

Ekologisesti kestävät kaupunkiseudut ja niiden ekosysteemipalvelut

Sanna-Riikka Saarela
Tarja Söderman



SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 33 | 2008

Ekologisesti kestävät kaupunkiseudut ja niiden ekosysteemipalvelut

Sanna-Riikka Saarela
Tarja Söderman

Helsinki 2008

Suomen ympäristökeskus SYKE



S Y K E

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 33 | 2008
Suomen ympäristökeskus SYKE
Tutkimusosasto

Taitto: Ritva Koskinen
Kansikuva: Guy Söderman

Julkaisu on saatavana ainoastaan internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

ISBN 978-952-11-3312-1 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkkokj.)

SISÄLLYS

1 Johdanto	5
2 Keskeiset käsitteet	8
3 Kaupunkiseutujen luonto	13
4 Kaupunkiseutujen ekosysteemipalvelut	16
5 Biologinen monimuotoisuus ja sen luomat edellytykset ekosysteemipalveluiden syntymiselle ja säilymiselle	19
5.1 Elinympäristöt	20
5.2 Ekologiset yhteydet	21
6 Esimerkkitarkastelu kahdesta kaupunkiseutujen merkittävästä ekosysteemipalvelusta ja niitä uhkaavista tekijöistä	25
6.1 Makean veden tuottamat ekosysteemipalvelut: sininen ja vihreä vesi.....	25
6.2 Hiilidioksidin sitominen ekosysteemipalveluna.....	27
7 Johtopäätökset	31
Kirjallisuus	33
Tiivistelmä:	
Ekologisesti kestävät kaupunkiseudut ja niiden ekosysteemipalvelut	38
Extended abstract in English:	
Ecologically sustainable urban regions	39
Kuvailulehdet	43

1 Johdanto

Suomi on kaupungistunut viime vuosikymmeninä voimakkaasti ja asutuksen keskittyminen taajamiin jatkuu edelleen. Nykyisin jo 84 % väestöstä asuu taajamissa ja esimerkiksi taajamaväestön määrä kasvoi vuosien 2000 ja 2005 välillä lähes kolme prosenttia (Tilastokeskus 2008). Lisäksi kaupunkeihin tukeutuva taajama-asutus ja sitä palveleva liikenneverkko ovat hajautuneet voimakkaasti kaupunkia ympäröiville maaseutu- ja luontoalueille niin, että useista kaupunkiseuduista on muodostunut laajoja talous- ja työssäkäyntialueita (EEA 2006). Tällaisesta kehityksestä käytetään vastakaupungistumisen käsitettä (Mitchell 2004) ja tutkimusten mukaan sitä pitää Suomessa yllä erityisesti koulutettujen ja korkeatuloisten lapsiperheiden muuttaminen keskuskaupunkia ympäröiviin kuntiin (Broberg 2008). Eurooppalainen elämäntavan ja maankäytön trendi on, että pientaloja rakennetaan yhä etäämmälle työpaikoista ja pääasiassa henkilöautolla tehtävät työmatkat pitenevät (Lintunen ym. 2000, Helminen ym. 2003, Helminen & Ristimäki 2008), minkä seurauksena rakennettun pinta-alan määrä kasvaa voimakkaammin kuin väestön määrä ja autoilu lisääntyy (EEA 2006). Suomalaisten taajamien asukastiheys on varsin alhainen esimerkiksi lähinaapuriehimme verrattuna; Suomen taajamissa on noin 600 asukasta neliökilometrillä, kun vastaava luku Ruotsissa on 1400 (Lainevuori & Siimes 2001). Euroopan autokanta puolestaan on lisääntynyt neljä kertaa väestöä nopeammin viimeisen 20 vuoden aikana, mikä on lisännyt voimakkaasti teiden rakentamista (EEA 2006).

