatien ja Suopuistontien pohjoispuolen rakennuskanta on tyypiltään ja ilmeeltään yhtenäistä (Kuvio 22 ja Kuvio 23), Kivimäentiellä vaihtelevampaa (Kuvio 26).

Asuminen

Rakennuksista 50 on omakotitaloja ja kaksi on kahden tai kolmen asunnon (kerros)pientaloja.



KUVIO 26. Kivimäentien monimuotoista rakennuskantaa (Google maps 2011)

Palvelut

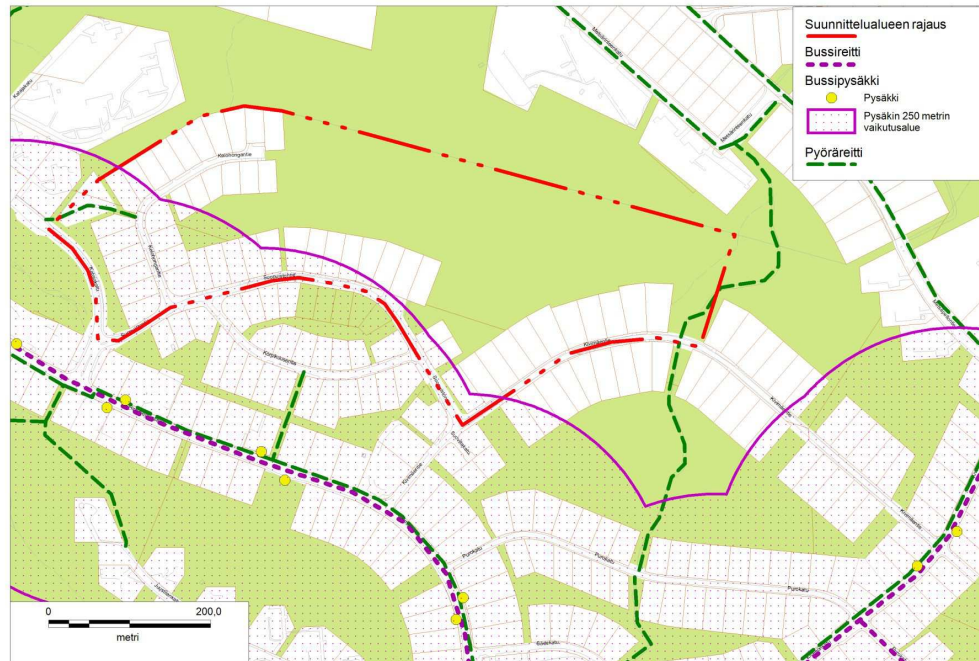
Suunnittelualue tukeutuu keskustan, Kiveriön kaupunginosan ja lähialueiden palveluihin. Kiveriön ja lähialueiden palvelut kuten koulut, päiväkodit, leikkipuistot, uimahalli, urheilukenttä ja kauppa sijaitsevat alle kilometrin etäisyydellä. Keskustan julkiset ja yksityiset palvelut sijaitsevat noin kahden kilometrin etäisyydellä. Suunnittelualueelle ei ole suunnitteilla uusia palveluja.

Työpaikat, elinkeinotoiminta

Suunnittelualueella ei ole juurikaan työpaikkoja. Hirsimetsäntien varrella on jonkin verran pienteollisuutta ja kaupan työpaikkoja, mutta suurin osa työpaikoista sijainnee keskustassa ja muualla kaupungissa.

Virkistys

Suunnittelualueen metsä on yleiskaavassa merkittyä virkistysaluetta, josta on yhteys lähialueiden virkistysalueille. Metsän halki kulkee tiheä polkuverkosto ja se on koirien ulkoilutusaluetta (Kuvio 18). Muita viheralueita on asemakaavassa merkitty lähivirkistysalueiksi. Lisäksi Suopuistossa on pallokenttä ja leikkipuisto. Kiveriössä ja viereisellä Kivimaalla on kaavoitettuja virkistysalueita noin 256 m² asukasta kohden, mitä pidetään riittävydeltään hyvänä (Rope 2010, 14, 18).



KUVIO 27. Kevyen ja joukkoliikenteen verkosto (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)

Liikenne

Alueen lähimpänä pääkatuna toimii Hirsimetsäntie, jonne on yhteys Kelohongantieltä, Suopuistontieltä ja Kivimäentieltä. Kivimäentieltä on yhteys myös Kiveriönkadulle. Liikennemäärät Hirsimetsäntiellä ovat noin 5700-8000 autoa tunnissa (Lahden kaupunki 2008b). Alueen tonttikadut ovat kapeita, joten autot pysäköidään pääsääntöisesti tonteille. Lähimmät suuret pysäköintialueet löytyvät Kiveriön kaupalta ja uimahallilta. Suunnittelualue sijaitsee jalankulun reunavyöhykkeellä noin kahden kilometrin päässä Lahden kaupungin keskustasta. Alueella on kevyen liikenteen väyliä vain Kelohongantiellä, mutta alueen läheisyydestä on hyvät kevyen liikenteen reitit keskustaan (Kuvio 27). Lähimmät julkisen liikenteen reitit kulkevat Hirsimetsäntietä, mutta vain osasta aluetta on alle 250 metriä lähimmälle pysäkille.

Rakennettu kulttuuriympäristö ja muinaismuistot

Kelohongantie, Korpikuusentie ja kaavalla suojeltu Suopuistontien pohjoispuoli kuuluvat kulttuurihistoriallisesti merkittäviin asuntoaluekokonaisuuksiin. Suopuiston alue on kaavoitettu 1950- ja 1960-luvuilla, jolloin ”tavoitteena oli luon-

nonläheinen, metsämaastoon sijoitettu tiivis asumasolu”. Alueen asunnot on rakennettu suurelta osin vuosina 1955-1964, ja ne ovat pääasiassa lahtelaisen Puutalo Oy:n tyyppitaloja. Eniten alueella on tyyppiä 2003, mutta sieltä löytyy myös Vaahtera-, Pähkinä- ja Matintalo -nimisiä tyyppitaloja. Suopuiston alueen vaalittavia ominaispiirteitä ovat kapeahkot, loivasti kaartuvat kadut, mäntymaasto, vehmas kasvillisuus sekä säännöllisesti, kullekin kadulle omalla tavallaan sijoitetut yhtenäiset rakennustyyppit, jotka yhdessä tonttileveyden ja maastovaihtelujen kanssa ”synnyttävät elävän ja mielenkiintoisen sekä viihtyisän katunäkymän”. (Lahden kaupunkisuunnitteluvirasto 1983, 78; Niskanen 2000, 83.)

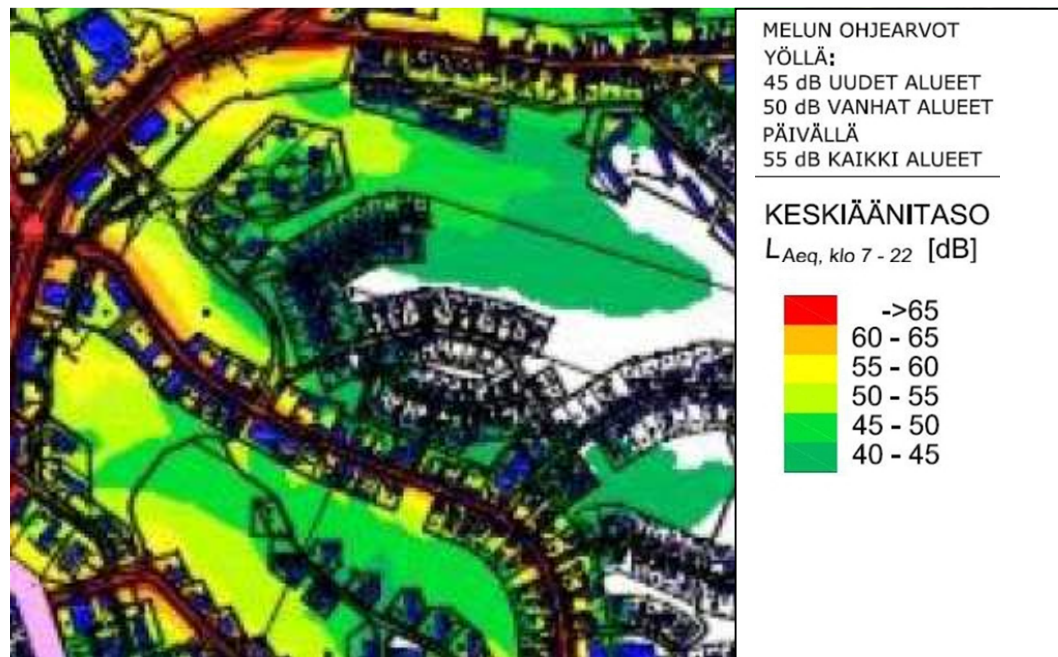
Vuoden 1998 yleiskaavassa Kelohongantien alue on merkitty kulttuurihistoriallisesti tai kaupunkikuvallisesti arvokkaaksi ympäristökokonaisuudeksi (Kuvio 28). Yleiskaavassa Kelohongantieltä Kivimäentielle ulottuva viheralueen osa on merkitty arvokkaaksi kulttuuriympäristövyöhykkeeksi.

Tekninen huolto

Suunnittelualue kuuluu kunnallisteknisen verkoston piiriin. Vesijohtoverkko ulottuu Hirsimetsäntieltä Suopuistontien kautta Kelohongantielle ja Kiveriöntieltä Kivimäentielle (Kuvio 29). Jätevedet johdetaan viemärissä koilliseen ja itään kohti Metsäpeltoa ja Kiveriöntietä. Alueen hulevedet johdetaan osin viemärissä, osin avo-ojissa koilliseen kohti Metsäpeltoa. Kaukolämpöverkko ulottuu Hirsimetsäntieltä Kelohongantien päähän ja suurimpaan osaan Suopuistontietä. Toinen haara ulottuu Kiveriöntieltä Kivimäentielle.

Ympäristönsuojelu ja ympäristöhäiriöt

Hirsimetsäntien varren melualue on suunnittelualueetta lähinnä oleva ympäristöhäiriöalue. Tieliikennemelu jää suunnittelualueella suurimmaksi osaksi alle 45 desibelin (Kuvio 30). Alueella ei tiedetä olevan saastuneita maita tms.



KUVIO 30. Melualueet (Lahden kaupunki)



KUVIO 31. Lahden kaupungin omistuksessa olevat alueet (vihreä) ja kiinteistöt (sininen) sekä yksityisessä omistuksessa olevat kiinteistöt (valkoinen) (Lahden kaupunki)

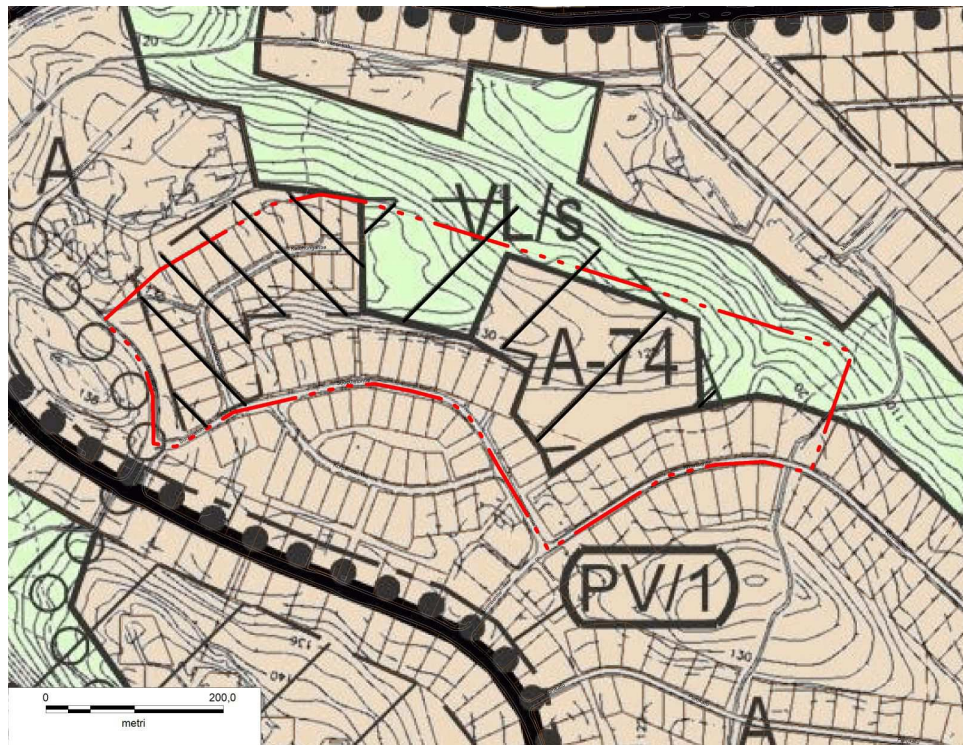
Sosiaalinen ympäristö

Lapsiperheiden asiat on otettu huomioon, mutta muita sosiaalisia ryhmiä ei ole juurikaan huomioitu. Esimerkiksi vanhuksille suunnattua asuntotyyppiä, tuettua

asumista tai asumispalveluja ei ole. Alueella on omistusasumista, joten vuokra-asumisen toisinaan mukanaan tuomaa levottomuutta ei alueella esiintyne.

6.3 Maanomistus

Suunnittelualueen viher- ym. alueet omistaa Lahden kaupunki. Alueen kiinteistöistä noin puolet on yksityisomistuksessa ja loput ovat kaupungin vuokratontteja (Kuvio 31).



KUVIO 32. Lahden yleiskaava 2025 luonnosvaihtoehto VE2:ssa ehdotettu uusi asumisen alue (A-74) (P. Peltonen, Kaavakartta: Lahden kaupunki)

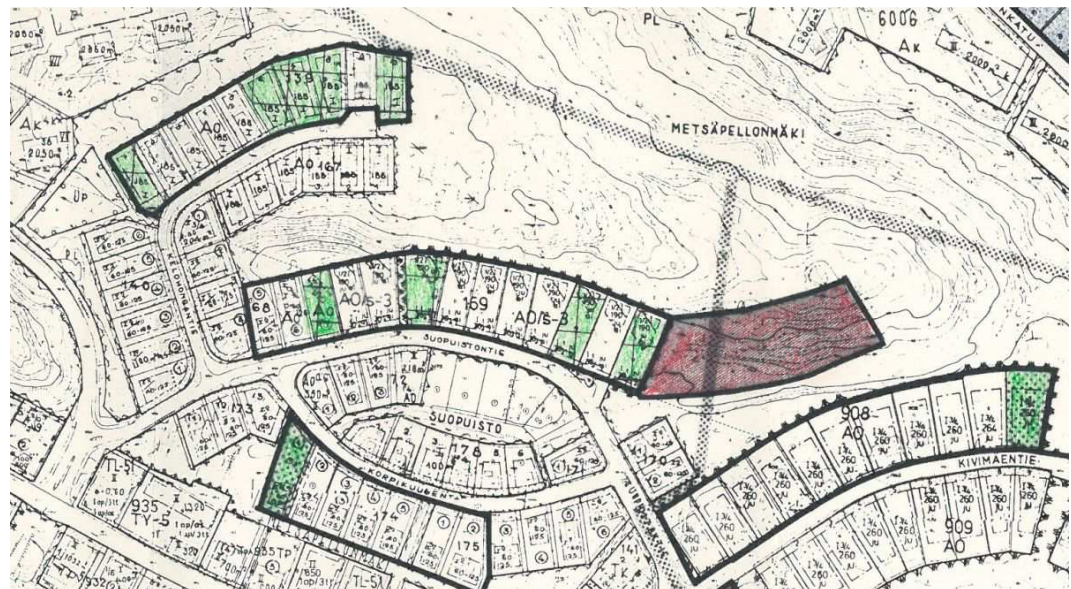
6.4 Aluetta koskevat suunnitelmat, päätökset ja selvitykset

Maakuntakaavassa alue on osoitettu pääosin asumiskäyttöön (käyttötarkoituserkintä A). Lahteen on valmisteilla uusi yleiskaava, jonka luonnoksissa alue säilyy asumiseen tarkoitettuna. Kaavan luonnosvaihtoehdossa VE2 osa Suopuistontien ja Kivimäentien kulmauksen pohjoispuolisesta viheralueesta on osoitettu asuntorakentamiselle (Kuvio 32), mutta vaihtoehdossa VE1 alue on viheraluetta. Voimassa olevat asemakaavat ja tonttijaot ovat 1950- ja 1960- luvuilta, mutta joitakin pieniä

muutoksia, kuten täydennysrakentamista, on tehty muun muassa 1980-luvulla. Kortteli 169 ja osa korttelin 168 ympäristöstä on suojeltu asemakaavassa. Alueella ei ole voimassa olevia rakennuskieltoja. Lahden rakennusjärjestys on vuodelta 2005 ja sitä ollaan päivittämässä (Sivonen 2010). Suunnittelualueelta tehtyjä selvityksiä ovat muun muassa

- kasvilajisto- ja linnustonselvitykset
- lumo- ja metsäinventoinnit
- hiljaisten alueiden selvitys
- kulttuuriympäristöinventointi.

Lahden kaupunki on selvittänyt alueen täydennyskaavoitusta 1990-luvulla. Kartta vuodelta 1994 osoittaa, että alueelle on suunniteltu uutta korttelialuetta ja että joillekin tonteille muun muassa Kelohongantiellä ja Suopuistontielle on suositeltu lisärakennusoikeuden myöntämistä (Kuvio 33).



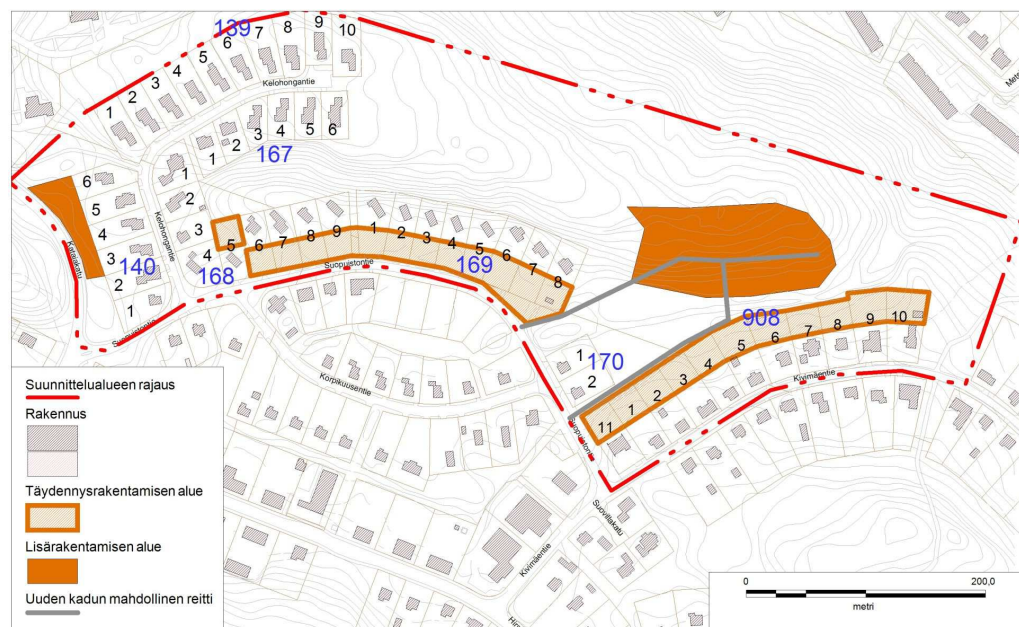
KUVIO 33. Suopuiston alueen lisärakentamiskohde (punainen väri) ja rakennusoikeuden lisäskohteet (vihreä väri) Kivimaa – Kiveriö – Joutjärvi tiivistämiskaavakartassa vuodelta 1994 (Kartta: Lahden kaupunki)

6.5 Täydennys- ja lisärakentamiskohteet

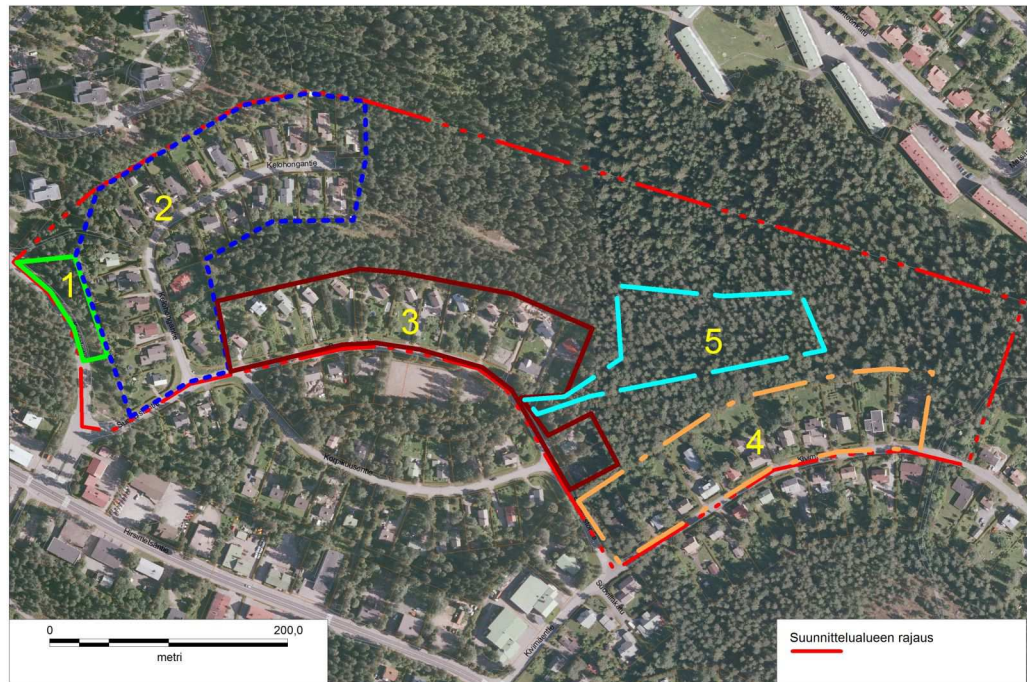
Suunnittelualan mahdolliset täydennys- ja lisärakentamisen kohteet selvitettiin alustavasti paikkatietoanalyysillä edellisissä kappaleissa kuvattuja tietoja hyödyn-

täen (Kuvio 34). Suunnittelualue jaettiin osa-alueisiin 1, 2 (korttelit 139, 140, 167 ja 168), 3 (korttelit 169 ja 170), 4 (kortteli 908) ja 5 (Kuvio 35), joiden rakentamiskelpoisuus muun muassa kulttuuriympäristön suojelutavoitteiden näkökulmasta tarkastettiin paikan päällä. Täydennysrakentamisen kohteet ja keinot ja niiden hylkäyksen tai hyväksymisen perusteet määritettiin kortteleittain maankäytön, kaupunginmuseon ja rakennusvalvonnan viranomaisten yhteisten neuvotteluiden ja maastokäyntien pohjalta.

Lisärakentamista olisi mahdollista sijoittaa kaupungin omistamalle maalle Katajakadun varteen LUMO -alueen pohjoispuolelle (osa-alue 1), vastapäätä kortteliä 140. Kapean korttelin pinta-ala olisi noin 1800 m². Uuden korttelin ja viereisen korttelin 140 maiden uudelleenjärjestely maapolitiikan keinoin uuden korttelin laajentamiseksi ei ainakaan toistaiseksi ole mahdollista (Karvinen-Jussilainen 2010). Uuteen kortteliin voisi rakentaa sen kapeudesta huolimatta esimerkiksi erillisiä tai kytkettyjä pientaloja, rivitalon tai pienkerrostalon. Pienkerrostaloon pohjautuvana uusi kortteli voisi toimia yhdistävänä tekijänä Kelohongantien pientalojen ja Katajakadun kerrostalojen välillä.