Kaupunkien maantieteellinen laajeneminen on aiheuttanut yhtenäisten luontoalueiden pirstoutumista kaupunkialueilla. Myös kaupunkien luontoalueiden yhteydet kaupunkien ulkopuolisiin laajempiin yhtenäisiin luontoalueisiin ovat vähentyneet (Väre & Rekola 2007). Kaupunkien laajeneminen ja maankäytön muutokset heikentävät usein myös kaupunkialueiden luonnon monimuotoisuutta (Heikkinen 2007). Esimerkiksi Tukholmassa on havaittu, että biologisen monimuotoisuuden ja sen säilymisen edellytykset ovat heikentyneet viimeisen 50 vuoden aikana (Löfvenhalt ym. 2002). Kootusti voidaan todeta kaupunkien, taajamien ja liikenteen kasvun aiheuttavan siis luontoalueiden supistumista ja kasvihuonekaasupäästöjen lisääntymistä. Kehityksen suunnan muuttaminen on kuitenkin vaikeaa ja ristiriitaista, mikä näkyy esimerkiksi Vanhasen II:n hallituksen hallitusohjelmassa, jossa toisaalta painotetaan ilmastonmuutoksen torjuntaa, mutta toisaalta halutaan kuitenkin taata, se, että kaikilla on mahdollisuus *tarpeidensa ja toiveidensa mukaiseen asumiseen* (Matti Vanhasen II hallituksen ohjelma), mikä tarkoittaa usein kaupunkimaista ja henkilöautoriippuvaista pientaloasumista keskustakaupungin lähikunnassa.

Kaupunkien kasvua ohjataan erilaisten strategioiden, ohjelmien ja kaavoituksen avulla. Maankäyttö- ja rakennuslain (MRL), 1 §:ssä määritellään kaavoituksen yleiseksi tavoitteeksi kestävä kehitys, samoin sitä korostetaan valtakunnallisissa alueiden käyttötavoitteissa (VAT) (Jääskeläinen & Syrjänen 2000). Kestävällä kehityksellä, tässä tapauksessa erityisesti ekologisesti kestävällä kehityksellä, tarkoitetaan sitä, etteivät biologinen monimuotoisuus, ekosysteemien toimivuus tai ekosysteemipalvelut vaaranna ihmistoiminnan seurauksena pitkälläkään aikavälillä (CBD 2000). Maankäytön

suunnitteluun liittyviä ekologisesti kestävästä kehityksen mukaisia tavoitteita ovat Salmen (2006) mukaan mm. luonnon monimuotoisuuden ja muiden luonnonarvojen säilyminen, ympäristönsuojelu ja ympäristöhaittojen ehkäiseminen oikealla yhdyskuntatoimintojen sijoittelulla, luonnonvarojen säästeliäs käyttäminen sekä ekologisesti kestävä yhdyskuntarakenne. Vastuu kestävästä maankäytöstä on siis myös kaupunkialueilla. Sen saavuttaminen ei ole yksinkertaista, sillä kaupunkiseuduilla maankäytön suunnitteluun vaikuttavat keskenään ristiriitaiset tavoitteet ja intressit. Olennainen kysymys on, onko tutkimuksen, hallinnon ja suunnittelun yhteistyönä mahdollista löytää ratkaisuja, joista hyötyvät niin kaupunkiseutujen luonto, asukkaat kuin elinkeinoelämäkin.

Kun biologinen monimuotoisuus heikkenee mm. maankäytön muutosten seurauksena, heikkenevät sen myötä myös ekosysteemipalvelut eli ne hyödyt, joita ihminen saa luonnosta (Matero ym. 2003, Naskali ym. 2006). Kaupunkiseutujen luontoalueiden käyttämistä ja säilyttämistä voidaan tarkastella ekosysteemipalveluiden näkökulmasta, jossa luonto voidaan käsitellä utilitaristiseen arvokäsitykseen nojautuen ihmisen pääomavarantona (Matero ym. 2003). Ekosysteemipalvelu-näkökulman käyttämisen hyödynä on, että sen avulla monimutkaiset ekologiset prosessit voidaan esittää yksinkertaisempina toimintoina, mikä voi lisätä niiden ymmärrettävyyttä esimerkiksi maankäytön suunnittelijoiden ja kansalaisten keskuudessa. Lisäksi erilaiset luontoalueiden suojelua ja käyttöä koskevat luonnonsuojelulliset, maankäyttölliset tai luonnonvarojen hyödyntämiseen liittyvät toimenpiteet voi olla helpompi hyväksyä, kun niihin liittyy jokaista ihmistä koskettava inhimillisen hyödyn näkökulma (Armsworth ym. 2007). Lyytimäki ym. (2008) ovat myös tuoneet esille, että ekosysteemipalvelu-käsitteen avulla kaupunkialueita koskeva luonnontieteellinen ja sosiaalinen tutkimus voisivat tulla lähemmäksi toisiaan ja palvella siten paremmin kaupunkien suunnittelua ja hallintoa sekä luonnon monimuotoisuuden vaalimista. Toisaalta ekosysteemipalvelu-käsite saattaa tuntua liian abstraktilta käytännön suunnittelutyössä.