KUVIO 34. Täydennys- ja lisärakentamisen selvitettävät kohteet suunnittelualueella (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)



KUVIO 35. Suunnittelualueen jako osa-alueisiin (P. Peltonen, Ilmakuva: Lahden kaupunki)

Korttelissa 140 (osa-alue 2) pientalotyyppinen täydennysrakentaminen tontteja jakamalla olisi periaatteessa mahdollista, mutta ajoyhteyksien järjestäminen nykyisten rakennusten ohi voi olla hankalaa muualla kuin tontilla 1. Jaossa muodostuvien tonttien pinta-ala jäisi pieneksi, mutta tonttien laajentaminen viereiselle viheralueelle ei ainakaan toistaiseksi tule kysymykseen (Karvinen-Jussilainen 2010). Lisäksi kaikkien tonttien rakentamisesta ei ole varmuutta; osa voisi rakentua, mutta osa voisi jäädä rakentamatta, mikä vaikuttaisi kaupunkikuvaan erityisesti Katajakadun suunnasta katsottaessa. Näillä perusteilla kortteliin ei sallita tonttien jakamista. Sen sijaan jäljellä oleva rakennusoikeus voidaan käyttää rakennusalan sisällä, mutta rakennusalat täytyy ensin tarkistaa vastaamaan Kelo-hongantien kulttuuriympäristön säilytettävien ominaispiirteiden asettamia vaatimuksia, aivan kuten korttelissa 169 on jo tehty.

Kortteleissa 139 ja 167 (osa-alue 2) tonttien jakaminen ei ole järkevää, koska tontit ovat pieniä tai kapeita ja ajoyhteyden järjestäminen takimmaiselle tontille olisi todella hankalaa tonttien muodon ja rakennusten sijoittelun vuoksi. Jäljellä oleva vähäinen rakennusoikeus voidaan käyttää samoin edellytyksin kuin korttelissa 140.

Korttelin 168 tonteilla 1-7 (osa-alue 2) jakaminen voisi olla mahdollista tontilla numero 5. Muodostuva uusi tontti olisi kooltaan noin 500 m², ja sille olisi mahdollista rakentaa pientalo ja talousrakennus siten, ettei arvokas katunäkymä Kelo-
hongantiellä ja Suopuistonttiellä vaarantuisi. Muilla tonteilla jäljellä oleva vähäinen rakennusoikeus voidaan käyttää samoin edellytyksin kuin korttelissa 140.

Korttelin 168 tonttien 8-9 ja korttelin 169 (osa-alue 3) ympäristö on suojeltu asemakaavassa. Maastokäynnin yhteydessä pohdittiin, olisiko mahdollista rakentaa kaavassa osoitetulle paikalle esimerkiksi osittain asumis-, työ- tai harrastuskäyttöön tarkoitettu, enintään 50 kem² laajuinen, suorakaiteen muotoinen, yksikerroksinen ja satulakattoinen talousrakennus. Ratkaisulla voitaisiin tuoda alueelle lisää erilaisia toimintoja, kuten työpaikkoja. Vastikään Suopuistontien varteen rakennettun talousrakennuksen perusteella todettiin, että rakennuksesta tulisi liian suuri ja se peittäisi näkymän päärakennukseen, jonka kaupunkikuvallinen merkitys vähenisi. Tontin jakaminen ja suurempi ja korkeampi rakennus tien laitaan ei näin ollen myöskään tule kyseeseen, koska se hävittäisi alueen suojellut ominaispiirteet. Jäljellä oleva vähäinen rakennusoikeus voidaan käyttää samoin edellytyksin kuin korttelissa 140.

Korttelissa 170 (osa-alue 3) tonttien jakaminen on mahdollista, mutta tontit ovat alle 1000 m²:n kokoisia ja sijaitsevat varjoisassa maaston painanteessa. Täydennysrakentaminen passiivitaloilla on kuitenkin mahdollista.

Korttelissa 908 (osa-alue 4) tontit voidaan jakaa, koska ne ovat suuria ja täydennysrakentamisella ei ole vaikutusta katunäkymiin. Uusille tonteille voidaan rakentaa pientalo ja talousrakennus, joille ajoyhteydet järjestetään rasiiteilla Kivimäentieltä tai uudella katuyhteydellä Suopuistonttieltä.

Lisärakentamista olisi maaston ja maaperän ominaisuuksien perusteella mahdollista sijoittaa myös viheralueelle korttelin 908 pohjoispuolelle (osa-alue 5). Uuden alueen pinta-ala olisi noin 0,94 ha. Alueen käyttöönotto vaatisi uuden katuyhteyden rakentamista Suopuistonttielle.

6.6 Energiantuotantotapojen vaihtoehdot

Suunnittelualan lämpö- ja sähköenergian tuotantotapoja tarkasteltiin sekä osa-aluekohtaisesti että koko alueen mittakaavassa. Osa-alueilla 2, 3 ja 4 on valmis kaukolämpöverkko, joten se on luonteva valinta lämmöntuotantomuodoksi täydennysrakentamisessa ja lämmitysjärjestelmän muutoksissa. Kaukolämpöverkko on mahdollista ulottaa osa-alueille 1 ja 5, mutta toimenpiteen kannattavuus ja samalla energiayhtiön kiinnostus siihen riippuu alueen tulevasta lämmitysenergian kysynnästä (Lindstam 2011). Myös aluelämpöverkon kannattavuus osa-alueilla 1 ja 5 riippuu alueen rakennusten tulevasta lämmitystarpeesta. Aluelämpöverkon lämmönlähteeksi voidaan valita joko biolämpö tai maalämpö. Kiinteistökohtaisissa järjestelmissä on mahdollista käyttää bio-, maa- tai ilmalämpöä.

Poikittaisakselisille tuulivoimaloille etsittiin sijoituspaikkaa koko suunnittelualueelta niiden energiantuoton maksimoimiseksi ja haitallisten vaikutusten minimoimiseksi. Analyysissä havaittiin, että tuulivoimaloille luontevin paikka eli alueen korkein kohta Metsäpellonmäellä on jo rakennettu täyteen pientaloja. Ainoa mahdollinen alue on siten mäenrinteessä kyseisten talojen itäpuolella (Kuvio 24). Sinne mahtuisi esimerkiksi viisi 10 kW:n voimalaa, joiden arvioitu vuosituotanto olisi noin 75-120 MWh, mikäli tuuliatlaksen mukainen Lahden seudun 5-5,5 m/s tuulennopeus toteutuisi asennuspaikalla ja -korkeudella (Suomen tuuliatlas 2011). Voimaloiden tuulisähköntuotanto kattaisi noin 13-21 % alueen rakennusten nykyisestä sähkönkulutuksesta. Mäellä puusto on kuitenkin 13-23 metriä korkeaa, joten 10 kW:n voimaloille tarvittaisiin reilusti yli 20 metriä korkeat mastot. Näin korkeat voimalat voisivat olla haitaksi viereisille Katajakadun kerrostaloille. Lisäksi alue on rakentamatonta kuivahkoa kangasta, joka on luontotyyppinä Lahdessa harvinainen ja jonka pintakasvillisuus ja avokallioalueet sekä alueen läpi kulkeva tärkeä virkistysreitti kärsisivät voimaloiden, maakaapeleiden ja huoltotien rakentamisesta. Energian tuoton kannalta parempi paikka tuulivoimaloille voisi olla esimerkiksi Katajakadun kerrostalojen katot tai Kivistönmäki ja sen kerrostalot sekä vesitorni, jotka ovat lähialueen kaikkein korkeimmalla sijaitsevat rakennelmat. Näissäkin kohteissa ongelmaksi muodostuisivat omistajuuskysymykset sekä kustannusten ja hyödyn jakaminen. Pystyakseliset voimalat voidaan periaatteessa sijoittaa kiinteistöissä minne vain kulttuuriympäristön ominaispiirteitten

vaarantumatta, mutta asennuskorkeus vaikuttaa niidenkin energiantuottoon. Metsäpellonmäelle nousevalla Kelohongantiellä (osa-alueella 2) on muita alueita paremmat edellytykset kiinteistökohtaiselle tuulivoimatuotannolle pysty akselisilla voimaloilla.

Aurinkoenergian keskitettyyn tuotantoon soveltuisi parhaiten Suopuistontien pohjoispuolella oleva, etelään viettävä Metsäpellonmäen rinne, mutta sen muodostama taustametsä on tärkeä alueen kulttuuriympäristön ominaispiirre. Kiinteistön aurinkoenergiajärjestelmä on mahdollista kiinnittää tai sisällyttää alueen rakennuksiin alueen ominaispiirteitten kärsimättä, mutta koska kadunvarren puutarhoihin ei sallita sulkevaa rakentamista, ovat laajat aurinkopaneelientät poissuljettu vaihtoehto niissä. Mikäli osa-alueiden 2-4 jokaiseen nykyiseen ja 12 suunniteltuun pientaloon asennettaisiin esimerkiksi 13,3 m² verran 180 watin nimellistehoisia aurinkopaneeleita, olisi alueen aurinkosähköntuotanto noin 115 MWh vuodessa. Tuotanto vastaisi noin 20 % alueen rakennusten sähkönkulutuksesta.

7 ASEMAKAAVAN LUONNOSVAIHTOEHDOT

Osa-alueilla on tarkasteltu vaihtoehdon VE0 eli nykytilanteen lisäksi vaihtoehtoja VE0+a/b tai VE1 ja VE2. Vaihtoehdossa VE0+ alueen rakennuksia laajennetaan rakennusoikeuden sallima määrä (a) tai alueelle osoitetaan lisää rakennusoikeutta tontteja jakamalla (b). Vaihtoehdossa VE1 alueelle kaavoitetaan tontteja pienkerrostaloille ja vaihtoehdossa VE2 erillisille pientaloille. Rakentamista sisältävien vaihtoehtojen fyysisenä tavoitteena on parantaa mahdollisimman paljon koko suunnittelualueen alue- ja energiatehokkuutta ja tuoda lisää asukkaita Kiveriön kaupunginosan ja Lahden keskustan palveluiden tuntumaan.

7.1 Osa-alue 1

Alue koostuu Katajakadun viereisestä, Katajakadun ja Suopuistontien risteyksessä olevan LUMO -alueen pohjoispuolisesta kapeasta viheralueen osasta, jonka pinta-ala on noin 0,18 ha. Asemakaavaluonnoksessa alueelle osoitetaan asuinrakentamista, mutta liikenteellisesti hyvän sijaintipaikkansa vuoksi sille voisi antaa kaavamääräyksellä mahdollisuuden sijoittaa myös liike- tai palvelutoimintoja esimerkiksi 20 % kerrosalasta, mikä mahdollistaisi toimintojen sekoittamisen suunnittelualueella.

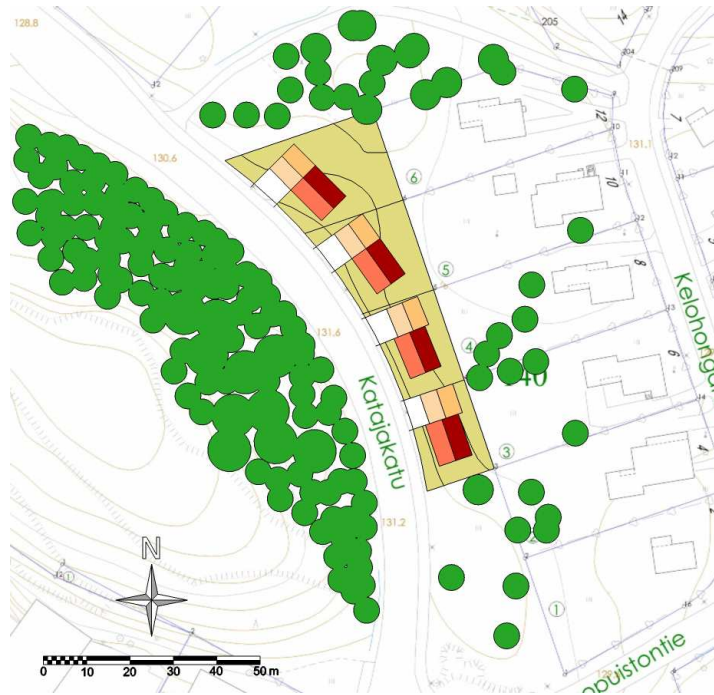
Vaihtoehdossa VE1 tutkittiin mahdollisuutta sijoittaa alueelle erikokoisia ja muotoisia pienkerrostaloja (kaavamerkintä A, asuinrakennusten korttelialue) mahdollisimman suuren tonttitehokkuuden saavuttamiseksi. Luonnoksessa päädyttiin alueen pienuuden, muodon ja maanpinnan kaltevuuden vuoksi alueen pohjoispäähän sijoitettavan enintään kolmikerroksisen pienkerrostalon ratkaisuun kortteli- ja tonttitehokkuudella 0,40 (Kuvio 36). Rakennuksen eteläpuolelle varataan tilaa oleskelulle. Autopaikoitus sijoitetaan tontin kapeaan osaan tasaisempaan maastoon. Tontin itäiseen osaan määrätään metrin levyinen istutettava alue. Tontin eteläisen osan lehtipuut määrätään säilytettäväksi.

Vaihtoehdossa VE2 tutkittiin mahdollisuutta sijoittaa alueelle erillisiä pientaloja tai ketjutaloja. Todettiin, että ketjutalojen muodostama rakennusmuuri ei sovi

kaupunkikuvallisesti alueelle, jossa rakennukset ovat erillisiä pientaloja (Kelo-
hongantie) tai pistetaloja (Katajakatu). Vaihtoehdossa päädyttiin maisemallisesti
alueen luonteeseen paremmin sopiviin, lähes Katajakatuun kiinni rakennettaviin
erillisiin pientaloihin (kaavamerkintä AO) (Kuvio 37). Muodostettavat neljä tont-
tia ovat pieniä, kapeita ja maastoltaan Katajakadusta alaspäin laskevia, joten ra-
kennusala osoitetaan tonttien Katajakadun puoleiseen reunaan. Maaston muotojen
vuoksi kerrosalan hyödyntäminen edellyttää monitasoratkaisua, mutta talot voivat
olla maisemallisista syistä kuitenkin enintään puolitoistakerroksisia. Tonteille
varataan tilat kahdelle autolle. Tässä luonnoksessa ei alueella ole tilavarausta kes-
kitetyn hake- tai pellettilämmityksen vaatimille rakenteille. Tontin itäiselle rajalle
määrätään alue, jolla kasvillisuus säilytetään. Tonttien pinta-ala on noin 330-
500m² ja rakennusoikeus yhteensä 175 m² tonttia kohden. Korttelitehokkuus on
0,39 ja tonttitehokkuudet ovat 0,35-0,53.



KUVIO 36. Havainnekuva osa-alueen 1 pienkerrostalojen kaavaluonnosvaihtoeh-
dosta VE1. Kuvassa on asuinrakennus merkittynä punaisella ja autokatos vaalean
ruskealla värillä (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)



KUVIO 37. Havainnekuva osa-alueen 1 erillisten pientalojen kaavaluonnosvaihtoehdosta VE2. Kuvassa asuinrakennukset ovat merkittynä punaisella ja talousym. rakennukset vaalean ruskealla värillä (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)

7.2 Osa-alue 2

Kelohongantie on erillispientalojen korttelialuetta (kaavamerkintä AO). Osa-alueen pinta-ala on noin 3,3 ha ja sillä on rakennusoikeutta yhteensä 5146 kem². Käyttämättä oleva rakennusoikeus on keskimäärin 53,5 kem² tonttia kohden, yhteensä 1391 kem². Kaavaluonnoksessa tonttien rakennusala supistetaan siten, että rakennusten laajentaminen on mahdollista vain tiestä pois päin nykyisen rakennusoikeuden sallimassa määrässä. Näin varmistetaan katunäkymien säilyminen yhtenäisenä.

7.3 Osa-alue 3

Suopuistontie on erillispientalojen korttelialuetta, jolla on säilytettävää ympäristöä kortteleissa 168 ja 169 (kaavamerkinnät AO ja AO-s). Osa-alueen pinta-ala on noin 2,2 ha ja sillä on rakennusoikeutta yhteensä 3186 kem². Käyttämättä oleva rakennusoikeus on keskimäärin noin 83 kem² tonttia kohden, yhteensä 1251 kem².

Kaavaluonnos mahdollistaa rakennusten laajentamisen tiestä pois päin nykyisen rakennusoikeuden sallimassa määrässä ja jättää puutarhat luvanvaraisen rakentamisen ulkopuolelle. Korttelin 168 tontti numero 5 jaetaan ja muodostuvalle uudelle tontille annetaan rakennusoikeutta tehokkuudella 0,3 eli 150 kem². Ajoyhteys tontille määrätään rasiitteella.

7.4 Osa-alue 4

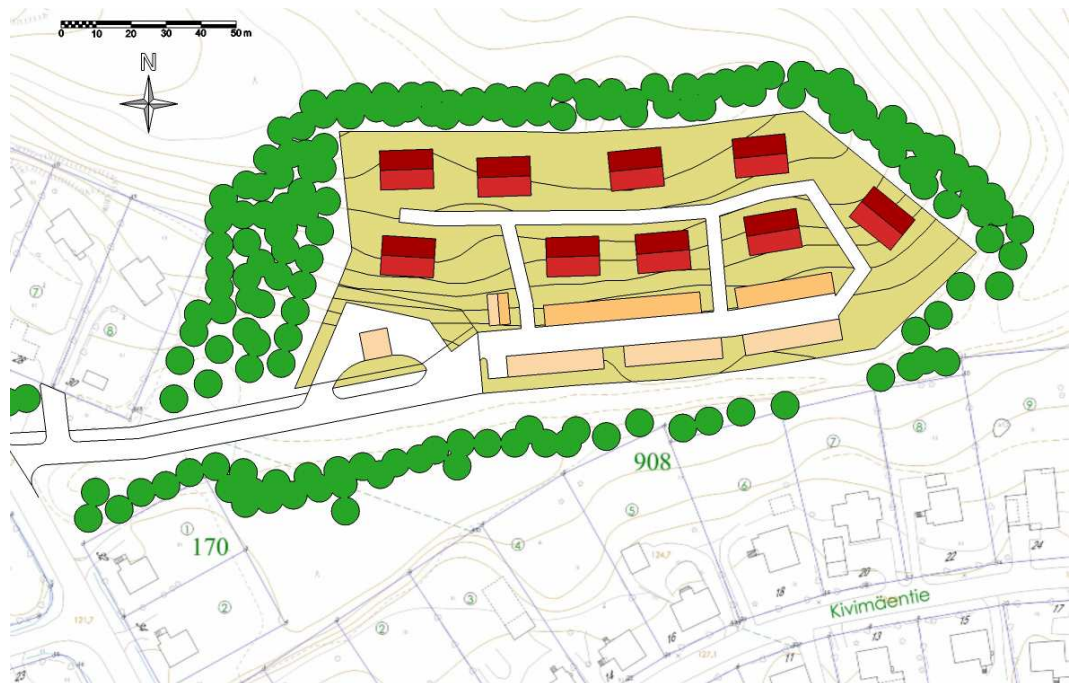
Kivimäentien pohjoispuolella sijaitsevan erillispientalojen korttelialueen (kaavamerkintä AO) pinta-ala on noin 1,9 ha. Osa-alueella on rakennusoikeutta 2864 kem². Käyttämättä oleva rakennusoikeus on keskimäärin noin 84 kem² tonttia kohden, yhteensä 924 kem². Vaihtoehdossa VE 0+ rakennuksia voidaan laajentaa rakennusoikeuden sallimassa määrässä. Tontit jaetaan ja muodostettavien tonttien pinta-alat vaihtelevat noin 550 neliömetristä 800 neliometriin. Rakennusoikeutta annetaan 150 kem² asuinrakennusta ja 30 kem² talousrakennusta varten tonttia kohden, jolloin tonttitehokkuudet ovat 0,23-0,33. Asuinrakennusten pinta-ala pyritään määräyksellä pitämään maltillisena, jotta rakennussuunnittelussa kiinnitetäisiin enemmän huomiota turhaan lämmitettävien ”hukkaneliöiden” vähentämiseen. Kaavamääräyksellä annetaan oikeus talousrakennuksen ottamiseen myös asumis-, työ- tai harrastuskäyttöön, mikä mahdollistaa toiminnallisuuden lisäyksen alueella. Ajoyhteydet tonteille määrätään rasiitteilla.

7.5 Osa-alue 5

Kaavaluonnoksissa tutkittiin mahdollisuutta levittää Suopuiston asuinalueita Suopuistontien ja Kivimäentien kulmassa sijaitsevalle metsäalueelle. Alueelle osoitetaan asuinrakentamista uuteen kortteliin, jonka pinta-ala on noin 0,94 ha. Kulku kortteliin järjestetään Suopuistontieltä uudella, noin 135 metriä pitkällä ja Suopuiston alueen katujen mukaisella, 6 metriä leveällä ja kaareutuvalla liityntäkadulla sekä raskaan liikenteen varalta rakennettavalla 3,5 metrin levyisellä kevyen liikenteen väylällä, joka kulkee uuden kadun pohjoispuolella. Katualue on yhteensä noin 0,11 ha. Kadun liittymistä Suopuistontiehen tutkittiin kortteleiden 169 ja 170 sekä kortteleiden 170 ja 908 välisiltä viheralueilta. Jälkimmäinen vaihtoehto

olisi mahdollistanut suoran katuyhteyden korttelin 908 tonttien jaossa muodostettaville kiinteistöille sekä uuteen kortteliin, mutta liittymä olisi pitänyt rakentaa ahtaaseen käytävään, jossa maaston tasoerot ovat suuret. Liittymän liikenteestä olisi aiheutunut muun muassa huomattava meluhaitta korttelin 170 pientaloille, joten ensimmäinen liittymävaihtoehto katsottiin paremmaksi. Uuden korttelin sisällä liikenne kulkee noin 100-130 metriä pitkällä ja 7 metriä leveällä asuntokadulla, jonka varrella on autopaikoitusta joko yksittäin kiinteistö- tai taloyhtiökohdaisesti tai keskitetysti. Asuntokadun varteen määrätään kahden metrin levyinen istutettava vyöhyke.

Kaavaluonnoksissa säilyy mahdollisuus vetää katulinjaus uudelta liityntäkadulta Kelohongantielle. Liityntäkadun päähän asuinkorttelin ulkopuolelle varataan noin 785 m² tontti ja 300 kem² alueelliselle lämpövoimalalle, jolloin raskas huoltoliikenne saadaan pois asuinkorttelin alueelta. Alueen matalaenergiaverkon linjaukset ja lämpökaivojen paikat määrätään rasitteilla. Mikäli alueella päädytään kunnalliseen kaukolämpöön, voidaan lämpökeskuksen alue muuttaa asuintontiksi.