Kaupunkien kestävästä kehityksestä on tarkasteltu kansainvälisesti esimerkiksi EU:n komission kuudennessa puiteohjelmassa toteutetun TISSUE (*Trends and indicators for monitoring the EU thematic strategy on sustainable development of urban environment*) -hankkeen puitteissa. Sen tavoitteena oli mm. tarkastella kaupunkisuunnittelun nykytrendejä sekä analysoida eri indikaattoreiden soveltuvuutta kestävästä kaupunki-kehityksen seurantaan. Tarkastelun päänäkökulmina olivat liikenne, rakentaminen, alueiden suunnittelu ja hallinto. TISSUE-hankkeen tulosten pohjalta on laadittu kansallisten kestävästä kehityksen tavoitteiden tueksi suomalaiset indikaattorit ja alue-suunnittelun kriteeristö. Kriteeristön tavoitteena on mm. helpottaa suunnittelijoita kestävästä kehityksen mukaisten suunnitteluvaihtoehtojen tekemisessä (Häkkinen ym. 2006). Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenteeseen ja kestävästä kehitykseen on lisäksi paneuduttu useissa kansainvälisissä tutkimushankkeissa (esim. PLUREL, UGEC, ESPON, PURPLE, SENSOR, BRANCH).

Tämä Helsingin yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen ja Suomen ympäristökeskuksen ympäristöpolitiikan tutkimusohjelman yhteistyönä tehty selvitys on osa Kestävästä seudullisesta maankäytöstä ja liikenteen projektikonaisuutta (Seutukeke), jossa kehitetään työvälineitä kaupunkiseutujen kestävästä kehityksen mukaiseen maankäytön suunnitteluun. Seutukekessä on tarkoitus hyödyntää sekä kansallisen kriteeristötyön että kansainvälisen tutkimuksen tuottamia tietoja ja menetelmiä.

Tämän työn tarkoituksena on tarkastella kirjallisuuteen pohjautuen kaupunkiseutujen ekologisesta kestävästä kehityksestä ja ekosysteemipalveluihin liittyviä käsitteitä sekä ekosysteemipalveluihin kohdistuvia muospaineita. Tarkastelussa saatavan tiedon perusteella tullaan muodostamaan myöhemmin ekologisesta kestävästä kehityksen kriteereitä ja paikkatietosovelluksia kuntien maankäytön suunnitteluun. Työn tavoitteena on myös saattaa ekologista tutkimustietoa maankäytön suunnit-

telussa käytettävään muotoon ja löytää suomenkielisille termeille englanninkieliset vastineet. Koska maankäytön suunnittelun ja kestävä kehityksen ongelmat sekä ihmisten toiminnot koskevat kaupunkien taajamia laajempia alueita, on tarkastelu järkevää kohdistaa kaupunkiseutuihin, jolloin saadaan laajempi näkökulma sekä yhteiskunnalliseen että ekologiseen toiminnallisuuteen. Lisäksi tarkastelemalla kaupunkiseudun kokonaisuutta voidaan ylittää esimerkiksi Tjallingiin (2000) mainitsema perinteinen kahtiajako kaupunki- ja maaseutuelämän välillä.

Tämän työn pääasiallisina lähteinä ovat tutkimusraportit ja -julkaisut sekä tieteelliset artikkelit, joihin pyritään tekemään mahdollisimman laaja katsaus. Aihealueen laajuuden, rajallisten aikaresurssien ja runsaan kirjallisen materiaalin vuoksi ei tarkastelussa päästä kuitenkaan kovin yksityiskohtaiselle tasolle.

2 Keskeiset käsitteet

Tämän raportin keskeisimmät käsitteet, määritelmät ja englanninkieliset vastineet on esitetty lyhyesti taulukossa 1.