KUVIO 38. Osa-alueen 5 kaavaluonnosvaihtoehtoa VE1 havainnoiva esimerkki pienkerrostalojen mahdollisesta sijoittumisesta korttelissa ja alueen autopaikoituksen sijoittamisesta erilliseksi suureksi paikoitusalueeksi. Kuvassa asuinrakennukset ovat merkittynä punaisella ja talous- ym. rakennukset vaalean ruskealla värillä (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)



KUVIO 39. Osa-alueen 5 kaavaluonnosvaihtoehtoa VE1 havainnoiva esimerkki pienkerrostalojen mahdollisesta sijoittumisesta korttelissa ja alueen autopaikoituksen sijoittamisesta erillisiin yksiköihin asuinrakennusten lomaan. Kuvassa asuinrakennukset ovat merkittynä punaisella ja talous- ym. rakennukset vaalean ruskealla värillä (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)

Vaihtoehdossa VE 1 alueelle osoitetaan kokonainen asuinrakennusten korttelialue (kaavamerkintä A) yhtiömuotoista rakentamista varten. Korttelissa on rakennus- alat yhdeksälle 4-6 asunnon pienkerrostalolle, yhdelle monikäyttörakennukselle eli ”asukastuvalle”, jota voidaan käyttää esimerkiksi asukkaiden kerho- ja kokous- tilana sekä väestösuojana, sekä talousrakennuksille ja autopaikoitukselle (kuviot 38 ja 39). Asuinrakennukset sijoitetaan pienilmastollisesti edullisesti, mutta maastollisesti siten, että muun muassa oleskelulle on saatu säilytettyä tasaisempaa maastoa. Pienkerrostalon kokonaiskerrosala on $425,5 \text{ m}^2$, asukastuvan 54 m^2 ja autokatosten sekä talousrakennusten yhteensä 890 m^2 . Alueen korttelitehokkuus on tällöin noin 0,47.

Vaihtoehdossa VE 2 alueelle osoitetaan erillisten pientalojen korttelialue (kaava- merkintä AO), jolle muodostetaan kaksitoista noin 500-950 neliömetrin pientalo- tonttia, jolle saa rakentaa 160 kem^2 asuinrakennuksen ja 30 kem^2 talousrakennuk- sen (Kuvio 40). Asuinrakennukset sijoitetaan asuntokadun varrelle siten, että piha-

alueet ovat tasaisessa maastossa. Alueen korttelitehokkuus on noin 0,22 ja tontti-
tehokkuudet ovat 0,20–0,38.



KUVIO 40. Havainnekuva osa-alueen 5 erillisten pientalojen kaavaluonnosvaihtoehdosta VE2. Kuvassa asuinrakennukset ovat merkittynä punaisella ja talousym. rakennukset vaalean ruskealla värillä (P. Peltonen, Pohjakartta: Lahden kaupunki)

7.6 Vaikutukset aluetehokkuuteen

Esitetyistä vaihtoehdoista yhdistelmä, joka sisältää nykyisten kortteleiden täydennysrakentamista pientaloilla (VE0+) ja uusien kortteleiden lisärakentamista pienkerrostaloilla (VE1) tuottaa suunnittelualueelle noin 8000 kem² eli 71 % lisää rakennusoikeutta (Taulukko 5). Aluetehokkuus paranee tällöin noin 57 % 0,07:stä 0,11:een, mutta jää alueen laajojen viheralueiden vuoksi edelleen reilusti alle 0,25:n.

TAULUKKO 5. Yhteenveto vaihtoehtojen vaikutuksesta aluetehokkuuteen

	VE0	VE0+	VE1	VE2	VE0+ ja VE1
Kerrosala, kem ²	11 196	+2 130	+5 794	+3 280	+7 924
Aluetehokkuus e _a	0,07	0,08	0,10	0,09	0,11

8 LUONNOSVAIHTOEHTOJEN ENERGIATEHOKKUUS

Suunnittelualan energiatehokkuuksien arvioimiseksi selvitettiin kunkin osa-alueen rakennusten, liikenteen ja kunnallistekniikan energiankulutus sekä kasvi-huonekaasupäästöt ja niiden mahdolliset kompensatiot. Suunnitteluratkaisuiden vaikutuksia kokonaisenergiankulutukseen ja -hiilidioksidipäästöihin sekä päästöihin asukasta kohden vertailtiin osa-alueittain ja vaihtoehdoittain ja tehtiin herkyysanalyysjä muun muassa eri lämmitysratkaisuille. Vaihtoehdossa VE0+a eli nykyisten rakennusten laajentamisessa oletettiin, että jäljellä oleva rakennusoikeus käytetään täysimääräisesti, jotta saataisiin selville energiankulutuksen ja päästöjen teoreettiset maksimit.

Alueiden asukasluvun muutosta arvioitiin käyttämällä väljyyyslukua $40 \text{ m}^2/\text{as}$ pienkerrostaloille sekä kolmea henkilöä asuntokuntaa kohden erillisille pientaloille. Arvoja käytettiin myös vaihtoehdon VE0+a laskelmissa. Olemassa olevien rakennusten laajentamisen voidaan olettaa tuovan rakennuksiin lisää esimerkiksi lapsiperheitä, vanhuksia tai (ali)vuokralaisia, mutta laskelmissa käytettiin edellä mainittuja arvoja. Alle seitsemän vuoden ikäisten lasten osuus väestöstä oli Lahdessa noin 7,2 % vuonna 2009, mitä käytettiin hyväksi liikenteen laskennoissa.

8.1 Rakennusten energiankulutus

Suunnittelualan rakennus- ja väestötiedot saatiin Lahden kaupungin paikkatietojärjestelmästä (Kajander 2010). Rakennukset luokiteltiin pääluokkiin Tilastokeskuksen Rakennusluokitus 1994:n mukaan ja niistä selvitettiin muun muassa kerrosala, lämmitystapa, ensisijainen lämmönlähde ja liittymät verkostoihin (Taulukko 15-17). Aineistosta jätettiin pois rakennukset, joiden tiedot kerrosalasta, lämmityksestä tai sähköistyksestä olivat puutteelliset tai jotka olivat poistuneet käytöstä (tuhoutuneet tai purettu). Sen sijaan rakennukset, joiden ilmoitettiin olevan tyhjillään tai joiden käytöstä ei ollut tietoa, otettiin mukaan laskelmiin.

8.1.1 Lämmitys

Olemassa olevien rakennusten tilojen vaatima lämmitysenergian kulutus Q_{tilat} arvioitiin Tilastokeskuksen rakennusten lämmitysenergian laskentamallin ominaiskertoimien avulla (Aalto 2009, 20 - 21). Laskentamallin heikkoutena ovat rakennuskannan lähtötietojen ja laskentamallissa käytettyjen kertoimien puutteet ja tuotetun tiedon laadulliset ongelmat (Aalto 2009, 29 - 31), mutta kertoimilla saadaan kuitenkin vertailukelpoisia tuloksia tätä selvitystä varten. Rakennusten kerrosala muunnettiin ensin tilavuudeksi VTT:n tutkimuksista saatujen rakennustyyppikohtaisten muunnoskertoimien avulla ja kerrottiin kunkin energialähteen vuoden 2009 ominaiskulutuskertoimella (kWh/m^3) (Aalto 2011). Laskentamalli antaa tulokseksi lämmitysenergian kokonaismäärän keskuslämmitetyille rakennuksille, joten näiden rakennusten tilojen lämmitysenergian tarve täytyi laskea vähentämällä tuloksesta lämpimän käyttöveden Q_{kv} osuus. Muulla tavalla lämmitettyjen rakennusten tilojen lämmitysenergian kulutukseen lisättiin käyttöveden lämmitykseen kulunut energia.

Rakennusten tilojen lämmitysenergian kulutus normeerattiin kaavan (1) avulla (Motiva 2010b).

$$Q_{tilat, norm} = k_1 \times \frac{S_{N\text{vpkunta}}}{S_{toteutunut\text{vpkunta}}} \times Q_{tilat} \quad (1)$$

jossa

k_1	paikkakunnan korjauskerroin vertailupaikkakuntaan eli Lahteen,
$S_{N\text{vpkunta}}$	normaalivuoden (1971-2000) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla ja
$S_{toteutunut\text{vpkunta}}$	toteutunut lämmitystarveluku.

Toteutuneena lämmitystarvelukuna käytettiin vuosien 2001-2010 keskiarvoa, jotta saataisiin arvio pidemmältä aikaväliltä ja vähennettäisiin siten yksittäisen vuoden vaikutusta lopputulokseen. Ajanjaksolle osui yksi normaalivuotta merkittävästi leudompi ja yksi kylmempi vuosi. Kaiken kaikkiaan ajanjakso oli normaalivuotta 5 % lämpimämpi.

Lämpimän käyttöveden Q_{kv} kulutus laskettiin Suomen rakentamismääräyskoelman osan D5 luvussa 5 kuvatulla tavalla kaavalla (2). Kulutus arvioitiin ker-

tomalla rakennusten bruttoala rakentamismääräyskokoelmassa ilmoitetuilla ominaiskulutuskertoimilla (dm^3/brm^2). Rakennusten bruttoala arvioitiin käyttämällä kerrosalan ja bruttoalan suhteena 1,15 (Sivonen 2010). Toteutuneen vedenkulutuksen perusteella ominaiskulutuskertoimet näyttäisivät ali- tai yliarvioivan jonkin verran kulutetun veden määrää rakennustyyppistä riippuen (Peltonen 2010, 14).

$$Q_{lkv} = \rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600 \quad (2)$$

jossa

Q_{lkv}	käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia, kWh
ρ_v	veden tiheys, $1000\text{kg}/\text{m}^3$
c_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, $4,2\text{ kJ}/\text{kgK}$
V_{lkv}	lämpimän käyttöveden kokonaiskulutus
T_{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, $^{\circ}\text{C}$
T_{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila, $^{\circ}\text{C}$
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h.

Uudisrakennusten lämmitysenergiankulutukset laskettiin vuoden 2010 normit täyttävinä A-energiatehokkuusluokan (ET-luokka) sekä matalaenergia- ja passiivitalojen vaatimukset täyttävinä taloina. ET-luokan A saavuttaakseen rakennuksen lämmitys-, jäähdytys- ja laitesähköenergian kokonaiskulutus saa olla erillisissä pientaloissa sekä rivi- ja ketjutaloissa enintään $150\text{ kWh}/\text{brm}^2$ vuodessa ja asuin-kerrostaloissa enintään $100\text{ kWh}/\text{brm}^2$ vuodessa. Matalaenergiatalojen lämmitysenergian kulutuksena käytettiin arvoa $50\text{ kWh}/\text{brm}^2$ ja passiivitaloille arvoa $25\text{ kWh}/\text{brm}^2$ (Nieminen, Jahn & Airaksinen 2007). Maalämmön järjestelmän hyötysuhteena on tilojen lämmitykselle käytetty COP -arvoa 3,5 ja käyttöveden lämmitykselle arvoa 2,7 (Rajala ym. 2010, 84).

8.1.2 Laitesähkö

Rakennusten laitesähkön (valaistus, ilmanvaihtojärjestelmä, muut laitteet) $W_{\text{laitesähkö}}$ kulutus arvioitiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 rakennustyyppikohtaisten ominaiskulutusten ($\text{kWh}/\text{brm}^2, \text{v}$) avulla.

8.2 Liikenteen energiankulutus

Lahden seudulla on tehty laaja liikennetutkimus kesällä 2010 (Kalenoja, Lintusaari & Pajarre 2010, 1), jota käytettiin hyväksiliikenteen energiankulutuksen arvioinnissa. Raportissa on ilmoitettu liikkumisen tunnusluvut eli keskimääräinen matkaluku (matkaa/hlö/arkivrk) ja matkan keskipituus ($\text{km}/\text{hlö}/\text{arkivrk}$) kaikista tehdyistä matkoista (alueelta lähtevät ja alueelle päättyvät matkat sekä alueella käyvien matkat). Eri kulkutapojen tunnuslukuja on liikennetutkimuksessa tarkasteltu yhdyskuntarakenteen eri osissa Suomen Ympäristökeskuksen yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmän (YKR-järjestelmän) aluejakojen ja kaupunkiseudulle laaditun vyöhykejaon perusteella (Taulukko 6).

TAULUKKO 6. Lahden kaupunkiseudun vyöhykkeiden vuorokauden keskimääräiset matkustussuoritteet ($\text{km}/\text{hlö}/\text{arkivrk}$) Lahden seudun liikennetutkimuksen (Kalenoja ym. 2010, 33) mukaan

Vyöhyke	Kulkutapa	
	linja-auto	henkilöauto
Jalankuluvyöhyke	3,7	17,1
Jalankulun reunavyöhyke	2,5	16,1
Joukkoliikennevyöhyke	2,9	22,6
Autovyöhyke	1,6	30,5

Asuinalueen vuotuinen matkustussuorite (henkilökilometriä vuodessa, hkm/v) laskettiin kertomalla keskimääräinen matkustussuorite yli kuusivuotiaiden asukkaiden lukumäärällä ja 365:llä. Tällä tavalla laskettuna vuotuinen matkustussuorite muodostuu jonkin verran todellisesta poikkeavaksi, koska viikonlopun suorite on yleensä erilainen kuin arkisuorite (Kiiskilä 2011). Eri kulkutapojen energiankulutus laskettiin jakamalla vuotuinen matkustussuorite ajoneuvon keskimääräisellä kuormitusasteella Lahdessa (Kalenoja, Vihanti, Voltti, Korhonen & Karasmaa 2008, 26) ja kertomalla saatu vuotuinen ajoneuvon liikennesuorite kulkutavan mukaisella, VTT:ssä toteutetusta Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja

energiankulutuksen laskentajärjestelmästä (LIPASTO) saadulla kertoimella (kWh/km) (Taulukko 7).

TAULUKKO 7. Liikenteen energiankulutuksen kertoimet ja ajoneuvojen keskimääräiset kuormitusasteet

Kulikutapa	Energiankulutus kWh/km	Keskimääräinen kuormitusaste henkilöä
Linja-auto	4,2	18
Henkilöauto	0,68	1,56

8.3 Kunnallistekniikan energiankulutus

Katuvalaistuksen aluekohtaiset energiankulutustiedot saatiin Lahti Energia Oy:ltä (Palmunen 2011). Suunnittelualueen katuvalaistuksen lamput vaihdetaan elohopealamppuista suurpainenatrium- eli spna-lamppuihin todennäköisesti vuoden 2011 aikana, joten energiankulutus on laskettu niiden perusteella. Kevyen liikenteen väylillä ja tonttikaduilla käytettävien lamppujen nimellisteho on 70 W ja pääkaduilla käytettävien 150 W. Vastaavat kuormitustehot ovat 81 W ja 170 W. Katuvalaistuksen vuotuinen energiankulutus laskettiin paloajan perusteella ottaen huomioon, että 60 prosenttia lamppuista palaa 3900 h/v ja loput 40 prosenttia, jotka ovat yöksi sammutettavia, palavat 1200 h/v.

Lahti Aqua Oy:ltä saatujen vuoden 2009 tunnuslukujen eli asukkaiden, hankitun veden ja jäteveden määrien ja prosessien energiankulutusten avulla laskettiin juomaveden valmistuksen ja jätevesien käsittelyn energiankulutukset asukasta kohden. Jäteveden puhdistuksessa syntyvästä lietteestä kehitetyn kaasun hyötykäyttöä ei otettu huomioon laskelmissa.

8.4 Primäärienergiankulutus

Energiankulutukset (MWh/v) on vertailun helpottamiseksi yhteismitallistettu muuntamalla ne uusiutumattomaksi primäärienergiaksi käyttäen hiilidioksidipäästöihin perustuvia, Kestävä energia KesEn-tutkimushankkeessajulkaistuja energiakertoimia (Taulukko 8) (Kurnitski 2009, 5).

TAULUKKO 8. Uusiutumattoman energian kertoimet

Tuotantomuoto	Kerroin
Sähkö	2,0
Kaukolämpö	0,7
Fossiiliset polttoaineet	1,0
Uusiutuvat polttoaineet	0,5

8.5 Päästöt

8.5.1 Päästökertoimet

Energiantuotannon ja liikenteen päästöt laskettiin CO₂-ekvivalentteina eli päästökertoimissa on huomioitu myös metaani- ja typpioksiduulipäästöt (Taulukko 9).

TAULUKKO 9. Energiantuotannon päästökertoimet POK = kevyt polttoöljy, POR = raskas polttoöljy

Tuotantomuoto	Ominaispäästö (kg CO ₂ ekv./MWh)	Lähde
Kaukolämpö	299 (vuonna 2009), 180 (vuodesta 2012)	Lehtovirta 2011
Sähkö	204 (keskimääräinen), 400 (lämmitys)	Heljo & Laine 2005, 54
POK	267	Heljo & Laine 2005, 54
POR	279	Heljo & Laine 2005, 54
Kaasu	202	Motiva 2004, 8
Puu	18	Heljo & Laine 2005, 54
Maalämpö	400	Heljo & Laine 2005, 54

Liikenteen hiilidioksidipäästöt laskettiin kertomalla kunkin kulutavan liikennesuoritteet ja ominaispäästökertoimet. Kertoimina käytettiin LIPASTO:n verkkosivuilla ilmoitettuja liikenteen yksikköpäästötietoja. Yksikköperusteiset päästöt perustuvat oletuksiin kuormitusasteista, liikennemääristä, kaupunki- ja maantieliikenteen jakautumisesta sekä kaluston iästä. Laskennan perusoletukset on esitetty LIPASTO:n verkkosivuilla. LIPASTO:n yksikköpäästötietojen mukaan henkilöautoliikenteen ominaispäästöt ovat vuonna 2009 olleet keskimäärin 179 CO₂ g/km ja kaupunkiliikenteen linja-autojen keskimäärin 1123 CO₂ g/km. Herkkyystarkastelussa suunnittelualueen lähitulevaisuuden liikenteen päästövaikutusten arviointia

varten käytettiin arvoja 170 CO₂ g/km henkilöautoille (Rajala ym. 2010, 94) ja 1115 CO₂ g/km linja-autoille (LIPASTO 2011).

8.5.2 Metsien ja rakennusmateriaalien hiilivarastot

Metsän puustoon sitoutuneen hiilen arvioimisessa käytettiin hyväksi metsikkötietojen (Taulukko 10) avulla arvioitua raivattavien puiden runkotilavuuksia ja tutkimuksissa määriteltyjä puulajikohtaisia biomassakertoimia (biomassexpansion-factor, BEF), joiden avulla voidaan muuntaa tietyn ikäisen metsikön runkotilavuus (m³/ha) rungon, juuret, kannot, oksat, kuoret ja lehvästön käsittäväksi kokonaisbiomassaksi kaavan (3) mukaan (Lehtonen, Mäkipää, Heikkinen, Sievänen & Liski 2004, 216).

$$W_i(V) = aV^b \quad (3)$$

jossa

W_i	biomassan kuivapaino, tonnia
a, b	puulajin parametri
V	runkotilavuus, m ³ /ha.

Eri puulajien parametrit a ja b on annettu julkaisussa Lehtonen ym. (2004, 216). Lehtipuista malli antaa tulokset kuitenkin vain puuston maanpäällisistä osista malhintamisessa käytettyjen tietojen puutteellisuuden vuoksi. Biomassalaskenta tehtiin metsikön valtapuustolle, koska pienpuuston tilavuustietoja ei ollut saatavilla.

TAULUKKO 10. Metsikkötiedot ja metsämaan puuston runkotilavuus (Lahden vihertoimi 2011)

Osa-alue	Kehitysluokka	Mänty (m ³ /ha)	Kuusi (m ³ /ha)	Lehtipuu (m ³ /ha)	Raivattava ala ha
1	uudistuskypsä metsikkö	161	-	15	0,18
5a	uudistuskypsä metsikkö	232	42	-	0,94
5b	uudistuskypsä metsikkö	127	21	78	0,11

Puuston kuivapaino kerrottiin hiilen osuudella puuaineksesta, joka vaihtelee puulajeittain 50 prosentin molemmin puolin ollen suurempi havupuilla kuin lehtipuilla.

la (esimerkiksi Lamlo & Savidge 2003, 381; Daugaviete, Gaitnieks, Klavina & Teliseva 2009, 35). Laskennassa puuston hiilisisältönä käytetään männyllä ja kuusella arvoa 0,519 (t C / t kuiva-ainetta) ja lehtipuilla arvoa 0,505 (t C / t kuiva-ainetta) (Pingoud & Perälä 2000, 28). Puustoon sitoutuneen hiilidioksidin määrä saatiin kertomalla hiilen määrä hiilidioksidin molekyylipainon ja hiilen atomipainon suhteella, joka on noin 3,67.

Puuston kasvun mukana menetetty vuotuinen hiilensidonta laskettiin hyödyntämällä viimeisimmässä valtakunnallisessa metsien inventoinnissa (VMI 10) saatuja arvoja metsämaan eri puulajien vuotuisesta kasvusta Hämeen ja Uudenmaan alueilla (Taulukko 11) (Korhonen, Ihalainen, Heikkinen, Henttonen & Pitkänen 2007, 205). Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden ja lämpötilan kohoamisen, ilman saasteiden, tuholaitosten yms. seikkojen vaikutusta puuston kasvuun uudisrakennusten elinkaaren aikana ei ole huomioitu näissä laskelmissa. Metsän menetetty vuotuinen hiilensidonta on otettu huomioon vuotuisina päästöinä kasvihuonekaasupäästölaskelmien herkkyysoanalyysissä.

TAULUKKO 11. Eri puulajien vuotuinen kasvu Hämeen ja Uudenmaan alueen metsämailla valtakunnallisen metsien inventoinnin mukaan

Puulaji	Puuston kasvu m ³ /ha/v
Mänty	2,0
Kuusi	3,7
Koivu	1,2
Muut lehtipuut	0,7
Yhteensä	7,5

Metsässä hiiltä on varastoituneena elävän puuston lisäksi lahoppuuhun, joka toimii hiilen pitkäaikaisena varastona. Etelä-Suomen uudistuskypsissä metsissä on VMI10:n perusteella kuollutta puuta pysty- ja maapuuna keskimäärin 7,5 m³/ha (Ihalainen & Mäkelä 2009, 43). VMI10:n tietojen avulla määritettiin muunnoskerroimet uudistuskypsien metsiköiden kunkin puulajin kuolleen puuston eli pystypuiden ja maapuiden keskitilavuuksien laskemiseksi (Taulukko 12). Lahoppuun hiilivarastot laskettiin kertomalla pysty- ja maapuiden kokonaistilavuudet tutkimuksissa saaduilla keskimääräisillä lahoppuun tiheyksillä (kg/m³) ja hiilisisällöllä (Taulukko 13) (Mäkinen, Hynynen, Siitonen & Sievänen 2006, 1871). Elävän ja

kuolleen puuston poisto otettiin kasvihuonekaasupäästölaskelmissa huomioon kertapäästönä, joita voidaan yrittää kompensoida esimerkiksi puumateriaalien käytöllä rakennuksissa.

TAULUKKO 12. Lahopuun määrät ja osuudet puulajeittain Hämeen ja Uudenmaan alueiden metsämailla valtakunnallisen metsien inventoinnin mukaan

Puulaji	Pystypuun keskitalavuus, VMI10 (m ³ /ha)	Osuus (%)	Kerroin	Maapuun keskitalavuus, VMI10 (m ³ /ha)	Osuus (%)	Kerroin
Mänty	0,5	16	0,15625	0,9	28	0,28125
Kuusi	0,4	12,5	0,125	0,6	19	0,1875
Lehtipuu	0,3	9	0,09375	0,4	12,5	0,125
Tunnistamaton	0,0	0	0	0,1	3	0,03125

TAULUKKO 13. Lahopuun keskimääräiset tiheydet ja hiilen osuudet eri puulajeittain (VMI10, painotetut keskiarvot)

Puulaji	Pystypuun tiheys (kg/m ³)	Pystypuun hiilimäärä (%)	Maapuun tiheys (kg/m ³)	Maapuun hiilimäärä (%)
Mänty	402,60	50,08	298,07	50,89
Kuusi	372,16	50,16	301,66	50,87
Lehtipuu	326,62	49,61	204,28	50,19

Puupohjaisen rakennusmateriaalin käytöllä saavutettavat päästövähennykset arviointiin käyttämällä nelikerroksiselle puukerrostalolle laskettua päästövähennyskerrointa 0,13 t C/m² (Gustavsson, Pingoud & Sathre 2006, 667), vaikka arvon soveltuvuus muihin rakennustyyppisiin onkin epävarmaa (Gustavsson ym. 2006, 1116).