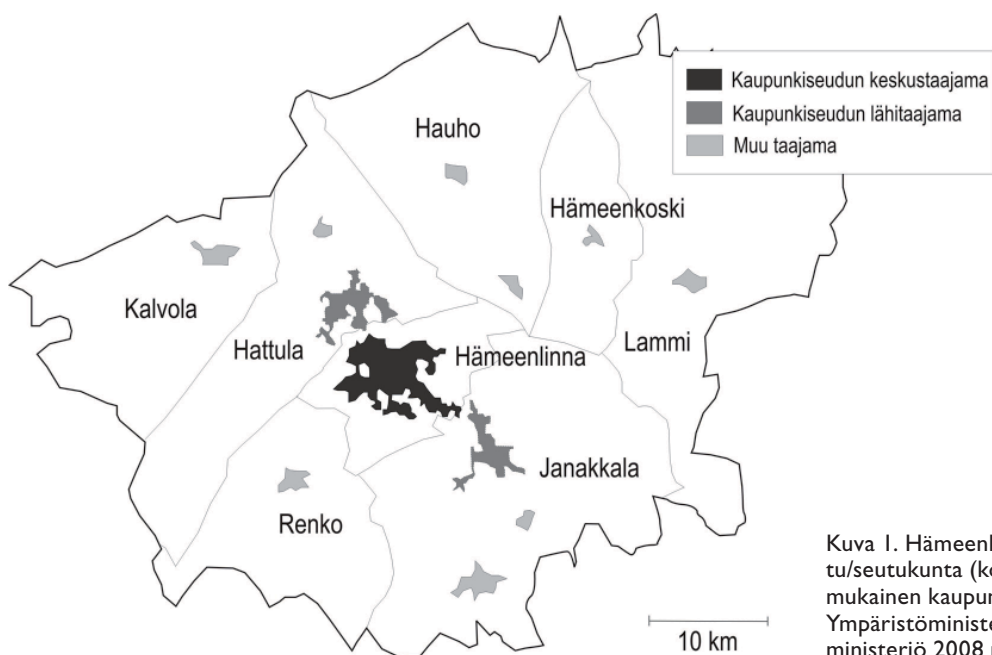
Taulukko 1. Keskeiset käsitteet.

Käsite	Määritelmä	Englanninkielinen vastine
kaupunkiseutu	Alueellisesti yhtenäinen asumisen, työssäkäynnin, palveluiden ja virkistystoiminnan muodostama kokonaisuus	urban region
seutuluonto	Ekologisen toiminnallisuuden ja ekosysteemipalveluiden perusteella muodostettu kaupunkiseutu, jonka rajaus voi tapauskohtaisesti poiketa varsinaisen kaupunkiseudun rajauksesta	nature of urban region
ekosysteemipalvelut	Materiaaliset ja immateriaaliset hyödyt, joita ihminen saa ekosysteemien monimuotoisesta rakenteesta ja toiminnasta	ecosystem services
biologinen monimuotoisuus	Geeni-, laji-, ekosysteemi- ja toimintojen tason monimuotoisuus, jonka nähdään olevan edellytyksenä toimiville ekosysteemipalveluille	biodiversity
ekosysteemi	Bioottisten ja abioottisten tekijöiden muodostama vuorovaikutteinen luontokokonaisuus	ecosystem
pirstoutuminen	Yhtenäisten elinympäristöjen jakautuminen erillisiksi saarekkeiksi maankäytön muutosten seurauksena	fragmentation
habitaatti	Tietyn eliölajin luonnollinen elinympäristö	habitat
ekologinen yhteys	Vaihtelevan levyinen käytävämäinen metsä- tai peltometsäjätkumo, jota pitkin lajit voivat liikkua epäsuotuisien alueiden poikki	ecological corridor
kriteeri	Laadullinen tai määrällinen suunnittelua ohjaava määre, joka sisältää tavoitteen	criterion
mittari	Kriteeriä konkretisoiva laadullinen tai määrällinen raja-/ohjearvo	indicator

Kaupunkiseutu-käsite on oleellinen seutuluonnon tarkastelussa. Käsitettä on käytetty useissa eri merkityksissä valtionhallinnossa ja muissa yhteyksissä jo aiemmin sekä kansallisesti että kansainvälisesti, minkä vuoksi eri tutkimuksia ja aineistoja tarkasteltaessa on tärkeää huomioida, minkä määritelmän mukaista kaupunkiseutua kulloinkin käsitellään. Kaupunkiseudun määrittelemisen tämän työn tavoitteisiin sopivaksi ei ole ollut yksinkertaista juuri aikaisempien määritelmien moninaisuudesta johtuen.

Muista kansallisista kaupunkiseutujen määritelmistä voidaan tässä yhteydessä mainita muutamia esimerkkejä. Valtakunnallisessa yhdyskuntarakenteen seurannassa (YKR) kaupunkiseutuun lasketaan kuuluvaksi kuntakeskuksen keskustaajama, siihen toiminnallisesti ja fyysisesti liittyvät lähitaajamat sekä ympäröivä lievealue, joka on haja-asutusta. Kaupunkiseutu määritellään tällöin ilman hallinnollisia kuntarajoja (Ristimäki 1999, Ympäristöministeriö 2006). Tilastokeskuksen mukaan taas kaupunkiseutu on toiminnallinen kuntien muodostama kokonaisuus, jonka keskuksena on alueen vahvin työpaikka-, asumis- ja osaamiskeskus. Kaupunkiseutujen raja noudattaa tällöin hallinnollisia kuntarajoja. Käytännössä kaupungit ovat määritelleet itse omia kaupunkiseutujaan esimerkiksi Tilastokeskuksen kaupunki-indikaattorihanketta varten (Tilastokeskus 2006). Kaupunkiseuduksi käsitetään tällöin siis laaja alue, joka sisältää hyvin erilaista maankäyttöä. Tämän kaupunkiseutumääritelmän pohjalta on tehty myös kunta- ja palvelurakennemuutoksen (ns. Paras-hanke) mukaisia yhteistyösunnitelmia, joissa kaupunkiseudut ovat hahmotelleet, miten seudulla parannetaan maankäytön, asumisen ja liikenteen yhteensovittamista sekä palvelujen käyttöä yli kuntarajojen (Kuntaliitto 2007). Suomalaista kaupunkiverkkoa ja kaupunkiseutuja on kuvattu sisäasiainministeriön ”Kaupunkiverkko ja kaupunkiseudut 2006” -julkaisussa (Antikainen ym. 2006). Vertailuna kaupunkiseutukäsitteelle voidaan esittää seutukunnan käsite. Seutukunnat ovat sisäasiainministeriön toiminnallisin perustein (=kuntien välinen yhteistyö ja työssäkäynti) määrittelemiä kokonaisuuksia, jotka ovat myös mm. EU:n aluepoliittisten tukien perusalueita. Seutukunnilla ei ole lakisääteisiä päätöksentekoaikaväliä, vaan yhteistyö perustuu kuntien sopimuksenvaraiseen yhteistyöhön (Uudenmaan liitto 2006). Muissa maissa tehdyistä kaupunkiseudun rajauksista mainittakoon esimerkkinä Iso-Britannian tapa määritellä kaupunkiseutu toiminnallisuuden perusteella (*functional urban region, FUR*) joko työssäkäyntialueen (*travel-to-work-area*) tai työmarkkina-alueen (*local labour market area*) mukaan (Ristimäki 1999). Tällainen käsitteiden erilainen määrittelyminen voi vaikeuttaa kaupunkiseutuja koskevaa kansainvälistä tutkimusta ja yhteistyötä.

Esimerkkinä näistä erilaisista määritelmistä voidaan käsitellä Hämeenlinnan aluetta (kuva 1). Hämeenlinnan kaupunkiseutuun kuuluvat Hattula, Hauho, Hämeenlinna, Janakkala, Kalvola, Lammi, Renko ja Tuulos. Hämeenlinnan tapauksessa seutukuntaan kuuluvat samat kunnat kuin kaupunkiseutuun, mutta näin ei aina välttämättä ole. Esimerkiksi Helsingin seutukuntaan kuuluu osaksi eri kuntia kuin