9 TULOKSET

9.1 Asukasluku ja rakennukset

Suunnittelualueella asui yhteensä 118 ihmistä vuonna 2010, ja sinne voitaisiin asuttaa vaihtoehtojen VE0+ ja VE1 mukaan yhteensä 192 asukasta lisää (Taulukko 14). Rakennukset ovat pääasiassa yhden asunnon erillispientaloja, joiden kerrosala on yhteensä 7301 kem² (Taulukko 15). Rakennusten pääasiallinen lämmitystapa on vesikeskuslämmitys, jonka lisäksi käytetään suoraa sähkölämmitystä (Taulukko 16). Lämmönlähteistä kaukolämmön osuus on 53 %, sähkön 11 % ja öljyn 36 % (Taulukko 17). Toissijaisten lämmönlähteiden käytöstä ei ole tietoa. Vaihtoehdossa VE0+ alueelle rakennettaisiin 12 pientaloa yhteensä 1800 kem² ja laajennettaisiin olemassa olevia 52 asuinrakennusta asumiseen tarkoitettuilla lämmitettävillä tiloilla yhteensä 3566 kem², vaihtoehdossa VE1 rakennettaisiin 10 pienkerrostaloa yhteensä 4438 kem² ja vaihtoehdossa VE2 14 pientaloa yhteensä 2400 kem².

TAULUKKO 14. Suunnittelualueen nykyinen asukasmäärä ja arvioitu asukasmäärän lisäys (kpl)

Osa-alue Vaihtoehto	1	2	3	4	5
VE0	-	58	33	27	-
VE0+a, laajennukset	-	+20	+15	+9	-
VE0+b, uudisrakennukset	-	+0	+3	+33	-
VE1	+16	+0	+0	+0	+96
VE2	+12	+0	+0	+0	+36

TAULUKKO 15. Nykyisten rakennusten lukumäärät ja kerrosalat

Osa-alue Rakennustyyppi	Rakennukset kpl			Kerrosala kem ²		
	2	3	4	2	3	4
Erillinen pientalo	26	14	10	3 689	1 644	1 482
Asuinkerrostalo	0	1	1	0	99	181
Liikenteen rakennus	0	0	1	0	0	43
Muu rakennus	1	1	3	17	24	122
Yhteensä	27	16	15	3 706	1 767	1 828

TAULUKKO 16. Nykyisten rakennusten lämmitystapojen jakautuminen, kaikki rakennukset yhteensä (kpl)

Osa-alue	Vesikeskuslämmitys	Ilmakeskuslämmitys	Suora sähkölämmitys	Uunilämmitys
2	24	0	2	0
3	15	0	0	0
4	8	0	4	0
Yhteensä	47	0	6	0

TAULUKKO 17. Nykyisten rakennusten lämmönlähteiden jakautuminen, kaikki rakennukset yhteensä (kpl)

Osa-alue	Kaukolämpö	Sähkö	Öljy	Kaasu	Puu, pelletti, hake	Maalämpö	Muu
2	17	2	7	0	0	0	0
3	11	0	4	0	0	0	0
4	0	4	8	0	0	0	0
Yhteensä	28	6	19	0	0	0	0

9.2 Kokonaisenergiankulutus ja päästöt

Suunnittelualueen vuotuinen primäärienergian kokonaiskulutus on nykytilanteessa yhteensä noin 2,5 GWh ja päästöt ovat yhteensä noin 580 tonnia hiilidioksidiekvi-valentteina (Taulukko 18). Tuloksista havaitaan, että tilojen lämmitys muodostaa suurimman osan nykyrakennusten ja niiden mahdollisten laajennusten energiankulutuksesta ja päästöistä, mutta vähemmän lämmitysenergiaa kuluttavissa uudisrakennuksissa laitesähkön ja henkilöautoliikenteen suhteellinen osuus on suurempi. Kunnallistekniikan ja linja-autoliikenteen vaikutus on vähäinen kaikissa vaihtoehdoissa.

TAULUKKO 18. Osa-alueiden 2, 3 ja 4 laskennallinen energiankulutus ja päästöt nykytilanteessa eli vaihtoehdossa VE0

VE0	Primäärienergiankulutus		Päästöt	
	MWh/v	%	tonnia CO ₂ -ekv/v	%
Lämmitys, sähkö	243	10	49	14
Lämmitys, muu	784	31	269	33
Käyttövesi, sähkö	74	3	15	4
Käyttövesi, muu	205	8	71	9
Laitesähkö	835	33	85	7
Yleiset rakennukset	10	0	2	0
Kunnallistekniikka	56	2	6	2
Henkilöauto	284	11	75	11
Linja-auto	24	1	6	1

VE0	Primäärienergiankulutus		Päästöt	
	MWh/v	%	tonnia CO ₂ -ekv/v	%
yhteensä	2 515	100	577	100

Osa-alueiden 2, 3 ja 4 rakennusten laajentaminen lisäisi maksimissaan alueen energiankulutusta noin 1,1 GWh ja päästöjä noin 150 tonnia vuodessa nykyisillä lämmönlähteiden ominaiskulutustiedoilla laskettuna (Taulukko 19). Käytännössä laajentamisen vaikutukset jäisivät huomattavasti pienemmiksi, sillä osalla kiinteistöistä ei ole rakennusoikeutta paljoakaan jäljellä ja nykyisillä kiinteistönomistajilla ei välttämättä ole yksittäistapauksia lukuun ottamatta tarvetta ja halua laajennuksille. Tilanne voi tietenkin muuttua esimerkiksi omistajanvaihdosten myötä. Alueiden täydennysrakentaminen uudisrakennuksilla lisäisi alueiden energiankulutusta noin 0,45 GWh ja päästöjä noin 80 tonnia (Taulukko 20). Lisärakentamisessa energiankulutus ja päästöt lisääntyisivät eniten pienkerrostalovaihtoehdossa osa-alueella 5 ja vähiten pientalovaihtoehdossa osa-alueella 1 (Taulukko 21-24). Pienkerrostalovaihtoehdon VE1 energiankulutus ja päästöt ovat pientalovaihtoehdon VE2 suuremmat suuremman asukasmäärän ja kerrosalan vuoksi.

TAULUKKO 19. Osa-alueiden 2, 3 ja 4 laskennallinen energiankulutus ja päästöt laajennettujen rakennusten vaihtoehdossa VE0+a. Kaukolämmön päästöt on laskettu vuoden 2012 tilanteen mukaan

VE0+a, laajennukset	Primäärienergiankulutus		Päästöt	
	MWh/v	%	tonnia CO ₂ -ekv/v	%
Lämmitys, sähkö	388	11	78	11
Lämmitys, muu	1 131	31	297	41
Käyttövesi, sähkö	119	3	24	3
Käyttövesi, muu	307	8	80	11
Laitesähkö	1 252	34	128	18
Yleiset rakennukset	10	0	1	0
Kunnallistekniikka	69	2	7	1
Henkilöauto	384	10	101	14
Linja-auto	32	1	9	1
yhteensä	3 691	100	724	100

TAULUKKO 20. Osa-alueiden 2, 3 ja 4 laskennallinen energiankulutus ja päästöt uusien pientalojen vaihtoehdossa VE0+b. Kaukolämmön päästöt on laskettu vuoden 2012 tilanteen mukaan

VE0+b, uudisrakennukset	Primäärienergiankulutus		Päästöt	
	MWh/v	%	tonnia CO ₂ - ekv/v	%
Lämmitys, muu	86	19	22	27
Käyttövesi, muu	51	11	13	16
Laitesähkö	207	46	21	26
Kunnallistekniikka	11	3	1	1
Henkilöauto	85	19	22	27
Linja-auto	7	2	2	2
yhteensä	446	100	81	100

TAULUKKO 21. Osa-alueen 1 laskennallinen energiankulutus ja päästöt uusien pienkerrostalojen vaihtoehdossa VE1. Kaukolämmön päästöt on laskettu vuoden 2012 tilanteen mukaan

VE1, osa-alue 1	Primäärienergiankulutus		Päästöt	
	MWh/v	%	tonnia CO ₂ - ekv/v	%
Lämmitys, muu	29	18	7	24
Käyttövesi, muu	17	11	4	14
Laitesähkö	70	43	7	24
Kunnallistekniikka	5	3	1	2
Henkilöauto	38	24	10	33
Linja-auto	3	2	1	3
yhteensä	163	100	30	100

TAULUKKO 22. Osa-alueen 5 laskennallinen energiankulutus ja päästöt uusien pienkerrostalojen vaihtoehdossa VE1. Kaukolämmön päästöt on laskettu vuoden 2012 tilanteen mukaan

VE1, osa-alue 5	Primäärienergiankulutus		Päästöt	
	MWh/v	%	tonnia CO ₂ - ekv/v	%
Lämmitys	182	18	47	25
Käyttövesi	108	11	28	15
Laitesähkö	440	43	45	24
Kunnallistekniikka	30	3	3	2
Henkilöauto	228	23	60	32
Linja-auto	19	2	5	3
yhteensä	1 007	100	188	100

TAULUKKO 23. Osa-alueen 1 laskennallinen energiankulutus ja päästöt uusien pientalojen vaihtoehdossa VE2. Kaukolämmön päästöt on laskettu vuoden 2012 tilanteen mukaan

VE2, osa-alue 1	Primäärienergiankulutus		Päästöt	
	MWh/v	%	tonnia CO ₂ -ekv/v	%
Lämmitys	23	18	6	25
Käyttövesi	14	11	3	15
Laitesähkö	55	44	6	24
Kunnallistekniikka	4	3	0,4	2
Henkilöauto	28	22	32	32
Linja-auto	2	2	3	3
yhteensä	126	100	23,4	100

TAULUKKO 24. Osa-alueen 5 laskennallinen energiankulutus ja päästöt uusien pientalojen vaihtoehdossa VE2. Kaukolämmön päästöt on laskettu vuoden 2012 tilanteen mukaan

VE2, osa-alue 5	Primäärienergiankulutus		Päästöt	
	MWh/v	%	tonnia CO ₂ -ekv/v	%
Lämmitys	91	19	23	9
Käyttövesi	54	12	14	18
Laitesähkö	221	47	22	35
Kunnallistekniikka	11	2	1	2
Henkilöauto	85	18	22	34
Linja-auto	7	1	2	3
yhteensä	469	100	85	100

TAULUKKO 25. Yhteenvedo vaihtoehtojen vaikutuksesta suunnittelualueen kokonaisenergiankulutukseen ja -päästöihin

Vaihtoehto	Primäärienergian-	Päästöt	
	kulutus	tonnia CO ₂ -ekv/v	kg CO ₂ -ekv/as, v
	MWh/v		
VE0	2 515	577	4 894
VE0 ja VE1	3 685 (+46,5 %)	795 (+38 %)	3 459 (-29 %)
VE0 ja VE2	3 110 (+23,5 %)	685 (+19 %)	4 133 (-16 %)
VE0+	4 137 (+64,5 %)	805 (+39,5 %)	4 067 (-17 %)
VE0+ ja VE1	5 307 (+111 %)	1 023 (+77 %)	3 301 (-33 %)
VE0+ ja VE2	4 732 (+88 %)	913 (+58 %)	3 714 (-24 %)

Kaikista rakentamisen vaihtoehdoista vähiten alueen kokonaisenergiankulutusta ja -päästöjä lisäisi osa-alueiden 1 ja 5 rakentaminen pientaloilla (VE0+ ja VE2) ja eniten osa-alueiden 2, 3 ja 4 rakennusten laajentaminen ja täydennysrakentaminen pientaloilla yhdistettynä osa-alueiden 1 ja 5 rakentamiseen pienkerrostaloilla

(VE0+ ja VE1) (Taulukko 25). Asukaskohtaisia päästöjä tarkasteltaessa tilanne olisi päinvastainen.

TAULUKKO 26. Elävän ja kuolleen puuston hiilidioksidivarastot ja puustoon vuosittain sitoutuvan hiilidioksidin määrä (tonnia)

	Osa-alue 1	Osa-alue 5
Elävä puusto	42,0	388,6
Lahopuu	0,8	4,5
Vuotuinen hiilensidonta	2,2	12,2

TAULUKKO 27. Puumateriaalin käytöllä saavutettavat päästövähennykset ja metsien hiilivarastojen korvaavuuden kestoajat osa-alueittain eri vaihtoehdoissa
* = osa-alue on jo raivattu, joten alueen täydennysrakentamisella saavutettua päästövähennystä voidaan käyttää korvaamaan muiden alueiden päästöjä

Osa-alue	Vaihtoehto	Päästövähennys tonnia CO ₂	Kesto aika v
1	VE1	290,1	112
1	VE2	229,0	85
2-4	VE0+	858,8	-*
5	VE1	1 827,3	118
5	VE2	916,0	43

9.3 Hiilinielut

Elävään ja kuolleeseen puustoon on varastoitunut hiilidioksidia noin 43 tonnia osa-alueella 1 ja noin 393 tonnia osa-alueella 5 (Taulukko 26). Valtapuusto sitoo hiilidioksidia vuositason tasolla noin 2 tonnia osa-alueella 1 ja noin 12 tonnia osa-alueella 5. Tulokset näyttäisivät osoittavan, että rakentamalla uusien alueiden uudisrakennukset puusta voitaisiin hiilidioksidipäästöjä vähentää noin 230-1830 tonnia rakentamisen määrästä riippuen ja korvata siten metsän kaadosta aiheutuneet päästöt useiksi vuosikymmeniksi (Taulukko 27). Korvaavuuden kesto aika on kuitenkin pitempi pienkerrostaloilla kuin omakotitaloilla. Tuloksista voi myös päätellä, että puutaloilla toteutettavasta täydennysrakentamisesta saavutettavilla päästövähennyksillä voitaisiin kompensoida viheralueille tapahtuvan lisärakentamisen päästöjä. Näin ollen kaupungin tasolla tarkasteltuna myös keveämmän, omakotitaloilla tapahtuvan lisärakentamisen aiheuttamat päästöt saataisiin korvattua pitemmältä ajalta.

9.4 Herkkyystarkastelut

Herkkyystarkastelun tulokset osoittavat, että alueen rakennusten perusparannus A-energialuokkaan tai siirtyminen sähkö- ja öljylämmityksestä kaukolämmitykseen vähentäisi laskennallisia päästöjä jo vajaalla kolmanneksella (Taulukko 28). Molempien toimenpiteiden yhteisvaikutuksena päästöt vähenisivät lähes puolella. Vaikka rakennusoikeuden sallimaan maksimiin toteutettu asuinrakennusten laajentaminen koko suunnittelualueella ei olekaan realistinen vaihtoehto, osoittavat tulokset, että rakennusten laajentamisen aiheuttaman energiankulutuksen ja päästöjen lisääntymisen kompensoiminen edellyttäisi vähintään A-energiatehokkuusluokan saavuttamista ja lämmitysmuodon vaihtamista (Taulukko 29). Energiakorjauksiin houkutteleva lisärakennusoikeutta myöntämällä ei siten välttämättä vähennä päästöjä aluetasolla, jollei rakennusten energiatehokkuutta samalla paranneta huomattavasti alkuperäisestä.

TAULUKKO 28. Herkkyystarkastelut vaihtoehdolle VE0 eli nykytilanteelle

VE0	Primäärienergian- kulutus MWh/v	Päästöt	
		tonnia CO ₂ -ekv/v	kg CO ₂ -ekv/as, v
Nykyiset lämmitysjärjestelmät	2 515	577	4 894
Kaukolämpö	2 127 (-15 %)	409 (-29 %)	3 468
ET-luokka A	1 945 (-23 %)	400 (-31 %)	3 388
ET-luokka A, kaukolämpö	1 736 (-31 %)	309 (-46 %)	2 616

TAULUKKO 29. Herkkyystarkastelut vaihtoehdolle VE0+a eli osa-alueiden 2, 3 ja 4 rakennusten laajentamiselle

VE0+a, laajennukset	Primäärienergian- kulutus MWh/v	Päästöt	
		tonnia CO ₂ -ekv/v	kg CO ₂ -ekv/as, v
Nykyiset lämmitysjärjestelmät	3 691	724	4 468
Kaukolämpö	3 107 (-16 %)	595 (-18 %)	3 674
ET-luokka A	2 907 (-21 %)	599 (-17 %)	3 701
ET-luokka A, kaukolämpö	2 566 (-30 %)	456 (-37 %)	2 815
Matalaenergia, kaukolämpö	2 411 (-35 %)	424 (-41 %)	2 617
Passiivenergia, kaukolämpö	2 245 (-39 %)	374 (-48 %)	2 306

Herkkyysanalyysien mukaan maalämpö on päästövaikutuksiltaan hiukan kaukolämpöä parempi Lahdessa, mutta puu on niihin verrattuna ylivoimainen. Puulämmityksellä voitaisiin vähentää alueellisia päästöjä jopa lähes 40 prosentilla. Mer-

killepantavaa on, että puulämmitteisissä uudisrakennuksissa energiatehokkuuden parantaminen matalaenergia- ja passiivitasolle ei enää mainittavasti vähennä aluetasoisia päästöjä. Myös muilla lämmitysmuodoilla energiatehokkuuden parantamisella saavutettava vähennys on vain 1-12 tonnia. Toinen merkittävä havainto on, että rakentaminen autovyöhykkeelle voi lisätä energiankulutusta ja päästöjä jopa kolmekymmentä prosenttia jalankulun reunavyöhykkeeseen verrattuna (Taulukot 30–34). Päästöissä tämä tarkoittaa siis jopa noin 50 ekvivalenttisen hiilidioksiditonin lisäystä, mikä osoittaa, että ihmisten sijoittamisella keskustojen tai ala-keskusten jalankulkuvyöhykkeelle tai sen reunalle on suuri merkitys; mitä enemmän ihmisiä sen suurempi vaikutus. Toisaalta tulokset osoittavat myös, että autovyöhykkeellekin voi rakentaa päästöjen kasvamatta, mikäli energiatehokkuuteen rakennukseen valitaan vähän päästöjä tuottava lämmitysmuoto. Kaupunkitasolla liikenteen päästöjen merkittävä vähentäminen edellyttää kuitenkin autovyöhykkeelle rakentamisen vähentämistä. Tämän herkkyyssanalyysin mukaan ajoneuvojen polttomoottoritekniikan kehittymisen vaikutus päästöihin on noin yksi prosentti (tulosta ei näytetty), joten vain uusiutuvan energian käytön lisäämisellä on merkitystä ajoneuvokannan päästöjen kehittymiseen tulevaisuudessa. Uusiutuvalla energialla ja sähkön säästöllä on suuri merkitys myös rakennusten laitesähkökulutuksen ja sen aiheuttamien aluetason päästöjen kehittymiseen.

TAULUKKO 30. Herkkyyssanalyysit vaihtoehdolle VE0+b eli osa-alueiden 2, 3 ja 4 täydennysrakentamiselle pientaloilla

VE0+b, uudisrakennukset	Primäärienergian-	Päästöt	
	kulutus	tonnia CO ₂ -	kg CO ₂ -ekv/as,
	MWh/v	ekv/v	v
ET-luokka A, kaukolämpö	446	81	2 262
ET-luokka A, kaukolämpö, joukko-	481 (+8 %)	91 (+12 %)	2 520
liikennevyöhykkeellä			
ET-luokka A, kaukolämpö, auto-	519 (+16 %)	101 (+20 %)	2 796
vyöhykkeellä			
ET-luokka A, puu	407 (-9 %)	50 (-38 %)	1 386
ET-luokka A, puu, joukkoliikenne-	442 (-1 %)	59 (-27 %)	1 644
vyöhykkeellä			
ET-luokka A, puu, autovyöhykkeellä	480 (+8 %)	69 (-15 %)	1 920
ET-luokka A, maalämpö	433 (-3 %)	71 (-12 %)	1 975
Matalaenergia, kaukolämpö	426 (-4 %)	76 (-6 %)	2 121
Matalaenergia, puu	393 (-12 %)	49 (-40 %)	1 372
Matalaenergia, maalämpö	417 (-7 %)	68 (-16 %)	1 885
Passiivienergia, kaukolämpö	393 (-12 %)	68 (-16 %)	1 886
Passiivienergia, puu	370 (-17 %)	49 (-40 %)	1 348

VE0+b, uudisrakennukset	Primäärienergian-	Päästöt	
	kulutus MWh/v	tonnia CO ₂ - ekv/v	kg CO ₂ -ekv/as, v
Passiivienergia, maalämpö	390 (-13 %)	62 (-23 %)	1 736

Metsien raivaaminen rakentamiselle lisää vuositasolla päästöjä noin 2 tonnia osa-alueella 1 ja noin 12 tonnia osa-alueella 5 (Taulukko 26). Maanpäällisten hiilinielujen hävittäminen siis heikentää alueen rakennusten energiatehokkuuden tehostamistoimenpiteiden vaikutusta ja voi rakennustyypistä riippuen lisätä asukaskohtaisia päästöjä jopa yli 300 kg vuodessa (Taulukot 30–34). Tämän lisäksi tulee ottaa huomioon, että vaikutuksia maaperän hiilinieluihin ei vielä varmuudella tunneta.

TAULUKKO 31. Herkkyystarkastelut osa-alueen 1 vaihtoehdolle VE1 eli lisärakentamiselle pienkerrostaloilla. ev = ei vaikutusta

VE1, osa-alue 1	Primäärienergian-	Päästöt	
	kulutus MWh/v	tonnia CO ₂ - ekv/v	kg CO ₂ -ekv/as, v
ET-luokka A, kaukolämpö	163	30	1903
ET-luokka A, kaukolämpö, joukkoliikennevyöhyke	179 (+10 %)	35 (+17 %)	2 167
ET-luokka A, kaukolämpö, autovyöhyke	196 (+20 %)	39 (+30 %)	2 449
ET-luokka A, puu	149 (-9 %)	20 (-33 %)	1 237
ET-luokka A, puu, joukkoliikennevyöhykkeellä	165 (+1 %)	24 (-20 %)	1 501
ET-luokka A, puu, autovyöhykkeellä	183 (+12 %)	29 (-3 %)	1 783
ET-luokka A, maalämpö	158 (-3 %)	27 (-10 %)	1 684
Matalaenergia, kaukolämpö	156 (-4 %)	29 (-3 %)	1 796
Matalaenergia, puu	145 (-11 %)	20 (-33 %)	1 226
Matalaenergia, maalämpö	152 (-7 %)	26 (-13 %)	1 722
Passiivienergia, kaukolämpö	144 (-12 %)	26 (-13 %)	1 723
Passiivienergia, puu	137 (-16 %)	19 (-37 %)	1 208
Passiivienergia, maalämpö	144 (-12 %)	24 (-20 %)	1 503
Metsien hiilinielun vähenemä	ev	+2	+138

TAULUKKO 32. Herkkyystarkastelut osa-alueen 1 vaihtoehdolle VE2 eli lisärakentamiselle pientaloilla. ev = ei vaikutusta

VE2, osa-alue 1	Primäärienergian-	Päästöt	
	kulutus	tonnia CO ₂ -	kg CO ₂ -ekv/as,
	MWh/v	ekv/v	v
ET-luokka A, kaukolämpö	126	23	1 950
ET-luokka A, kaukolämpö, joukkoliikennevyöhyke	138 (+10 %)	26 (+13 %)	2 208
ET-luokka A, kaukolämpö, autovyöhyke	150 (+19 %)	30 (+30 %)	2 484
ET-luokka A, puu	115 (-9 %)	15 (-35 %)	1 249
ET-luokka A, puu, joukkoliikennevyöhykkeellä	127 (+1 %)	18 (-22 %)	1 507
ET-luokka A, puu, autovyöhykkeellä	140 (+11 %)	21 (-9 %)	1 783
ET-luokka A, maalämpö	122 (-3 %)	21 (-9 %)	1 720
Matalaenergia, kaukolämpö	121 (-4 %)	22 (-4 %)	1 837
Matalaenergia, puu	112 (-11 %)	15 (-35 %)	1 238
Matalaenergia, maalämpö	118 (-6 %)	20 (-13 %)	1 649
Passiivienergia, kaukolämpö	112 (-11 %)	20 (-13 %)	1 649
Passiivienergia, puu	105 (-17 %)	15 (-35 %)	1 219
Passiivienergia, maalämpö	112 (-11 %)	18 (-22 %)	1 529
Metsien hiilinielun vähenemä	ev	+2	+183

TAULUKKO 33. Herkkyystarkastelut osa-alueen 5 vaihtoehdolle VE1 eli lisärakentamiselle pienkerrostaloilla. ev = ei vaikutusta

VE1, osa-alue 5	Primäärienergian-	Päästöt	
	kulutus	tonnia CO ₂ -	kg CO ₂ -ekv/as,
	MWh/v	ekv/v	v
ET-luokka A, kaukolämpö	1 007	188	1 954
ET-luokka A, kaukolämpö, joukkoliikennevyöhyke	1 102 (+9 %)	213 (+13 %)	2 215
ET-luokka A, kaukolämpö, autovyöhyke	1 204 (+20 %)	239 (+27 %)	2 494
ET-luokka A, puu	924 (-8 %)	121 (-36 %)	1 255
ET-luokka A, puu, joukkoliikennevyöhykkeellä	1 019 (+1 %)	146 (-22 %)	1 516
ET-luokka A, puu, autovyöhykkeellä	1 116 (+11 %)	172 (-9 %)	1 793
ET-luokka A, maalämpö	980 (-3 %)	166 (-12 %)	1 725
Matalaenergia, kaukolämpö	965 (-4 %)	177 (-6 %)	1 842
Matalaenergia, puu	894 (-11 %)	119 (-37 %)	1 244
Matalaenergia, maalämpö	946 (-6 %)	159 (-15 %)	1 654
Passiivienergia, kaukolämpö	895 (-11 %)	159 (-15 %)	1 654
Passiivienergia, puu	844 (-16 %)	118 (-37 %)	1 225
Passiivienergia, maalämpö	889 (-12 %)	147 (-22 %)	1 535
Metsien hiilinielun vähenemä	ev	+12	+127

TAULUKKO 34. Herkkyystarkastelut osa-alueen 5 vaihtoehdolle VE2 eli lisärakentamiselle pientaloilla. ev = ei vaikutusta

VE2, osa-alue 5	Primäärienergian-	Päästöt	
	kulutus MWh/v	tonnia CO ₂ - ekv/v	kg CO ₂ -ekv/as, v
ET-luokka A, kaukolämpö	469	85	2 366
ET-luokka A, kaukolämpö, joukkoliikennevyöhyke	504 (+7 %)	94 (+11 %)	2 624
ET-luokka A, kaukolämpö, autovyöhyke	542 (+16 %)	104 (+22 %)	2 900
ET-luokka A, puu	427 (-9 %)	52 (-39 %)	1 431
ET-luokka A, puu, joukkoliikennevyöhykkeellä	463 (-1 %)	61 (-28 %)	1 689
ET-luokka A, puu, autovyöhykkeellä	500 (+7 %)	71 (-16 %)	1 966
ET-luokka A, maalämpö	455 (-3 %)	74 (-13 %)	2 060
Matalaenergia, kaukolämpö	448 (-4 %)	80 (-6 %)	2 215
Matalaenergia, puu	412 (-12 %)	51 (-40 %)	1 416
Matalaenergia, maalämpö	438 (-7 %)	71 (-16 %)	1 964
Passiivenergia, kaukolämpö	413 (-12 %)	71 (-16 %)	1 965
Passiivenergia, puu	387 (-17 %)	50 (-41 %)	1 391
Passiivenergia, maalämpö	409 (-13 %)	65 (-24 %)	1 805
Metsien hiilinielun vähenemä	ev	+12	+338

10 LUONNOSVAIHTOEHTOJEN MUUT VAIKUTUKSET

Asemakaavan luonnosten vaihtoehtojen vaikutuksia ja niiden merkittävyyttä arviointiin lyhyesti pääpiirteittäin Henrikssonin ja Jääskeläisen (2006, 94 - 95) mukaisesti taulukossa 36 hyödyntäen vaikutusten arvioinneista julkaistuja oppaita (esimerkiksi Paldanius, Tallskog, Maijala, Riipinen & Sairinen 2006 viitteinen).

TAULUKKO 35. Vaikutusten arvioinnissa käytetyt merkinnät selityksineen

Merkintä	Merkittävyys
++	merkittävä hyödyllinen vaikutus
+	hyödyllinen vaikutus
0	neutraali tai hyvin vähäinen vaikutus
-	haitallinen vaikutus
--	merkittävä haitallinen vaikutus

TAULUKKO 36. Asemakaavan luonnosvaihtoehtojen arvioidut vaikutukset ja niiden merkittävyys

Rakennettu ympäristö					
Kaavaluonnokset mahdollistavat yhdyskuntarakenteen tiivistämisen täydennys- ja lisärakentamisella, asukasmäärän lisäyksen keskustan läheisyydessä sekä monipuolisen ja luonnonläheisen, eri väestöryhmiä palvelevan asuntotuotannon erityisesti vaihtoehdossa VE1. Alueen ikärakenne muuttuu etenkin lapsiperheiden muuttaessa alueelle. Asukasmäärän kasvu lisää palvelujen ja joukkoliikenteen kysyntää ja varmistaa niiden säilymisen. Monipuolinen asuin ympäristö lisää mahdollisuuksia sosiaalisten suhteiden syntymiselle. Asumiseen tarkoitettu alue voi mahdollistaa pienimuotoisen yritystoiminnan, mutta ei luo merkittävästi työpaikkoja. Laajeneva rakentaminen heikentää viheralueiden virkistyspalveluja, vaatii investointeja katuverkkoon ja kunnallistekniikkaan sekä lisää kunnallisteknisen ja katuverkoston kuormitusta. Laajentuva asutus ja lisääntyvä liikenne lisäävät ympäristöhäiriöitä, mutta toisaalta tiivistyvä yhdyskuntarakenne vähentää energiankulutusta sekä päästöjä ja hillitsee siten ilmastonmuutosta. Täydennysrakentaminen on sijoitettu siten, etteivät rakennetun kulttuuriympäristön arvokkaat ominaisuudet vaarannu. Lisärakentaminen osa-alueelle 5 muuttaa katunäkymää Suopuistontien itäosassa uuden katuyhteyden vuoksi.					
Vaihtoehto Osa-alue(et)	VE0+a/b 2, 3, 4	VE1 1	VE1 5	VE2 1	VE2 5
Väestön rakenne ja kehitys kaava- alueella	++	+	++	+	++
Yhdyskuntarakenne	++	+	++	+	++
Kaupunkikuva	0	+	0	0	0
Asuminen	++	+	++	+	++
Palvelut	++	+	++	+	++
Työpaikat ja elinkeinotoiminta	0	0	0	0	0
Virkistys	0	-	--	-	--
Liikenteen järjestäminen	-	0	-	0	-
Rakennettu kulttuuriympäristö	0	0	0	0	0
Tekninen huolto	+	0	-	0	-
Ympäristönsuojelu ja ympäristöhäi- riöt	++	+	+	+	+
Sosiaalinen ympäristö	++	+	++	+	++
Luonto ja luonnonympäristö					

Lisärakentaminen muuttaa metsämaisemaa rakennetuksi maisemaksi ja muuttaa pysyvästi alueen luonnonoloja, pienilmastoa, veden kiertoa ja metsätalouden edellytyksiä. Viheralueille rakentaminen vähentää luonnon monimuotoisuutta ja heikentää alueen tarjoamia ekosysteemipalveluja, kuten virkistyspalveluja.					
Vaihtoehto	VE0+a/b	VE1	VE1	VE2	VE2
Osa-alue(et)	2, 3, 4	1	5	1	5
Maisema	0	-	-	-	-
Luonnonolot	0	-	--	-	--
Luonnon monimuotoisuus ja ekosysteemipalvelut	0	-	--	-	--
Pienilmasto	0	-	-	-	-
Vesistöt ja vesitalous	-	-	--	-	--
Maa- ja metsätalous	0	-	--	-	--
Luonnonsuojelu	0	0	--	0	--
Talous					
Täydennys- ja lisärakentaminen edellyttää investointeja ja lisää infrastruktuurin rakentamisesta ja ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia, mutta toisaalta tiivistyvä yhdyskuntarakenne tehostaa nykyisen infrastruktuurin käyttöä ja asukkaiden määrän kasvaminen lisää alueelta saatavia verotuloja. Hyvät kulkuyhteydet vähentävät yksityistalouksien liikkumiskustannuksia ja kakkosauton tarvetta.					
Vaihtoehto	VE0+a/b	VE1	VE1	VE2	VE2
Osa-alue(et)	2, 3, 4	1	5	1	5
Talous lyhyellä aikavälillä	0	0	-	0	-
Talous pitkällä aikavälillä	+	+	+	+	+
Yksityistaloudelliset kustannukset	+	+	+	+	+
Terveyttä ja turvallisuus					
Kasvava asukasmäärä lisää liikennemääriä kapeilla kaduilla ja heikentää siten liikenneturvallisuutta. Täydennys- ja lisärakentaminen kasvattaa hulevesimääriä ja pintavesien kiintoaines- ja ravinnekuormia. Kasvava ajoneuvoliikenne ja puun poltto tuottavat kaasumaisia ja hiukkaspäästöjä hengitysilmaan, mutta toisaalta uusissa rakennuksissa voidaan nauttia terveellisestä sisäilmasta oikeilla materiaalivalinnoilla ja tuloilman suodatuksella.					
Vaihtoehto	VE0+a/b	VE1	VE1	VE2	VE2
Osa-alue(et)	2, 3, 4	1	5	1	5
Liikenneturvallisuus	-	0	-	0	-
Ihmisten elinolot ja terveys	0	0	0	0	0
Ympäristön puhtaus	0	0	-	0	-
Eri väestöryhmien toimintamahdollisuudet					
Väestön ikärakenne monipuolistuu asukasmäärän kasvaessa. Monipuolinen asuntotarjonta parantaa eri väestöryhmien asettumista alueelle tarjoamalla mahdollisuuden muun muassa esteettömään asumiseen tai elinkaariasumiseen.					
Vaihtoehto	VE0+a/b	VE1	VE1	VE2	VE2
Osa-alue(et)	2, 3, 4	1	5	1	5
Asukkaiden määrän muutokset	++	+	++	+	++
Asukkaiden ikärakenteen muutokset	++	++	++	++	++
Eri väestöryhmien toimintamahdollisuuksien paraneminen tai heikkeneminen	0	+	+	0	0
Sosiaaliset olot	++	++	+	++	+
Keskustan tuntumassa oleva vihreä pientaloalue houkuttelee todennäköisesti koulutettua, hyvin toimeentulevaa väestöä, joka etsii elämänlaadulle parannusta. Pienkerrostalovaihtoehdon monipuolinen asuntotarjonta mahdollistaa myös muihin sosiaalisiin ryhmiin kuuluvien asettumisen alueelle. Muuttajien joukossa on todennäköisesti paljon lapsiperheitä, joten alueen elämä tulee vilkastumaan rakentamisen ja muun toiminnan lisääntymisen myötä. Tämä ei välttämättä miellytä kaikkia nykyisiä asukkaita, jotka ovat tottuneet rauhallisiin oloihin. Keskimääräisesti asukkaiden hyvinvointi ja viihtyvyys tulevat kuitenkin paranemaan ja alueen arvostus lisääntyy, sillä ympäristö on esteettisesti miellyttävää, palvelut ovat lähellä, liikkuminen on helppoa ja mm. virkistysmahdollisuudet ovat hyvät.					
Kulttuuri	0	0	0	0	0
Alueen kulttuuriarvot säilyvät.					

11 RAKENTAMISTAPAOHJEIDEN LUONNOS

Rakentamistapaohjeiden luonnos on laadittu yhteistyössä maankäytön, kaupunginmuseon ja rakennusvalvonnan viranomaisten kanssa. Näissä ohjeissa pääpaino on energiatehokkaaseen rakentamiseen ja ilmastonmuutoksen hillintään (energia- ja päästömääräykset) ja muutoksen vaikutuksiin varautumiseen (mm. hulevesien hallinta ja luonnon monimuotoisuus) liittyvissä asioissa. Luonnoksen laadinnassa on käytetty apuna muun muassa Kankaanpään Pitkämäkeen, Vihdin Linnanniittuun, Helsingin Viikin Latokartanoon, Lahden Anttilanmäkeen ja Kangasalan Hakapeltoon laadittuja rakentamistapaohjeita, Lahden Kariston suunnitteluohjeita sekä tieteellisiä tutkimuksia.

Luonnostekstissä on esitetty tontinomistajaa sitovat toimenpiteet kursiivilla ja ratkaisujen mahdolliset perustelut normaalitekstillä. Luonnostekstin yhteydessä on mainittu, mikä osa ohjeista on laadittu koskemaan vain tiettyä osa-aluetta.

11.1 Rakentamistapaohjeiden tarkoitus

Näiden rakentamistapaohjeiden tarkoituksena on edistää Kiveriön kaupunginosan kulttuurihistoriallisesti arvokkaan Suopuiston aluekokonaisuuden energiatehokkuuden parantamista ja täydennysrakentamisen sopeutumista asuntoalueen rakennettuun sekä luonnon- ja kulttuuriympäristöön ja ilmastonmuutokseen. Ohjeiden tavoitteena on opastaa rakennuttajia ja suunnittelijoita hyviin suunnitteluratkaisuihin ja ohjata rakentajia ja korjaajia säilyttämään alueen kulttuurihistoriallisesti arvokas ympäristö. Alueen ympäristön säilymisen kannalta on tärkeää, että pihojen ja muiden alueiden runsas kasvillisuus sekä katunäkymät säilyvät. Tontin omistaja on velvollinen noudattamaan näitä rakentamistapaohjeita. Lahden seudun rakennuslautakunta ja rakennusvalvonta valvovat ohjeiden noudattamista. Tontin rakennuttajan on saatettava nämä rakentamistapaohjeet suunnittelijoiden tiedoksi.

11.2 Alueen ominaispiirteet

Suopuiston pientaloalue sijaitsee Lahdessa Kiveriön kaupunginosan pohjoisreunalla, kattilamaisen laakson pohjalla ja rinteillä. Kelohongantie ja Suopuistontien pohjoispuoli ovat paikallisesti arvokkaita kulttuuriympäristöjä, joiden ominaispiirteitä ovat kapeahkot, loivasti kaartuvat kadut, mäntymaasto, vehmas kasvillisuus sekä säännöllisesti sijoitetut tyyppitalot. Osa Suopuistontien kortteleista on suojeltu asemakaavalla.

11.3 Täydennys- ja lisärakentaminen

11.3.1 Uudisrakennusten sijoitus tontille, suuntaus ja sovitus maastoon

Osa-aluetta 1 koskevat ohjeet

Rakennus on sijoitettava kadun suuntaisesti kaavan rakennusosalalle kadun puoleiseen reunaan kiinni. Katon päämassan harjalinjan tulee olla kadun suuntainen. Rakennus on porrastettava maaston mukaan. Rakennuksen lattian taso tulee valita siten, että hulevedet voidaan ohjata kallistuksin rakennuksen luota. Rakennuslupaa haettaessa tulee rakennusvalvonnasta selvittää naapuritonttien korkeusasemat ja sovittaa oman rakennuksen korkeusasemat niihin. Tontin rajaon sijoitettavilta talousrakennuksilta edellytetään palomääräysten mukaisia rakenteita.

Osa-aluetta 2, 3, ja 4 koskevat ohjeet

Rakennus on sijoitettava ja suunnattava alueen muiden rakennusten kanssa yhtenevällä tavalla. Rakennuksen lattian taso tulee valita siten, että hulevedet voidaan ohjata kallistuksin rakennuksen luota. Rakennuslupaa haettaessa tulee rakennusvalvonnasta selvittää naapuritonttien korkeusasemat ja sovittaa oman rakennuksen korkeusasemat niihin.

Osa-aluetta 5 koskevat ohjeet

Asuinrakennusten pitkä julkisivu suunnataan ensisijaisesti kaakon ja lounaan välille. Tonteilla, jossa rakennuksen paikkaa ei ole määrätty nuolimerkinnällä, rakennus tulee sijoittaa rakennusosalalle siten, että pihan oleskelualueet sijoittuvat rakennuksen aurinkoiselle puolelle. Rinnetontille ei sallita tasamaarakennusta. Loivarinteisellä tontilla, jolla ei päädytä rinneratkaisuun, tulee rakennuksen latti-

an taso porrastaa ja rakennus sovittaa maaston mukaan. Rakennuksen lattian taso tulee valita siten, että hulevedet voidaan ohjata kallistuksin rakennuksen luota. Rakennuslupaa haettaessa tulee rakennusvalvonnasta selvittää naapuritonttien korkeusasemat ja sovittaa oman rakennuksen korkeusasemat niihin. Tontin rajaan sijoitettavilta talousrakennuksilta edellytetään palomääräysten mukaisia rakenteita.

Suotuisalla pienilmastolla on vaikutusta sekä energiatehokkuuteen että viihtyisyyteen (Kuismanen 2005, 23, 31). Rakennusten suuntauksella voidaan vaikuttaa aurinkoenergian passiiviseen ja aktiiviseen hyödyntämiseen muun muassa huomioidamalla energiantuoton ajalliset vaihtelut (esimerkiksi Flinck 2010, 22).

11.3.2 Koko ja muoto (massoittelu)

Uudisrakennuksen ulkovaipan suhde asuinpinta-alaan tulisi olla mahdollisimman pieni eli rakennuksen muodon tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen. Pohjan lyhyen sivun suhde pitkään tulisi olla noin 2:3. Asuinrakennuksien rungon syvyys tulisi olla noin 1½-2 huonetta (6-8m). Hyvästä arkkitehtuurista ja tarkoituksenmukaisesta tilojen järjestelystä ei tule kuitenkaan luopua optimaalisen muodon saavuttamiseksi.

Osa-aluetta 1 koskevat ohjeet

Uudisrakennusten tulisi koolla ja muodolla muodostaa yhdistävä tekijä Katajakadun kahdeksankerroksisten kerrostalojen ja Kelohongantien yksikerroksisten pientalojen välille.

Osa-aluetta 2, 3, ja 4 koskevat ohjeet

Uudisrakennusten koon ja muodon on sopeuduttava ympäröivään rakennuskantaan.

Rakennuksen koko ja muoto vaikuttaa vaipan pinta-alaan ja sitä kautta rakennuksen lämmitysenergiankulutukseen (Rajala ym. 2010, 44). Passiivitaloissa energia-

tehokkuus perustuu lämpöhäviöiden pienentämiseen, minkä vuoksi niiden muotoilu voi olla vapaampaa.

11.3.3 Kerrosluku

Talusrakennukset ovat yksikerroksisia, mutta rinteessä ne voidaan sijoittaa siten, että muodostuu varastotilaa tai maakellari.

Osa-aluetta 1 koskevat ohjeet

Pientaloissa on enintään puolitoista kerrosta, ja pienkerrostaloissa on enintään kolme kerrosta. Rinnetontilla rakennus tulee porrastaa.

Osa-aluetta 2-4 koskevat ohjeet

Alueen vanhoihin rakennuksiin ei saa lisätä kerroksia. Uudisrakennuksissa on enintään puolitoista kerrosta.

Osa-aluetta 5 koskevat ohjeet

Pientaloissa on kaksi täyttä kerrosta, pienkerrostaloissa on kaksi täyttä kerrosta ja enintään puolikas rinteeseen sijoittuva kerros.

Asuinrakennukset tulisi rakentaa enemmän kuin yksikerroksisina, jotta vähennettäisiin maanpinnan peittymistä ja parannettaisiin rakennuksen energiatehokkuutta.

11.3.4 Aukotus ja lämpöä varastoivat massat

75 % ikkunoiden kokonaispinta-alasta suositellaan suunnattavaksi lämpimiin ilmansuuntiin. Suuria, koko seinän korkuisia ikkunapintoja ei saa rakentaa. Rakennuksen sisällä paikoissa, jonne auringonsäteily osuu suoraan, kannattaa suosia lämpöä varastoivia rakenteita (esim. tiiliseinä tai massiivinen laattalattia). Pitkillä räystäällä, lehtipuilla ja aurinkosuojaimilla (ulkopuoliset säleiköt, sisäänvedot, kaihtimet ja luukut) voidaan suojautua liialliselta kuumuudelta.

Rakennuksen aukotus vaikuttaa auringon ilmaisenergian hyödyntämisen kautta energiatehokkuuteen. Liialliselta lämmöltä suojautumisella on merkitystä erityisesti passiivitaloissa, joissa lämpöhäviöt on pyritty minimoimaan.

11.3.5 Tilojen järjestely ja muunneltavuus

Rakennuksen tilat on suositeltavaa järjestää lämpövyöhykkeittäin. Savuhormin ja tulisijan paikka on rakennuksen keskellä, jotta lämpö leviäisi tasaisesti kaikkiin suuntiin. Keskeiset oleskelutilat sijoitetaan lämpövyöhykkeelle tulisijan ympärille ja mieluiten lämpimiin ilmansuuntiin. Varsinaisten asuinosausten ympärille voidaan luoda suojaava vyöhyke puolilämpimien tai lämmittämättömien rakenteiden kuten kuistien, viherhuoneiden ja erilaisten varastohuoneiden avulla. Tilat, joissa ei oleilla, sijoitetaan rakennuksen pohjoisen ja idän puolelle, jossa ne toimivat puskurivyöhykkeenä talon lämpimille tiloille. Rakennuksen aurinkoiselle sivulle sijoitetun suljetun kuistin tai viherhuoneen kautta voidaan ottaa korvausilmaa huoneistoon, jolloin ilman lämmittämisen tarve vähenee. Tuulikaappi tai suljettu kuisti vähentää kylmän ilman virtausta sisään ulko-ovea avattaessa.

Rakennuksen aukotus ja rakenteet tulisi suunnitella siten, ettei niihin tarvitse kajoa tilamuutosten yhteydessä. Lisäksi rakennuksessa käytetyn talotekniikan tulisi mahdollistaa myöhemmät muutokset. Väliseinien tulisi olla helposti purettavissa ja siirrettävissä elämänvaiheiden mukaan.

Rakennuksen vyöhykkeisyydellä vähennetään lämmitysenergian tarvetta. Muuntojoustavuudella saavutetaan elinkaaren aikaisia säästöjä.

11.3.6 Tiiviys, lämmöneristys ja kosteuden hallinta

Rakennuksen vaipan eli ylä- ja alapohjan sekä seinien lämmöneristyskykyyn tulee olla hyvä. Rakennuksen vaipan eri osien rakenteen lämmönläpäisevyyttä ilmaisevien u-arvojen tulee olla voimassa olevien määräysten mukaiset, mutta energiatehokkaissa rakennuksissa, kuten matalaenergia- ja passiivitaloissa vaipan u-arvot ovat Suomen rakentamismääräyskokoelmassa ilmoitettuja vähimmäisarvoja huone-

mattavasti pienemmät. Rakenteiden on myös oltava ilmatiiviit ja eri osien liittymät kuten esimerkiksi yläpohja/seinä ja ikkunakarmit/seinä tulee tiivistää hyvin ja huolehtia ettei rakenteeseen jää niin sanottuja kylmäsiltoja, joiden kautta kylmyys pääsee kulkemaan rakenteiden läpi.

Vaipan riittävän lämmöneristyksen ja tiiveyden lisäksi tulee huolehtia siitä, etteivät rakenteet altistu kosteusvaurioille. Tämä on erityisesti huomioitava niin sanotussa hengittävässä seinärakenteessa, jossa höyrynsulku on kosteutta läpäisevä. Kun seinärakenteeksi valitaan ”hengittämätön” rakenne, asennetaan kosteuseristeeksi yleensä muovi. Tällöin tulee erityisesti huolehtia siitä, että muovi säilyy rikkoutumattomana koko rakenteessa.

11.3.7 Julkisivumateriaalit ja värit

Julkisivut

Rakennusten julkisivumateriaalina tulee käyttää puuta. Ulkoseinät, ylä- ja välipohjat, huoneistojen väliset seinät ja sisäiset seinät märkätiloja lukuun ottamatta on toteutettava puurunkoisina. Ulkolaudoituksen tulee olla pääosin vähintään 28 mm paksua ja laudoituksen etäisyys maasta vähintään 40-50 cm. Lautaverhouksen tulee olla kokonaan joko pysty- tai vaakasuuntainen. Kivirakenteet hyväksytään ainoastaan märkätilojen seinissä, palomuuureissa sekä alapohjissa, kellareissa ym. maanvastaisissa rakenteissa.

Julkisivuvärien on sopeuduttava ympäröivään rakennuskantaan ja luonnonympäristöön. Perinteisten maalien, kuten puna- ja keltamultamaalien ja pellava- tai petroliöljymaalien käyttö on suositeltavaa. Väreinä voidaan käyttää myös vaaleita värejä, mutta valkoista ei suositella laajojen pintojen väriksi.

Osa-aluetta 1 ja 5 koskevat ohjeet

Kantavien rakenteiden kuormitusarvoissa on käytettävä nykynormien ylätasoa esimerkiksi ennakoitavasta tuulikuormasta.

Katot

Osa-aluetta 1-4 koskevat ohjeet

Katemateriaalina tulee käyttää sileää konesaumattua peltiä, jonka värisävyn tulee noudattaa ympäristössä käytettyä. Talousrakennuksissa suositellaan käytettäväksi myös viher- tai turvekattoa.

Osa-aluetta 5 koskevat ohjeet

Katemateriaalina tulee käyttää vaaleanharmaaksi maalattua peltiä tai viherkattoa. Talousrakennuksissa suositellaan käytettäväksi viher- tai turvekattoa.

Materiaalivalinnoissa on pyritty kiinnittämään huomiota niiden kestävyys, ympäristöystävällisyyteen, käytön turvallisuuteen ja hoidon helppouteen sekä soveltuvuuteen alueen kulttuuriympäristön piirteisiin. Vaatimukset julkisivumateriaaleista ja väreistä luovat perustan hyvän kaupunkikuvan muodostumiselle. Katon vaalea väri heijastaa auringonsäteilyä ja voi auttaa rakennuksen sisätilojen viilentämisessä, vaikkei värin heijastusvaikutuksella olekaan suoranaista merkitystä ilmastonmuutoksen hillinnässä (Ilmatieteen laitos 2011b).

Rakennusten tuulikuorma voi kasvaa ilmastonmuutoksen myötä, mikä on huomioitava rakennesuunnittelussa. Esimerkiksi Porvoon tuomiokirkon kattorakenteet suunniteltiin jälleenrakentamisen yhteydessä kestävämmän äärimmäisen kovaa, 38 m/s puhaltavaa tuulta (Berghäll & Pesu 2008, 18).

11.3.8 Kattomuoto ja -kaltevuus, räystäät

Osa-aluetta 1 koskevat ohjeet

Asuinrakennusten kattomuoto on satulakatto. Kattokaltevuuden tulee olla sellainen mitä ekologiset rakentamistavat tai järjestelmät, kuten esimerkiksi viherkatto tai aurinkokeräinten tai -paneelien asentaminen, edellyttävät. Räystääleveys on 600 mm. Julkisivun minimikorkeus kadun puolella on 3,5 metriä ja rinteiden puolella 4,5 metriä maanpinnasta.

Osa-aluetta 2, 3, ja 4 koskevat ohjeet

Asuinrakennusten kattomuoto on satulakatto. Kattokaltevuuden ja julkisivun korkeuden tulee noudattaa ympäröivissä rakennuksissa käytettyä.

Osa-aluetta 5 koskevat ohjeet

Asuinrakennusten kattomuoto on kaksilappeinen pulpettikatto. Kattokaltevuuden tulee olla sellainen mitä ekologiset rakentamistavat tai järjestelmät, kuten esimerkiksi viherkatto tai aurinkokeräinten tai –paneelien asentaminen, edellyttävät optimaalisen tuloksen saavuttamiseksi. Räystäisleveys on 600 mm. Julkisivun minimikorkeus on 4,5 metriä maanpinnasta.

Vaatimukset kattomuodosta ja julkisivun minimikorkeudesta luovat perustan hyvän kaupunkikuvan muodostumiselle (Ilveskorpi, Päivänen, Murole, Vanhanen & Airas 2007, 35, 72). Kattokaltevuuden optimoinnilla on suuri merkitys kattorakenteisiin sisällytetyn tai kiinnitetyn aurinkoenergiajärjestelmän vuosituotannolle (Flinck 2010, 22).

11.3.9 Autotallit ja -katokset, varastorakennukset

Autotalleihin, -katoksiin ja varastorakennuksiin valitaan sama julkisivu- ja runkomateriaali kuin päärakennuksessa. Kattokaltevuus voi poiketa päärakennuksen kattokaltevuudesta. Jos talousrakennus sijaitsee at-merkityllä rakennusalalla, tulee sen kattokaltevuuden olla sama kuin ympäröivissä rakennuksissa.

Osa-aluetta 1 ja 5 koskevat ohjeet

Autotallien, -katosten ja varastorakennusten kattomuoto on satulakatto tai yksilappeinen pulpettikatto. Talousrakennuksen väri voi poiketa päärakennuksesta. Yhtiömuotoisten asuinrakennusten ulkoiluvälinevaraston tms. yhteyteen varataan vähintään 3 m²:n suuruinen korjaustila, joka varustetaan polkupyörän korjaustelineellä.

Osa-alueita 2, 3, ja 4 koskevat ohjeet

Talousrakennuksen värin tulee noudattaa päärakennuksessa käytettyä.

11.4 Vanhojen rakennusten kunnossapito, korjaukset ja laajentaminen

Osa-alueita 2, 3 ja 4 koskevat ohjeet

Rakennukset tulee tarkastaa ja huoltaa säännöllisesti. Huollon ja korjausten yhteydessä tulee kiinnittää huomiota sekä materiaalien säänkestävyyteen ja helppohoitoisuuteen että niiden elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin. Korjauksen tulee perustua kuntoarvioijan pätevyyden hankkineen ammattilaisen tekemään kuntoarvioon. Suunnittelu ja korjaus on teetettävä kokeneella asiantuntijalla. Rakennusosien korjaaminen on ensisijainen vaihtoehto, purkaminen ja uusiminen on sallittua, kun korjaus ei enää ole mahdollista. Rakennusten piirteet yksityiskohtineen tulee säilyttää ja erityisesti julkisivut tulee korjata alkuperäisasua kunnioittaen. Korjausrakentamisessa suositellaan käytettäväksi samoja puupohjaisia ja hengittäviä materiaaleja sekä alkuperäisiä hyviksi koettuja työtapoja tai menetelmiä kuin alkuperäisessäkin rakennuksessa. Korjausten yhteydessä tulee ottaa huomioon, mitä tässä ohjeessa on määrätty energiatehokkuuden ja sisäilman laadun parantamisesta ja hulevesien käsittelystä. Rakennusten energiatehokkuuden parantamisessa ja lämmitysenergian säästämässä tärkeintä on rakenteen tiivistäminen ja ilmavuotojen tukkiminen. Erityisen tärkeää on tiivistää nurkat sekä lattian reuna-alueet. Lämmöneristämisen lisääminen on taloudellisesti kannattavaa yleensä vain yläpohjassa, jossa eristäminen tehdään rakenteen yläpuolelta jos se on mahdollista. Ylä- ja alapohjaa eristettäessä on varmistettava niiden riittävä tuulettuminen. Puutalon tiivistämisessä ja lisäeristyksessä rakenteiden toiminta ja hengittävyys eivät saa muuttua, minkä vuoksi epäorgaanisten aineiden, kuten kivivillan ja muovien käyttöä ei suositella muun muassa suuren kosteusvaurioriskin vuoksi. Talon lämpötaloutta ei saa parantaa myöskään siten, että rakennuksen julkisivun mittasuhteet muuttuvat. Energiatehokkuuden parantamisessa toiseksi tärkeimpänä menetelmänä on lämmitysjärjestelmän muutos esimerkiksi öljylämmityksestä biopolttoaineisiin tai kauko- tai maalämpöön.

Rakennusten laajentaminen vaatii pätevän suunnittelijan. Uuden osan sommittelu huomioimalla vanhan osan aukotus ja jako on tärkeää tasapainoisen lopputuloksen saavuttamiseksi.

Osa-aluetta 2 koskevat ohjeet

Laajennukset tulee tehdä osoitetun rakennusalan sisällä katon harjasuunnassa pihan puolelle siten, että ympäristön luonne ei olennaisesti muutu.

Osa-aluetta 3 koskevat ohjeet

Laajennukset tulee tehdä osoitetun rakennusalan sisällä katon harjasuunnassa mäen rinteeseen puolelle siten, että ympäristön luonne ei olennaisesti muutu.

Rakennusten julkisivut altistuvat auringon ultraviolettisäteilylle, ilmansaasteille ja sään vaikutuksille. Tulevaisuudessa myös äärevöityvien sääilmiöiden vaikutukset, kuten viistosateet ja jäätymis-sulamissyklin tihentyminen, tulevat rasittamaan julkisivumateriaaleja, joten rakennusten säännöllinen tarkastaminen ja huolto on tärkeää. Rakenteiden ja rakennusosien korjaukset tai uusimiset on tehtävä siten, että rakennusten ulkonäkö ei muutu merkittävästi alkuperäisestä. Energiatehokkuuden parantaminen esimerkiksi lämmöneristystä lisäämällä ei saa muuttaa rakennuksen ulkomuotoa. Rakennusten laajentamisen on oltava hallittua, jottei alueen maisemakuva oleellisesti muutu.

11.5 Lämmitys ja ilmanvaihto

11.5.1 Energian kulutustavoitteet

Uudisrakennusten kokonaisenergiankulutus (E-luku) on 1.7.2012 voimaan tulevien rakentamismääräysten mukainen. Vanhojen rakennusten korjaus- ja perusrannustoimenpiteiden tavoitteena on 20 %:n vähennys vuoden 2010 tilanteesta energiankulutuksessa ja hiilidioksidipäästöissä.

Rakennuksen E-luvulla ilmoitettava kokonaisenergiankulutus on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden (kWh/m²). Uusiutuvaa omavaraisenergiaa ei lueta ostoenergiaan, vaan se vähentää ostonenergiankulutusta. Vanhojen rakennusten energiankulutus- ja päästövähennystavoitteet ovat saavutettavissa muun muassa lämmitysmuodon vaihdoksilla tai energiansäästötoimenpiteil-

lä, kuten esimerkiksi ilmapuotojen tiivistämisellä, lisäeristämällä, ja A-energialuokan laitteilla.

11.5.2 Lämmitys- ja sähköenergian tuotantotavat

Alueen uudisrakennuksilla on velvollisuus liittyä kaukolämpöverkkoon, mikäli rakennukselle rakennuslupaa haettaessa kaukolämpöverkko on toteutettu siten, että siihen liittyminen on mahdollista rakennuspaikan välittömässä läheisyydessä. Liittymisvelvollisuus ei koske talousrakennuksia eikä rakennuksia, joiden lämmitystapa on vielä kaukolämpöäkin energiatehokkaampi tai vähäpäästöisempi eli esimerkiksi rakennukset, joiden pääasiallinen lämmitysjärjestelmä perustuu uusiutuviin energialähteisiin. Kaukolämmitettyihin rakennuksiin ei suositella asennettavaksi ilmalämpöpumppuja tai aurinkokeräimiä. Olemassa olevien asuinrakennusten fossiilisiin polttoaineisiin perustuva lämmitysjärjestelmä on vaihdettava energiatehokkaampaan tai vähäpäästöisempään järjestelmään vanhan järjestelmän uusimisen yhteydessä.

*Uudisrakennuksiin suositellaan lämmönjakelujärjestelmäksi vesikiertoista lattia-
lämmitystä, koska se on mahdollista yhdistää kaikkiin nykyään käytössä oleviin
lämmöntuotantomuotoihin ja -siirtojärjestelmiin ja niiden yhdistelmiin. Lämmitys-
järjestelmän tarve- ja kannattavuuslaskelmat tulee tehdä talo-, taloryhmä- ja
aluekohtaisesti lämmityskapasiteetin optimoimiseksi.*

*Rakennusten julkisivuun ja ulkorakenteisiin voidaan asentaa energiantuotantoon
liittyviä laitteita. Tonteille tai 30 metrin säteelle niistä ei saa asentaa vaaka-
akselista roottorimallista tuulivoimalaa. Suunnitelmiin tulee sisällyttää selvitys
sähkönkulutusta pienentävistä ratkaisuista sekä arvio uusiutuvan energian vuotui-
sesta tuotannosta.*

*Jokaisessa uudisrakennuksessa pitää olla vähintään yksi puulla toimiva lämpöä
varaava tulisija sähkökatkosten ja mahdollisten kriisiaikojen varalta, jolloin mi-
kään muu lämmitysjärjestelmä ei toimi. Vastaava varajärjestelmä tulee mahdolli-*

suuksien mukaan asentaa vanhoihin rakennuksiin niiden perusparannuksen yhteydessä, mikäli kyseistä järjestelmää ei rakennuksessa entuudestaan ole.

Kaukolämpö on lämmön ja sähkön yhteistuotannossa tuotettuna energiatehokas lämmitystapa. Ilmalämpöpumput soveltuvat sähkölämmitteisiin rakennuksiin, mutta heikentävät aurinkokeräinten ohella kauko- ja aluelämmön kannattavuutta kaukolämmitetyissä rakennuksissa.

11.5.3 Ilmanvaihtojärjestelmä ja sisäilmasto

Matalaenergiataloissa paras ratkaisu on lämmön talteenotolla varustettu tulo- ja poistoilmalaite. Ilmanvaihto voi olla myös painovoimainen, jos talon muu energiatehokkuus saadaan ns. ilmaisenergioiden käytöllä ym. keinoilla tavoitteen mukaiselle tasolle. Rakennusluvan yhteydessä on osoitettava, miten luonnonmukaisessa ilmanvaihdossa säädösten mukaiset ilmamäärät vaihtuvat rakennuksessa ja vaikuttavat energiankulutukseen.

Asuinrakennukset tulee suunnitella ja radonsuojaukset rakentaa siten, että sisäilman radonpitoisuus ei ylitä raja-arvoa 200 Bq/m^3 . Asuinrakennusten sisäilmaston tulee olla ”Sisäilmaluokitukset” tason S2 mukainen, mikä edellyttää rakennustöiltä puhtausluokkaa P1 ja ilmanvaihtotöiltä puhtausluokkaa P2. Sisäilmaan vaikuttavien rakenteiden materiaalien on täytettävä M1-luokan vaatimukset ja kiintokalusteiden päästöjen on täytettävä M2-luokan vaatimukset. Suunnitelmiin sisällytetään selvitys niistä suunnittelu- ym. ratkaisuista, joilla tavoitteet pyritään saavuttamaan ja kosteusvaurioita ehkäistään ennakolta.

Rakennuttajalle annetaan mahdollisuus valita koneellisen ja luonnonmukaisen ilmanvaihdon ja niihin kytkeytyvien, energian kulutukseen vaikuttavien seikkojen välillä. Sisäilman laatuvaatimuksilla vaikutetaan asukkaiden asumisviihtyvyyteen ja terveyteen.

11.6 Piha- ja viheralueet

Pihasuunnittelun lähtökohtana ovat maaston muodot sekä kasvillisuuden selkeys, helppohoitoisuus ja alueelliset erityispiirteet. Rakennuslupa-asiakirjoihin liitetään pihasuunnitelma, jossa esitetään säilytettävä kasvillisuus sekä suojattavat alueet ja suojaamistapa.

Osa-alueita 2 ja 3 koskevat ohjeet

Oleelliset pihalla tehtävät muutokset edellyttävät rakennuslupaviranomaisen hyväksymän pihasuunnitelman. Suunnitelmapiirros tulee liittää asemapiirroksen, jotta tontin kokonaiskäyttöä voidaan hallita. Piirros esitetään mittakaavassa 1:200.

11.6.1 Kasvillisuus

Kiinteistöjen piha-alueet suunnitellaan niin, että kasvillisuuden peittämät alueet ovat mahdollisimman suuria ja eheitä sekä luonnonmukaisia. Vain välttämättömät huolto- ja pelastusreitit toteutetaan 4 metrin levyisinä. Harvoin liikennöivät huolto- ja pelastusreitit voidaan toteuttaa reikäkivellä vahvistetulla nurmella. Istutuksissa olisi hyvä käyttää kukkivia, suomalaisia alkuperäislajeja. Valintaperusteena voidaan käyttää muun muassa kukkimisaikaa ja syysväritystä. Istutettavasta kasvillisuudesta ja kasvillisuuden hoidosta voidaan määrätä tarkemmin erillisessä maisemanhoitosuunnitelmassa.

Osa-aluetta 2, 3 ja 4 koskevat ohjeet

Kiinteistöjen pihoja hoidetaan siten, että vehmas puutarhakasvillisuus säilyy. Vanhaa pihaa kunnostettaessa tulee säilyttää tai istuttaa alueen ominaispiirteisiin soveltuvia, perinteisiä puutarhakasveja. Kiinteistöjä rajaavat pensasaidat suositellaan pidettäväksi hoidettuina.

Osa-aluetta 1 ja 5 koskevat ohjeet

Yleisillä alueilla tulee suosia luonnonkasvillisuutta luonnon monimuotoisuuden lisäämiseksi. Kiinteistöjen pihoilla suositellaan välttämään nurmialueiden perustamista ja käyttämään maaperään soveltuvia, vähän kastelua vaativia kotimaisia kasvilajeja tai -lajikkeita. Nurmialue saa kattaa enintään 50 % pihan va-

paasta tilasta (tontin ala vähennettynä rakennusten ja rakennelmien sekä päällysteiden pohjapinta-alalla). Pihaille ja yleisille alueille suositellaan istutettavaksi myös jaloja lehtipuita. Rakennusten pohjois- ja itäpuolella olisi hyvä säästää tai istuttaa tiheää puustoa, esimerkiksi havupuita, ja eteläpuolella lehtipuita. Säilytettävät puut ja niiden juuristo sekä kenttäkerroksen kasvillisuus tulee rakennusaikana suojata. Puiden istutuspaikkaa valitessa on lisäksi huomioitava puun arvioitu lopullinen koko ja kasvualustan vaatima tila. Tontin rakentamattomalle osalle suositellaan jätettäväksi myös vähintään 0,2 m³ (laho)puuta (halkaisija vähintään 300 mm) jokaista 500 neliometriä tai sen osaa kohden esimerkiksi maahan hautaamalla.

Kotimaisten kasvilajien monimuotoisuus sekä lahoppuun säästäminen lisäävät elinympäristöjä eri eliölajeille, kuten esimerkiksi perhosille ja lahottajaeliöille. Luonnon monimuotoisuudesta huolehtimalla vastataan ilmastonmuutoksen myötä maahamme leviävien tulokaslajien uhkaan, estetään lajien sukupuuttoon kuolemista ja turvataan ekosysteemipalvelujen toimivuutta. Suojaavalla kasvillisuudella voidaan vaikuttaa rakennuksen energiankulutukseen lämmitys- ja jäähdytystarvetta vähentämällä.

11.6.2 Hulevedet

Hulevedet eli sade-, sulamis- ja kuivatusvedet käsitellään ja hyödynnetään syntypaikallaan. Hulevesien hallinta tulee esittää asemapiirroksessa tai erillisessä suunnitelmassa. Hulevedet voidaan käsitellä maahan imeyttämällä, mikäli se on mahdollista maaperän ja huleveden ominaisuuksista riippuen, tai varastoida kasiteluvedeksi esimerkiksi maahan upotettuun käsipumpulla varustettuun sadevesikaivoon. Imeytysrakenteet on varustettava ylivirtaamien varalta esimerkiksi ylivuotoputkella. Mikäli imeyttäminen ei ole mahdollista, johdetaan hulevedet pintajohtamisjärjestelmien eli kourujen ja viivytävien tai suodattavien vesiaiheidien, kuten viivytys- tai suodatuspainanteiden tai -kaivantojen kautta mahdollisimman pitkiä reittejä pitkin ojiin tai sadevesiverkostoon. Suodattavat rakenteet tulee salaojittaa.

Osa-aluetta 1 koskevat ohjeet

Mikäli imeyttäminen ei ole mahdollista, johdetaan hulevedet kourujen ja viivytävien tai suodattavien vesiaiheiden, kuten viivytys- tai suodatuspainanteiden tai -kaivantojen kautta mahdollisimman pitkiä reittejä pitkin ojiin tai sadevesiverkostoon. Suodattavat rakenteet tulee salaojittaa. Paikoitusalueiden hulevedet tulee johtaa ensin öljyn- ja hiekanerottimen läpi. Poutaisen sään vallitessa kuivana olevia hulevesiaiheita on oltava mahdollista käyttää lasten leikkeihin.

Osa-aluetta 5 koskevat ohjeet

Mikäli imeyttäminen ei ole mahdollista, johdetaan hulevedet kourujen ja viivytävien tai suodattavien vesiaiheiden, kuten viivytys- tai suodatuspainanteiden tai -kaivantojen kautta mahdollisimman pitkiä reittejä pitkin ojaan ja siitä asuntoalueen eteläpuoliseen pienvesistöön. Suodattavat rakenteet tulee salaojittaa. Paikoitusalueiden hulevedet tulee johtaa ensin öljyn- ja hiekanerottimen läpi. Poutaisen sään vallitessa kuivana olevia hulevesiaiheita on oltava mahdollista käyttää lasten leikkeihin.

Hulevedet tulee Lahden rakennusjärjestyksen mukaan käsitellä ensisijaisesti tontilla. Mikäli on välttämätöntä johtaa hulevesiä yleiselle alueelle, tulee siitä sopia aluetta hallinnoivan viranomaisen kanssa.

11.6.3 Maaston muokkaus ja tukimuurit

Maaston muokkaus ei pääsääntöisesti ole sallittua. Nykyinen ja uusi korkotaso ja maaston muodot tulee esittää asemapiirroksessa. Lisäksi maanrakennustyöstä suositellaan tehtäväksi erillinen työselitys, jossa esitetään esimerkiksi:

-luonnonmukaisena säilytettävä tontinosa

-erilaisten maa-ainesten (kivet, humus jne.) varastointipaikat

-yksityiskohtaiset ohjeet kaivusyvyyksistä rakennusten, teiden ja kaapelikaivantojen tieltä.

Maastotyöt, leikkaukset ja täyttöalueet luiskataan tai pengerreretään siten, että ne liittyvät luontevasti maaston muotoihin. Tontin maanpinnan taso tulee kuitenkin säilyttää mahdollisimman lähellä nykyistä korkeusasemaa ja tontin rajoilla kor-

keuksia ei saa muuttaa muutoin kuin poikkeustapauksissa ja naapuruston kanssa sopien. Työmateriaalina ja pengerryksissä pyritään käyttämään tontilta ja rakentamisen yhteydessä saatavia maamassoja, irtokiviä ja louhetta. Rakentamisen yhteydessä louhitaan kalliota mahdollisimman vähän. Jos maastoa joudutaan pengertämään, tukimuurien korkeus saa olla korkeintaan 70 cm ja ne tulee tarvittaessa varustaa suojakaiteella. Tukimuurien pintamateriaaliksi suositellaan luonnonkiveä. Tukimuurin ilmettä voidaan pehmentää istutuksilla.

11.6.4 Oleskelu, terassit ja pihan rakennelmat

Oleskelu- ja leikkipaikat sijoitetaan suojaan liikenne- ym. melulta mahdollisuuksien mukaan mielellään pihan tai asuinrakennuksen päivä- ja ilta-auringon puolelle. Pihan rakennelmissa ei saa käyttää kyllästettyä puuta. Ekologisempia vaihtoehtoja ovat esimerkiksi lämpökäsitelty haapa ja lehtikuusi.

Jos tontille ei ole osoitettu erillistä rakennusala autotallia varten, autokatos tai -talli sijoitetaan rakennusalueelle mahdollisimman lähelle katua. Katokset ilman autopaikan pinnoite tehdään vettä läpäisevästä päällysteestä, kuten esimerkiksi reikäkivistä tai avoimesta asfaltista. Autokatoksen edusta tehdään myös edellä mainituista materiaaleista kokonaan tai osittain, mikäli katoksen edustalta kulkee ajoväylä.

Pihan rakenteissa tulee käyttää vettä läpäiseviä materiaaleja. Pihakäytävät ja tontin sisäiset ajotiet päällystetään esimerkiksi hiekalla, (kenno)soralla tai kivituhkalla.

Maaperän lämmittäminen esimerkiksi kulkuväylien sulana pitämiseksi on kielletty. Polkupyöriä varten tulee varata katettua tilaa vähintään kaksi paikkaa/80 kem² (pienkerrostalot, rivitalot, kytketyt pientalot) tai neljä paikkaa/asunto (omakotitalot, paritalot).

11.6.5 Jätehuolto, kierrätys ja kompostointi

Tontilta tulee varata tilaa kaatopaikka- ja energiajätteen astioille. Vähintään kymmenen asunnon kiinteistöissä tulee varautua ainakin viiden jätelajin erilliskeräykseen. Jätetilojen järjestelyissä ja niiden mitoituksessa on varauduttava jätehuollon uudistuksiin ja niistä mahdollisesti aiheutuvaan tilantarpeen kasvuun joustavilla ratkaisuilla. Jäteastian tai jätetilan sijaintipaikka rakennetaan osaksi autotallia, -katosta tai varastorakennusta tai ympäröidään pensasistutuksilla. Jätetilan sijoittamisessa on huomioitava korkeintaan 10 metrin etäisyys tien tai kadun reunasta, vähintään 8 metrin etäisyys rakennuksista sekä naapuritontin ja -rakennusalan rajoista, jollei muusta ole naapurin kanssa sovittu, ja vähintään 15 metrin etäisyys leikki- tai oleskelualueesta sekä kiinteistön ilmanottoaukkojen sijainti, tilan turvallinen käyttö ja keräysauton liikkuminen. Biojätteet voidaan kompostoida pihalla asianmukaisesti suojatussa lämpökompostorissa. Puutarhajätteet kompostoidaan tontilla. Sekä lämpökompostorin että puutarhajätekompostin tulee sijaita vähintään viiden metrin etäisyydellä naapuritontin rajalta.

Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy (2005) on antanut jätetilojen sijoittelua ja jätejakeiden lajittelua koskevia ohjeita. Kompostointi tuottaa luonnonmukaista maanparannusainetta, jonka käytöllä vähennetään energiaintensiivistä ja ympäristöä pilaavaa keinolannoitetuotantoa.

11.6.6 Puun varastointi ja maakellari

Tontille tulee järjestää riittävät ja ympäristöä rumentamattomat tilat puupohjaisien polttoaineiden kuivatukselle ja varastoinnille.

Maakellarin paras sijoituspaikka on varjoisassa rinteessä lähellä keittiötä, jolloin kellaria voidaan käyttää myös valmiiden ruokien säilytykseen jää- tai viileäkaapin asemesta. Kellaria suojaava maakerros tulisi muotoilla luontevaksi osaksi pihaluetta ja istuttaa esimerkiksi maanpeitekasveilla ja pensailta.

Hakkeen, pellettien ja pilkkeiden varastot vievät runsaasti tilaa. Maakellari auttaa säästämään sähköä, kun sähkön avulla viilennettävää tilaa tarvitaan vähemmän.

11.6.7 Aidat

Osa-aluetta 1 koskevat ohjeet

Tontit tulee rajata viheralueiden puolelta 1 metrin korkuisella lankkuaidalla.

Tonttien vastaiset rajat suositellaan aidattavaksi enintään 1,5 metrin korkuisella leikatulla pensasaidalla tai vapaasti kasvavien pensaiden ja puiden muodostamalla aidanteella.

Osa-aluetta 2-4 koskevat ohjeet

Aitana tulee käyttää pensasaitaa.

Osa-aluetta 5 koskevat ohjeet

Asuinpihat tulee rajata kadun puolelle enintään 1,5 metrin korkuisella leikatulla pensasaidalla tai vapaasti kasvavien pensaiden ja puiden muodostamalla aidanteella. Tontit tulee rajata viheralueiden puolelta 1 metrin korkuisella, kevyellä puurakenteisella aidalla.

Tonttien aitaaminen selkeyttää julkisen ja yksityisen tilan rajaa. Aitaaminen vähentää asumisen epätoivotun reunavaikutuksen leviämistä viheralueille, jollaista on tapahtunut esimerkiksi osa-alueella 2 (Iivonen & Carlson 2008, 34).

11.6.8 Valaistus

Valaistuksen tulee tukea pihan ja lähialueiden monipuolista käyttöä ja lisätä alueen turvallisuutta. Valaistus tulee suunnata siten, että valosaastetta (muualle kuin valaistavaan kohteeseen suuntautuvaa valoa) syntyy mahdollisimman vähän. Valaisinten tulee olla käyttökohteeseen soveltuvia ja energiatehokkaita, esimerkiksi LED-tekniikkaan perustuvia.

Osa-aluetta 2-4 koskevat ohjeet

Valaistuksen tulee olla rakennusten ja pihojen luonteeseen sopiva, ympäristölle alisteinen.

Valaisimen energiatehokkuuteen vaikuttaa lampputeknologian ja käyttöajan ohella valaisimen suuntaus. Taivaalle tai muualle kuin valaistavaan kohteeseen suuntautuva valo on energian tuhlausta. Tämä niin sanottu valosaaste vaikuttaa haitallisesti muun muassa eliöiden vuorokausirytmisiin sekä ihmisten harrastuksiin, kuten tähtien tarkkailuun.

12 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Tässä työssä selvitettiin, miten kulttuuriarvoja sisältävän pientaloalueen alueellista energiatehokkuutta voidaan parantaa alueen arvokkaiden ominaispiirteiden vaarantumatta ja mitä muita rajoitteita on otettava huomioon tällaisilla alueilla yhdyskuntarakennetta tiivistettäessä. Työn tulokset on esitetty tiivistettynä kuviossa 41. Tulokset osoittavat, että arvokasta rakennettua kulttuuriympäristökohdetta ei tule tiivistää täydennysrakentamisella, jos todetaan, että alueen suojellut ominaispiirteet vaarantuvat tai on syytä olettaa niiden heikentyvän oleellisesti. Arvokkaan alueen energiatehokkuuden parantamisessa tulee turvautua ensisijaisesti kaava-alueen täydennysrakentamiseen, uusiutuvan energian tuotannon lisäämiseen ja rakennuksiin kohdistuviin sellaisiin energiatehokkuutta parantaviin toimenpiteisiin, jotka eivät vaaranna alueen arvoja. Tällaisia ovat esimerkiksi rakennuksen vaipan tiiveyden ja yläpohjan lämmöneristyksen parantaminen sekä siirtyminen kauko- tai biolämmitykseen. Alueen kehittämisen suunnittelussa on viranomaisyhteistyöllä olennaisen tärkeä rooli. Eri viranomaistahojen ja etenkin museon edustajan kanssa tehtävät maastoinventoinnit ovat välttämättömiä hankkeen onnistumisen kannalta. Mikäli tarkastuksissa osoittautuu, että alueen säilytettäväksi arvotetut ominaispiirteet kestävät suunniteltua rakentamista heikentymättä liiaksi tai ovat jo ratkaisevasti heikentyneet ja suojelupäätös voitaisiin sillä perusteella purkaa, voidaan täydennysrakentamista harkita kyseisellä alueella. Jos kulttuuriympäristön ominaispiirteet eivät kestä täydennys- tai lisärakentamista, on uudelle asutukselle pyrittävä löytämään vähemmän herkät ja tarkoitukseen paremmin soveltuvat alueet muualta.

Laskentatulosten mukaan EU-direktiivien asettamat energiansäästö- ja päästövähennystavoitteet voidaan saavuttaa suunnittelualueella korjaamalla nykyiset rakennukset ja rakentamalla uudisrakennukset A-energialuokkaan ja käyttämällä lämmöntuotantomuotona kaukolämpöä. Kunnianhimoisempiin säästöihin ja vähennyksiin on mahdollista päästä tekemällä uudisrakennuksista vieläkin energiatehokkaampia ja käyttämällä puuta sekä rakennusmateriaalina että lämmityspolttoaineena. Lisäksi liikenteen päästöjä on mahdollista vähentää huomattavasti liikumistarvetta vähentämällä. Selvityksessä havaittiin, että mitä kauemmaksi jalkenkulkuvyöhykkeeltä rakennetaan, sitä energiatehokkaampia rakennuksia on raken-

nettava tai vähemmän päästöjä aiheuttavia lämmitysjärjestelmiä on käytettävä, jotta kokonaispäästöt eivät kasvaisi liikenteen päästöjen kasvun myötä. Autovyöhykkeelle rakentaminen ei ole siis automaattisesti huono asia ilmastonäkökulmasta, mutta kaupunkitasolla päästövähennystavoitteiden saavuttaminen edellyttää autovyöhykkeelle rakentamisen vähentämistä.

Selvityksessä tutkittiin mahdollisuuksia eri energiantuotantomuotojen hyödyntämiselle. Analyysitulosten mukaan rakennettu kulttuuriympäristö ei sinällään välttämättä ole este millekään energiantuotantoratkaisulle, mutta voi vaikuttaa voimaloiden tms. sijoittumiseen niiden ominaisuuksista riippuen. Esimerkiksi pientuulivoimaloiden sijoittaminen tarkoituksenmukaiseen paikkaan voi olla haasteellista väljästikin rakennetulla kaupunkialueella. Pientuulivoimaloille soveltuvat alueet tulisikin selvittää jo vähintään osayleiskaavatasolla, jotta asuinrakentamista ja tuulienergiantuotantoa voitaisiin järkevästi yhdistää. Yksi mahdollisuus pientuulivoimaloiden lisäämiselle on korkeiden rakennusten tai rakennelmien hyödyntäminen, jolloin viheralueita yms. voitaisiin säästää. Lisäksi tulisi selvittää, millä ehdoin kaupungin omistamalle maalle saa perustaa yksityisiä tuulivoimaloita ja miten kiinteistönomistajien tasapuolinen kohtelu energiantuotantoasioissa taataan. Aurinkoenergian hyödyntämiseen soveltuvia paikkoja on puolestaan helppo löytää rakennuksista ja erilaisista rakennelmista, mutta rakennetulla kulttuuriympäristöalueella on huomioitava, etteivät suojellut ominaispiirteet, kuten esimerkiksi 1940- ja 1950-luvun asuinalueiden puutarhojen avoimuus ja vehreys sekä avoimet näkymälinjat, vaarannu. Rakennusten lämmitys voidaan toteuttaa rakennus-, rakennusryhmä- tai aluekohtaisena ratkaisuna, jossa kauko- ja maalämpö tai bio- lämpö mahdollisesti yhteistuotantolaitoksena matalalämpöverkossa ovat mahdollisia vaihtoehtoja. Tuotantomuoto tulee ratkaista tarkemmassa tarve- ja kustannus selvityksessä asemakaavan laatimisen yhteydessä. Laitesähköstä osa on mahdollista kattaa aurinko- ja tuulisähköllä, osa omana yhteistuotantosähkönä ja loput ostosähkönä. Tulevaisuudessa tekniikkavalikoima monipuolistuu muun muassa erilaisilla hybridivoimaloilla ja -järjestelmillä, mutta niidenkin soveltuvuus kulttuuriympäristöön on selvitettävä tapauskohtaisesti.

Kaavaluonnosten vaikutusten arvioinnit osoittavat, että Katajakadun viereinen viheralue (osa-alue 1) voidaan osoittaa lisärakentamiselle, sillä sen luonnon- ym.

arvot ovat vähäiset, ja alue on liikenteellisesti hyvällä paikalla. Pienkerrostalovaihtoehto on yhdyskuntarakenteen tiivistämisen näkökulmasta parempi vaihtoehto, sillä se mahdollistaa esimerkiksi monipuolisemman asuntotuotannon ja suuremman asukasmäärän hyvien kevyen- ja joukkoliikenteen reittien varrelle sekä säästää pientalovaihtoehtoa paremmin maa-alaa. Kelohongantien, Suopuistontien ja Kivimäentien (osa-alueet 2-4) ominaispiirteet eli kadunvarsien näkymät ja suuret puutarhat vaikuttavat siten, että täydennysrakentaminen tontteja jakamalla on mahdollista vain sellaisilla tonteilla, joissa päärakennus on kadun varrella. Jakamisen ehtona on myös, että päärakennus ei, yksin tai yhdessä esimerkiksi talousrakennuksen kanssa, haittaa sijoittelunsa tai kokonsa puolesta ajoyhteyksien järjestämistä muodostettavalle uudelle kiinteistölle. Suopuistontien ja Kivimäentien kulmauksessa olevalle viheralueelle (osa-alue 5) olisi mahdollista sijoittaa joko suunnittelualueen 1950-luvulta peräisin olevaa rakentamistapaa noudattava uusi pientaloalue tai modernimpi, väljillä piha-alueilla varustettu pienkerrostaloalue, johon mahtuu paljon uusia asukkaita. Rakentaminen kuitenkin aiheuttaisi erilaisia haittoja, kuten esimerkiksi lisäisi paljon kuormittavaa liikennettä, heikentäisi merkittävästi ekosysteemipalveluja, kuten virkistäytymistä, hiljaista aluetta ja hiilensidontaa sekä vaarantaisi luonto- ym. arvoja. Vaikutusten arviointia haittaava tiedon puute muun muassa nykyisten asukkaiden mielipiteistä sekä rakentamisen vaikutuksista maaperän hiilivarannon muutoksiin ja muihin ekosysteemipalveluihin sekä varovaisuusperiaatteen noudattaminen johtaa siihen, että tämän kohteen rakentamista ei voi suositella.

Yhdyskuntarakenteen tiivistämistä ohjataan rakentamisen ohjauksen keinoin. Kaavoituksella luodaan edellytykset energiatehokkuuden parantamiselle sekä täydennys- ja lisärakentamiselle asemakaavan muutosten kautta, kun taas yksityiskohtaisia ohjeita esimerkiksi rakennetun kulttuuriympäristön ominaispiirteiden ja ekosysteemipalveluiden säilyttämiseksi voidaan antaa rakentamistapaohjeissa. Kaavamääräyksissä voidaan asettaa tavoitteita rakennusten energiatehokkuuden parantamiselle. Yleensä yksikertaiset ratkaisut ovat helpoimpia ja kustannustehokkaimpia: asuinalueen energiatehokkuutta voidaan parantaa esimerkiksi nykyisten rakennusten korjauksilla, perusparantamisella ja lämmitysjärjestelmän muutoksella. Maapolitiikan keinoin voidaan luoda houkutteita tai paineita täydennys- ja lisärakentamisen toteuttamiselle. Lisärakennusoikeuden myöntämistä kiinteis-

töille niiden laajentamiseksi ei kuitenkaan suositella, sillä toimenpiteellä ei välttämättä vähennetä päästöjä, jollei rakennuksen energiatehokkuutta paranneta samalla huomattavasti. Tässä raportissa esitellyt kaavaluonnokset osoittavat, että aluetehokkuutta on mahdollista nostaa täydennys- ja lisärakentamisella jopa yli puolella esimerkkinä olleessa rakennetun kulttuuriympäristön kohteessa. Aluetehokkuus ei kuitenkaan ole kovin hyvä tiiveyttä kuvaava mittari alueilla, jotka sisältävät paljon viheralueita. Kortteli- ja tonttitehokkuus voisivat ehkä olla parempia indikaattoreita. Tässä selvityksessä kortteli- ja tonttitehokkuuksia saatiin nostettua lähelle kirjallisuudessa ilmoitettuja tiiviin yhdyskunnan arvoja tai joissain tapauksissa niiden yli. Nykyisten korttelien tehokkuutta on mahdollista nostaa ja asukasmäärää lisätä alueen luonteen mukaisella rakentamisella ilman mainittavia haittoja rakennetun kulttuuriympäristön arvoille. Lisärakentamistakin alueelle voidaan osoittaa, mutta tällöin haitat kasvavat. Yleispätevien kynnyсарвоjen määrittäminen sille, milloin tiivistämisen haitat alkavat muodostua hyötyjä suuremmaksi, on kuitenkin hankalaa vaikutusten monimuotoisuuden ja eri aikakausilta peräisin olevien alueiden erilaisten ominaispiirteiden vuoksi. Kunkin alueen hyödynnettävyys tulee arvioida hyötyjen ja haittojen kannalta tapauskohtaisesti.

Kaavoituksella luodaan edellytykset energiatehokkuuden parantamiselle sekä täydennys- ja lisärakentamiselle asemakaavan muutosten kautta. Yksityiskohtaisia ohjeita rakennetun kulttuuriympäristön ominaispiirteiden ja ekosysteemipalveluiden säilyttämiseksi voidaan antaa rakentamistapaohjeissa.

Rakennetun kulttuuriympäristön alueellista energiatehokkuutta voidaan parantaa ja kasvihuonekaasupäästöjä vähentää nykyisten rakennusten perusrakentamisella ja lämmitysjärjestelmän muutoksilla, arvokkaat ominaispiirteet säästävällä täydennys- ja lisärakentamisella, uusiutuvan energian hyödyntämisellä ja energiansäästöllä sekä käyttämällä puuta rakennusmateriaalina.

Rakennetun kulttuuriympäristön kohteille tulisi laatia pitkän tähtäimen energiasuunnitelmat rakentamisen ja energiakorjausten toteuttamiseksi alueen arvokkaat ominaispiirteet säilyttävällä tavalla. Esimerkiksi pientuulivoimaloille soveltuvat alueet tulisi selvittää jo yleis- ja osayleiskaavatasolla.

Viranomaisyhteistyö on ratkaisevassa asemassa rakennetun kulttuuriympäristön täydennys- ja lisärakentamiskohteiden selvittämisessä. Suojeltujen ominaispiirteiden tila täytyy selvittää maastotarkastuksin. Kulttuuriympäristöaluetta ei tule tiivistää, mikäli alueen arvokkaat ominaispiirteet tai muut ominaisuudet, kuten ekosysteemipalvelut, eivät kestä sitä.

Yleispätevien kynnyksarvojen määrittäminen yhdyskuntarakenteen tiivistämisen haitallisille vaikutuksille on hankalaa vaikutusten monimuotoisuuden ja eri aikakausilta peräisin olevien alueiden erilaisten ominaispiirteiden vuoksi. Täydennys- tai lisärakentaminen rakennetun kulttuuriympäristön alueilla edellyttää hankkeen hyötyjen ja haittojen tapauskohtaista arviointia. Suunnittelussa tulee noudattaa varovaisuusperiaatetta.

Puurakenteinen pienkerrostalo on hyvä vaihtoehto kestävän kehityksen näkökulmasta. Talotyyppin sopivuus täydennysrakentamiseen rakennetussa kulttuuriympäristössä riippuu alueen luonteesta ja rakentamisaikakaudesta.

KUVIO 41. Suositusten ja johtopäätösten tiivistelmä

LÄHTEET

Painetut lähteet

Daugaviete, M., Gaitnieks, T., Klavina, D. & Teliseva, G. 2009. Carbon accumulation in the above-ground and root biomass of pine, birch and spruce cultivated in agricultural soils. *Forest Science*, 18, 35 - 52.

Gustavsson, L., Madlener, R., Hoen, H.-F., Jungmeier, G., Karjalainen, T., Klöhn, S., Mahapatra, K., Pohjola, J., Solberg, B. & Spelter, H. 2006. The role of wood material for greenhouse gas mitigation. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11, 1097 - 1127.

Gustavsson, L., Pingoud, K. & Sathre, R. 2006. Carbon dioxide balance of wood substitution: comparing concrete- and wood-framed buildings. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11, 667 - 691.

Lahden kaupunkisuunnitteluvirasto. 1983. Lahden kaupungin kulttuurihistoriallisesti merkittäviä kohteita. Lahden kaupunkisuunnitteluviraston julkaisuja B2/1983. Lahti: Lahden kaupunkisuunnitteluvirasto.

Lahti, P. 2002. Matala ja tiivis kaupunki. Tampere: Rakennustieto Oy.

Mäkinen, H., Hynynen, J., Siitonen, J. & Sievänen, R. 2006. Predicting the decomposition of Scots pine, Norway spruce, and Birch stems in Finland. *Ecological Applications*, 16, 1865 - 1879.

Niemelä, J., Saarela, S.-R., Söderman, T., Kopperoinen, L., Yli-Pelkonen, V., Väre, S. & Kotze, D. J. 2010. Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: a Finland case study. *Biodiversity and Conservation*, 19, 3225 - 3243.

Niskanen, R. 2000. Selvitys Lahden kulttuurihistoriallisesti arvokkaista kohteista. Lahti: Lahden kaupunginmuseo.

Perälä, T., Nerg, S., Rope, A.-M., Tikkala, J. & Helminen, H. 2010. Lahden maisemarakenne ja viheralueet. Lahti: Lahden kaupunki.

Rope, A.-M. 2010. Lahden viheralueiden arvottaminen. Lahti: Lahden kaupunki.

Elektroniset lähteet

Aalto, K.-M. 2009. Rakennusten lämmitysenergian laskentamalli. Kehityshankkeen esiselvitys. Mikkelin ammattikorkeakoulu [viitattu 24.11.2010]. Ympäristötekniikan opinnäytetyö. Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/6589/Aalto_Kirsi-Marja.pdf?sequence=1

Aalto, K.-M. 2011. Re: Rakennusten lämmitysenergian laskentamallin viimeisimmät kertoimet? [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Peltonen, P. Lähetetty 25.1.2011.

Ahola, T., Tolonen, A. & Utriainen, H. 2007. Kulttuuriympäristöjen Häme. Hämeen alueellinen kulttuuriympäristöohjelma 2007-2013. Hämeen ympäristökeskuksen raportteja 04/2007. Hämeenlinna: Hämeen ympäristökeskus [viitattu 30.11.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=68570&lan=fi>

- Berghäll, J. & Pesu, M. 2008. Ilmastonmuutos ja kulttuuriympäristö. Tunnistetut vaikutukset ja haasteet Suomessa. Suomen ympäristö 44/2008. Helsinki: Ympäristöministeriö [viitattu 2.2.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=99748&lan=fi>
- Cypress Wind Turbines Oy. 2011. Cypress Wind Turbines [viitattu 22.3.2011]. Saatavissa: www.cypresswind.com
- EarthshipBioteecture. 2011. Canada Summer 2011 - British Columbia, Canada Earthship Build. Summer, 2011 [viitattu 25.5.2011]. Saatavissa: <http://earthship.com/canada-summer-2011?start=20>
- ECO₂. 2011. ECO₂, Ekotehokas Tampere 2020 [viitattu 31.3.2011]. Saatavissa: www.eco2.fi
- Elfving, J. 2009. Green Building vai Green City. Teoksessa Junnila, S. (toim.) Rakentamisen energiatulevaisuus. Helsinki: Sitra, 27 - 33 [viitattu 24.11.2010]. Saatavissa: <http://www.sitra.fi/julkaisut/raportti84.pdf?download=Lataa+pdf>
- EU 2006. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/32/EY [viitattu 10.1.2011]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0064:0085:FI:PDF>
- EU 2009a. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY [viitattu 10.1.2011]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:fi:PDF>
- EU 2009b. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/29/EY [viitattu 10.1.2011]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0063:0087:fi:PDF>
- EU 2009c. Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 406/2009/EY [viitattu 10.1.2011]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0136:0148:FI:PDF>
- EU 2010. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU [viitattu 10.1.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=119069&lan=sv>
- FinnWind Oy. 2011. Tuulivoimalat ja aurinkosähköjärjestelmät [viitattu 10.1.2011]. Saatavissa: www.finnwind.fi
- Flinck, J.-P. 2010. Uusiutuvan energian hyödyntämismahdollisuudet Nurmi-Sorilan alueen suunnittelussa. Tampereen teknillinen yliopisto [viitattu 15.3.2011]. Sähkötekniikan diplomityö. Saatavissa: <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/6555/flinck.pdf?sequence=3>
- Google Maps. 2011. [viitattu 2011]. Saatavissa: maps.google.com
- Granö U.-P. 2010. CHP vaihtoehtona energiaosuuskunnille [viitattu 7.4.2011]. Saatavissa: https://ciweb.chydenius.fi/project_files/HighBio%20projekti%20INFO/INFO%20HighBio%20F45.pdf
- Heljo, J. & Laine, H. 2005. Sähkölämmitys ja lämpöpumput sähkökäyttäjinä ja päästöjen aiheuttajina Suomessa. Näkökulma ja malli sähkökäytön aiheuttamien CO₂-ekv päästöjen arviointia varten. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto

[viitattu 1.2.2011]. Saatavissa:

http://webhotel2.tut.fi/ee/Materiaali/Ekorem/EKOREM_LP_ja_sahko_raportti_051128.pdf

Henriksson, T. & Jääskeläinen, J. 2006. Yhdyskuntarakenteen eheyttäminen Vantaalla. Vantaa: Vantaan kaupunki [viitattu 15.6.2011]. Saatavissa:

http://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaa_wwwstructure/30713_Yhdyskuntarakenteen_eheyttaminen_Vantaalla_nettiin.pdf

Häkkinen, T. & Wirtanen, L. 2006. Metlan Joensuun tutkimuskeskuksen ympäristö- ja elinkaarinäkökohtien arviointi. VTT Tiedotteita – Research Notes 2342.

Espoo: VTT [viitattu 10.2.2011]. Saatavissa:

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2342.pdf>

Hämeen ELY. 2010. Hämeen ympäristöstrategia [viitattu 31.1.2011]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6848&lan=fi>

Ihalainen, A. & Mäkelä, H. 2009. Kuolleen puuston määrä Etelä- ja Pohjois-Suomessa 2004-2007. Metsätieteen aikakauskirja 1/2009, 35 - 56 [viitattu 26.1.2011]. Saatavissa:

<http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff09/ff091035.pdf>

Iivonen, K. & Carlson, E. 2008. Asutuksen vaikutus viheralueiden luonnonmukaisuuteen. Selvityskohteena Kiveriön ja Mukkulan kaupunginosat. Lahti: Lahden kaupunki [viitattu 4.7.2011]. Saatavissa Lahden kaupungin Maankäytön sisäisessä verkossa

Ilmatieteen laitos. 2011a. Ilmastonmuutos Suomessa [viitattu 5.5.2011]. Saatavissa: ilmatieteenlaitos.fi/ilmastonmuutos-suomessa

Ilmatieteen laitos. 2011b. Kysymyksiä ja vastauksia, Ilmastonmuutos [viitattu 28.7.2011]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/ilmastonmuutoskysymyksiä#15>

Ilveskorpi, L., Päivänen, J., Murole, P., Vanhanen, T. & Airas, P. 2007. Tiiviin ja matalan asuinalueen suunnittelu ja toteutus – esimerkkinä Lahden Karisto. Suomen Ympäristö 17 [viitattu 1.12.2010]. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=70406>

Indufor Oy. 2011. Lahden kaupungin metsien hiilitaseen selvittäminen [viitattu 4.7.2011]. Saatavissa: http://www.immuhanke.fi/images/stories/Tutkimukset/lahtiraportti_2011-02-8.pdf

Juvonen, J. (toim.) 2009. Lämpökaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöopas [viitattu 31.3.2011]. Helsinki: SYKE. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=108367>

Kajander, S. 2010. Re: Rakennustietoja [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Peltonen, P. Lähetetty 21.12.2010.

Kalenoja, H., Lintusaari, M. & Pajarre, M. 2010. Lahden seudun liikennetutkimus 2010. Osaraportti 1: Henkilöliikennetutkimus. Tampereen teknillinen yliopisto [viitattu 18.11.2010]. Saatavissa: <http://www.paijathame.fi/liikennetutkimus/LahtiOsaraportti1.pdf>

Kalenoja, H., Vihanti, K., Voltti, V., Korhonen, A. & Karasmaa, N. 2008. Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa. Suomen ympäristö 27. Ympäristöministeriö [viitattu 18.11.2010]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=89856>

- Kiiskilä, K. 2011. Vs: Liikennetutkimuksen tietoja? [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Peltonen, P. Lähetetty 1.2.2011.
- Kodin vihreä energia Oy. 2011, Ilmari 10kW [viitattu 16.3.2011]. Saatavissa: <http://sites.google.com/site/kodinvihreaenergia/Ilmari-10kW>
- Korhonen, K. T., Ihalainen, A., Heikkinen, J., Henttonen, H. & Pitkänen, J. 2007. Suomen metsävarat metsäkeskuksittain 2004-2006 ja metsävarojen kehitys 1996-2006. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2007, 149 - 213. [viitattu 26.1.2011]. Saatavissa: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff07/ff072149.pdf>
- Kuismanen, K. 2005. Ilmaston vaikutus pientalojen suunnitteluun. Ab CASE consult Ltd [viitattu 25.1.2011]. Saatavissa: <http://www.kuismanen.fi/ilmastark.pdf>
- Kurnitski, J. 2009. Rakennusten energiatehokkuuden osoittaminen kiinteistöveron porrastusta varten. Raportti B85. Espoo: Teknillinen korkeakoulu [viitattu 1.2.2011]. Saatavissa: http://www.sitra.fi/NR/rdonlyres/28447AE9-6D22-47B5-8C2A-368390828899/0/Raportti_B85_WEB.pdf
- Laatukattila Oy 2011. [viitattu 14.1.2011]. Saatavissa: www.laka.fi
- Lahden kaupunki. 2008a. Hollola – Lahti – Nastola yhteinen ympäristöstrategia 2008- [viitattu 10.1.2011]. Saatavissa: [http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/B4D20CEF7A472CA2C22574110048A49B/\\$file/LSYLn%20ymp%C3%A4rist%C3%B6strategia%2019032008.pdf](http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/B4D20CEF7A472CA2C22574110048A49B/$file/LSYLn%20ymp%C3%A4rist%C3%B6strategia%2019032008.pdf)
- Lahden kaupunki. 2008b. Liikennemeluselvitys 2008 [viitattu 14.2.2011]. Lahden kaupunki kunnallistekniikka. Saatavissa: [http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/9B1B0D262DDE7819C225776D001F6697/\\$file/Liite%201,katujen%20liikennemäärät.pdf](http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/9B1B0D262DDE7819C225776D001F6697/$file/Liite%201,katujen%20liikennemäärät.pdf)
- Lahden kaupunki. 2009a. Ilmasto-ohjelma 2009 – 2015. Hollola – Lahti – Nastola. Lahti: Lahden Seudun Ympäristöpalvelut [viitattu 31.1.2011]. Saatavissa: [http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/877CD6E07C95ED19C22576560032045D/\\$file/Ilmasto-ohjelma2009_netti.pdf](http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/877CD6E07C95ED19C22576560032045D/$file/Ilmasto-ohjelma2009_netti.pdf)
- Lahden kaupunki. 2009b. Lahden kaupungin strategia 2025 [viitattu: 23.11.2010]. Saatavissa: http://www.paijathame.fi/easydata/customers/paijathame/files/uusikunta/strateginen_kehittaminen/lahden_kaupungin_strategia_2025.pdf
- Lahden vihertoimi. 2011. Lahden luonnonhoitoalueet [viitattu 8.3.2011]. Saatavissa: <http://forest.arbonaut.fi/lahti/jsp/framepage.jsp>
- Laine, T. & Tornivaara-Ruikka, R. 2008. Yhdyskuntarakenteen muutos haastaa Uudenmaan. Teoksessa: Eheät yhdyskunnat – Taikasanasta elinympäristöksi. Helsinki: Uudenmaan ympäristökeskus, 19-28 [viitattu 16.6.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=83673&lan=sv>
- Lamlom, S. H. & Savidge, R. A. 2003. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. Biomass and Bioenergy, 25, 381-388 [viitattu 15.12.2011]. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953403000333>
- Lehtonen, A., Mäkipää, R., Heikkinen, J., Sievänen, R. & Liski, J. 2004. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. Forest Ecology and Management, 188, 211-224 [vii-

tattu 15.12.2011]. Saatavissa: <http://www.metla.fi/hanke/3306/lehtonen-2004-BEF.pdf>

Leijala, U. 2010. Aurinko- ja maalämpöjärjestelmien käyttömahdollisuudet suomalaisissa pientaloissa. Jyväskylän yliopisto, Fysiikan laitos [viitattu 13.6.2011]. Pro gradu –tutkielma. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/23632/URN%3aNBN%3afi%3ajyu-201005211900.pdf?sequence=1>

Lindstam, O. 2011. Vs: Kaukolämpöverkon laajentamisen kannattavuus? [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Peltonen, P. Lähetetty 28.2.2011.

LIPASTO Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskenta-järjestelmä [viitattu 1.2.2011]. Saatavissa: lipasto.vtt.fi

Lylykangas, K., Sainio, J. & Vuolle, M. 2010. Painovoimaisella ilmanvaihdolla toimiva pientalo 2012 määräyksissä. Suomen Kulttuurirahasto [viitattu 21.6.2011]. Saatavissa: http://k3-talot.fi/lataukset/79/Painovoimainen%20ilmanvaihto_raportti.pdf

Maa- ja metsätalousministeriö. 2005. Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutusstrategia. MMM:n julkaisuja 1/2005 [viitattu 31.1.2011]. Saatavissa: http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/julkaisusarja/2005/MMMjulkaisu2005_1.pdf

Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132 [viitattu 2.2.2011]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=maank%3%A4ytt%3%B6-%20ja%20rakennus>

Martinkauppi, K. 2010. ERA17 - Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017. Helsinki: Ympäristöministeriö, Sitra ja Tekes [viitattu 31.1.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=121949&lan=fi>

Motiva. 2004. Yksittäisen kohteen CO₂-päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO₂-päästökertoimet [viitattu 1.2.2011]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/209/Laskentaohje_CO2_kohde_040622.pdf

Motiva. 2010a. Aurinkoenergia [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia

Motiva. 2010b. Laskukaavat: lämmitysenergiankulutus [viitattu: 1.2.2011]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energian kayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammitysenergiankulutus

Museovirasto. 2011. [viitattu 2.2.2011]. Saatavissa: www.nba.fi

Niemi, O. 2009. Ympäristötalkoiden lähtökohdat ja rakennusalan rooli. Teoksessa: Junnila, S. (toim.) Rakentamisen energiatulevaisuus. Sitran raportteja 84. Helsinki: Sitra, 53 - 61 [viitattu 24.11.2010] Saatavissa: <http://www.sitra.fi/julkaisut/raportti84.pdf?download=Lataa+pdf>

Nieminen, J. 2009. Matalaenergiarakentamisen tulevaisuuden näkymät. VTT [viitattu 27.12.2010]. Saatavissa: http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS_0_201_403_994_2095_43/http%3Btek es- ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/yhdyskunta/documents/semi naarit/jyrinieminen.pdf

- Nieminen, J., Jahn, J. & Airaksinen, M. 2007. Passiivitalo ja kaavasunnittelu. VTT [viitattu 31.12.2010]. Saatavissa: <http://northpass.vtt.fi/Finland/Documents/2Kaavasunnittelu.pdf>
- Nieminen, J. & Lylykangas, K. 2009. Passiivitalon määritelmä. www.passiivi.info – ohjeita passiivitalon arkkitehtisuunnitteluun. [viitattu 13.5.2011]. Saatavissa: http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf
- Nikkanen, A., Laitinen, A., Nieminen, J. & Pulakka, S. 2010. Aluerakentamisen kustannustehokkaat energiaratkaisut – Sipoonranta. VTT [viitattu 28.12.2010]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=115565&lan=fi>
- NTNU – Norgesteknisk-naturvitenskapeligeuniversitet. 2011. Vertical axis wind turbine (VAWT) [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa: www.ivt.ntnu.no/offshore2/?page_id=394
- Ojaniemi, A. & Penttinen, L. 2009. Pudasjärven matalaenergiarakentamisen hirsi-talokorttelialue – Selvitys lämmön tuotannosta uusiutuvalla energialla. Benet Oy [viitattu 28.12.2010]. Saatavissa: <http://www.oulunkaari.com/tiedostot/Uusiutuvaenergia/raportit/Benet%20Pudis%20rap.pdf>
- Paldanius, J., Tallskog, L., Maijala, O., Riipinen, J. & Sairinen, R. 2006. Vaikutusten arviointi kaavoituksessa. Ympäristöhallinnon ohjeita 10/2006. Helsinki: Ympäristöministeriö [viitattu 7.7.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=210935>
- Palmunen, J. 2011. Vs: Energiatietoja? [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Peltonen, P. Lähetetty 25.1.2011.
- Peltonen, P. 2010. Lahden Metsäkankaan, Patomäen ja keskustan alueiden energiatehokkuuksien arviointi. Lahti: Lahden kaupunki [viitattu 24.1.2011]. Saatavissa: [http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/8F8F1202D8C0312BC225783400327025/\\$file/Lahden%20Mets%C3%A4kankaan,%20Patom%C3%A4en%20ja%20keskustan%20alueiden%20energiatehokkuuksien%20arviointi%20Petri%20Peltonen.pdf](http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/8F8F1202D8C0312BC225783400327025/$file/Lahden%20Mets%C3%A4kankaan,%20Patom%C3%A4en%20ja%20keskustan%20alueiden%20energiatehokkuuksien%20arviointi%20Petri%20Peltonen.pdf)
- Pingoud, K. & Perälä, A.-L. 2000. Arvioita puurakentamisen kasvihuonevaikutuksesta. VTT julkaisuja 840. Espoo: VTT [viitattu 9.2.2011]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/julkaisut/2000/J840.pdf>
- Puuinfo. 2010a. Kestävä rakentaminen luo hyvinvointia [viitattu 14.1.2011]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/ymparistoasiat/kestava-rakentaminen-luo-hyvinvointia>
- Puuinfo. 2010b. Toimi ilmaston puolesta: käytä puuta [viitattu 31.5.2011]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/ymparistoasiat/toimi-ilmaston-puolesta-kayta-puuta>
- Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy. 2005. Jätetilat [viitattu 10.6.2011]. Saatavissa: www.phj.fi
- Rajala, P., Hirvonen, H., Perttula, S., Lähde, E., Pulkka, P., Jarmala, L., Laukkainen, J., Patronen, J., Jokinen, M., Rintala, T., Rajakallio, K. & Kauppinen, T. 2010. Energiatehokkuus kaavoituksessa. Skaftkärr, Porvoo. Kaavarunkovaiheen loppuraportti. Sitran selvityksiä 41. Helsinki: Sitra [viitattu 1.2.2011]. Saatavissa: <http://www.sitra.fi/julkaisut/Selvityksi%C3%A4-sarja/Selvityksi%C3%A4%2041.pdf>

- Rakennusperintöportaali. 2011. Rakennusperintö.fi [viitattu 2.2.2011]. Saatavissa: www.rakennusperintö.fi
- Rimppi, H. 2009. Leväbiomassan tuotanto energiatarkoituksiin: teknologian nykytila, haasteet ja mahdollisuudet Suomen olosuhteissa. Opinnäytetyö, Lappeenranta teknillinen yliopisto [viitattu 28.12.2010]. Saatavissa: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/43800/nbnfi-fe200902101171.pdf>
- Saarela, S.-R. & Söderman, T. 2008. Ekologisesti kestävät kaupunkiseudut ja niiden ekosysteemipalvelut. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 33/2008 [viitattu 7.2.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=96268&lan=fi>
- Santaoja, T. 2004. Täydennysrakentaminen kaupungin ja asuin ympäristön kehittämisessä. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2004:3 [viitattu 7.6.2011]. Saatavissa: http://www.hel2.fi/ksv/Paatoksenteke/2004_Kaupunkisuunnittelulautakunta/Esityslistat/liitteet/041390161.pdf
- Satakunnan ammattikorkeakoulu. 2002. Hakelämpökeskuksen hankinta. Suomen kuntaliitto [viitattu 14.1.2011]. Saatavissa: http://shop.kunnat.net/product_details.php?p=33
- Senera Oy. 2011. [viitattu 29.3.2011]. Saatavissa: www.senera.fi
- Shemeikka, J. 2010. Energiatarkoituksellisuus ja vaihtoehtoiset energiaratkaisut olemassa olevissa kiinteistöissä. Pirkanmaan kiinteistöliiketoiminnan ja rakennuttamisen aluefoorumi 1/2010, Tampere [viitattu 31.12.2010]. Saatavissa: <http://www.rakli.fi/attachements/2010-02-09T10-19-2086.pdf>
- Der Solarserver. 2004. Allesimgrüner Bereich: Tübinger Solarstromfassade zeigt Möglichkeiten der Photovoltaikintegration. Solar-Magazin. Der Solarserver [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa: <http://www.solarserver.de/solarmagazin/anlagedezember2004.html>
- Suomen perustuslaki 1999/731 [viitattu 2.2.2011]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990731?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=perustuslaki>
- Suomen tuuliatlas. 2011. [viitattu 16.3.2011]. Saatavissa: tuuliatlas.fmi.fi
- Suomen Tuulivoimayhdistys ry. 2011. [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa: www.tuulivoimayhdistys.fi
- Suomen ympäristökeskus. 2009. VACCIA –hankkeen kuvaus [viitattu 4.7.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=24761&lan=fi>
- Suomen ympäristökeskus. 2011. Lahden yleiskaavavaihtoehtojen arviointi Seutu-keke-indikaattoreilla [viitattu 14.2.2011]. Saatavissa: [http://lahdentietotekniikka.fi/www/images.nsf/files/0941A5CB6F47D6F1C22579300027BFBD/\\$file/Lahti_yleiskaavavaihtoehtojen_arviointi_08.02.11.pdf](http://lahdentietotekniikka.fi/www/images.nsf/files/0941A5CB6F47D6F1C22579300027BFBD/$file/Lahti_yleiskaavavaihtoehtojen_arviointi_08.02.11.pdf)
- Tamminen, P. 2011. Re: Maaperän hiilitaseen muutoksen arviointityökalu? [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Peltonen, P. Lähetetty 21.1.2011.
- Tekniikan Akatemia –säätö. 2010. Professori Michael Grätzel: väriaineherkistettyjen DSC –aurinkokennojen kehittäjä [viitattu 22.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.millenniumprize.fi/fi/edelliset-palkintokierrokset/2008-5/michael-graetzel/>

Tuulivoimala.com Finland Oy. 2011. Tuulivoima [viitattu 25.3.2011]. Saatavissa: <http://www.tuulivoimala.com/Tuulivoima.asp>

Tuulivoimaopas. 2011. Asemakaava [viitattu 25.3.2011]. Saatavissa: <http://www.tuulivoimaopas.fi/kaavoitus/ asemakaava>

Tuulivoimatieto. 2011. [viitattu 25.3.2011]. Saatavissa: www.tuulivoimatieto.fi

Tylli H, Airas P, Palomäki J ja Rope A-M 2010. Lahden arkkitehtuuripoliittinen ohjelma [viitattu 2.2.2011]. Saatavissa: http://www.apolilahti.fi/pdf/Apoli_A3_lehti.pdf

Valtioneuvosto. 2011. Valtioneuvoston asetus Maankäyttö- ja rakennusasetuksen 62 ja 63 §:n muuttamisesta 283/2011. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110283>

Vihola, J. & Heljo, J. 2011. Toteutettavissa olevat energiansäästöpotentiaalit Tampereen kaupungin asuinrakennuskannassa. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto [viitattu 11.7.2011]. Saatavissa: http://webhotel2.tut.fi/ee/Materiaali/TATOS_loppuraportti_15042011.pdf

Wager, H. 2006, Päijät-Hämeen rakennettu kulttuuriympäristö. Päijät-Hämeen liitto A159 [viitattu 2.2.2011]. Saatavissa: http://www.paijat-ha-me.fi/easydata/customers/paijathame/files/ph_liitto/maka/tiedostot/rakennettu_kulttuuriymparisto_2007.pdf

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Ilmastonmuutoksen huomiointi kaavoituksessa – tapauskohtaisia tarkasteluja. VTT [viitattu 31.1.2011]. Saatavissa: http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/VTT_Ilmastonmuutos_kaavoitus_Loppuraportti.pdf

Wikipedia. 2011. Savonius-roottori [viitattu 25.3.2011]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Savonius-roottori>

Windside Oy. 2011. Windside [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa: www.windside.com

Ympäristöministeriö. 2001. Rakennusperintöstrategia. Valtioneuvoston päätös 13.6.2001 [viitattu 2.2.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=43794&lan=fi>

Ympäristöministeriö. 2008a. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Ympäristöministeriön sektoriselvitys. Ympäristöministeriön raportteja 19. Helsinki: Ympäristöministeriö [viitattu 31.1.2011]. Saatavissa: <http://www.syke.fi/download.asp?contentid=86191&lan=fi>

Ympäristöministeriö. 2008b. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2010. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma [viitattu 27.12.2010]. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/34165-D3-2010_suomi_22-12-2008.pdf

Ympäristöministeriö. 2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma [viitattu 13.5.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=126231&lan=en>

Suulliset lähteet

Karvinen-Jussilainen, A. 2010. Kaupunginarkkitehti. Henkilökohtainen keskustelu 23.11.2010.

Lehtovirta, J. 2010. Viestintäpäällikkö. Lahti Energia Oy. Henkilökohtainen keskustelu 23.11.2010.

Riihelä, A. 2010. Luonnonsuojelun valvoja. Tekninen ja ympäristötoimiala, Lahden seudun ympäristöpalvelut, Ympäristönsuojelu. Henkilökohtainen keskustelu 13.12.2010.

Rope, A.-M. 2010. Suunnittelija. Lahden kaupunki, Tekninen ja ympäristötoimiala, kaupunkisuunnittelu. Henkilökohtainen keskustelu 27.12.2010.

Sivonen, M. 2010. Rakennuslupapäällikkö. Lahden kaupunki, Tekninen ja ympäristötoimiala, Lahden seudun rakennusvalvonta. Henkilökohtainen keskustelu 23.11.2010.

Muut lähteet

Ariterm Oy. 2008. Biolämmityskontit. Esite.

Toiviainen, P. 2011. Vihreä kaupunki, osa1. TV-dokumenttiohjelma, Yleisradio.