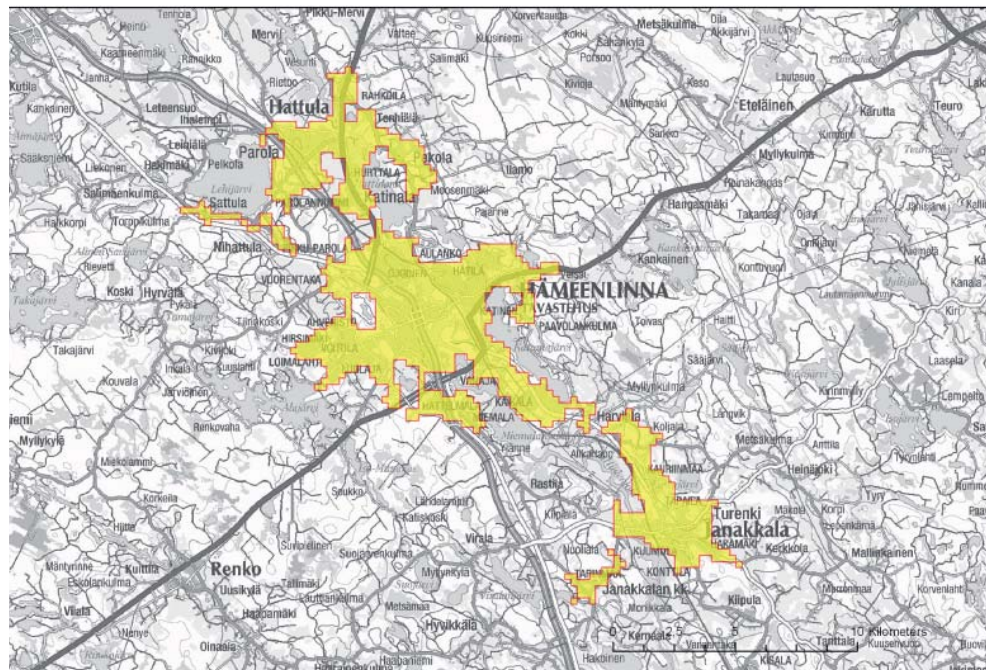


Kuva 1. Hämeenlinnan kaupunkiseutu/seutukunta (koko alue) ja YKR:n mukainen kaupunkiseutu (muokattu Ympäristöministeriö 2006, Sisäasiainministeriö 2008 pohjalta).

Helsingin kaupunkiseutuun (Sisäasiainministeriö 2008). Kuvassa 1 on esitetty myös YKR:n mukainen Hämeenlinnan keskustaajama ja siihen toiminnallisesti ja fyysisesti liittyvät lähitaajamat. Haja-asutuksesta koostuvaa lievealuetta ei kartalla ole (Ympäristöministeriö 2006).

Ristimäen (1999) mukaan kaupunkiseutujen rajaaminen hallinnollisin kuntarajoin vaikeuttaa merkittävästi kaupunkikehityksen seuraamista. Rajausta tulisi hänen mukaansa perustua toiminnallisuuteen, jolloin kaupunkiseutu määritellään kuntarajoista riippumatta. Valtakunnallisessa yhdyskuntarakenteen seurannassa (YKR) kaupunkiseudut määritellään juuri tällä tavoin seurantamuuttujien avulla. Seurantamuuttujat ovat paikkatiedon muodossa olevia yhdyskuntarakennetta kuvaavia muuttujia, joita koskeva tieto on saatavissa valtakunnallisista rekistereistä (esimerkiksi väestö- sekä rakennus- ja huoneistorekistereistä). Näin määriteltynä Suomessa on 34 kaupunkiseutua, joista Hämeenlinna on yksi. Tilastokeskuksen kaupunkiseudun tai sisäasiainministeriön seutukunnan voi ajatella jakautuvan kahteen osaan: urbaaniin kaupunkiseutuun ja sitä ympäröivään maaseutumaiseen, kaupunkiin toiminnallisesti sidoksissa olevaan työssäkäyntialueeseen (Ristimäki 1999).

Tässä työssä tarkasteltava kaupunkiseutu on laajempi kuin YKR:n mukainen tiheän kaupunkiasutuksen alue (kaupunkiseudun keskustaajama), mutta suppeampi kuin Tilastokeskuksen kaupunkiseudun kuntarajoihin perustuva rajausta. Kaupunkiseutuna käsitetään tässä tapauksessa alue, jonka sisäpuolella vähintään 20 prosenttia väestöstä käy töissä kaupunkiseudun keskuksessa. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kaupunkiseudun rajat määritellään jokaisen tarkasteltavan kaupungin kohdalla erikseen huomioiden alueen toiminnalliset olosuhteet (työssäkäyntitilastot). Kuvassa 2 on esitetty alustava Hämeenlinnan kaupunkiseudun rajausta, joka on tehty YKR:n seurantamuuttujien avulla tuoreimmista, vuoden 2005 työssäkäyntitilastoista. Alue on varsin yhtenäinen kuvan 1 kaupunkiseudun keskustaajaman ja lähitaajaman kanssa.



Kuva 2. Hämeenlinnan kaupunkiseutu. (YKR/SYKE).

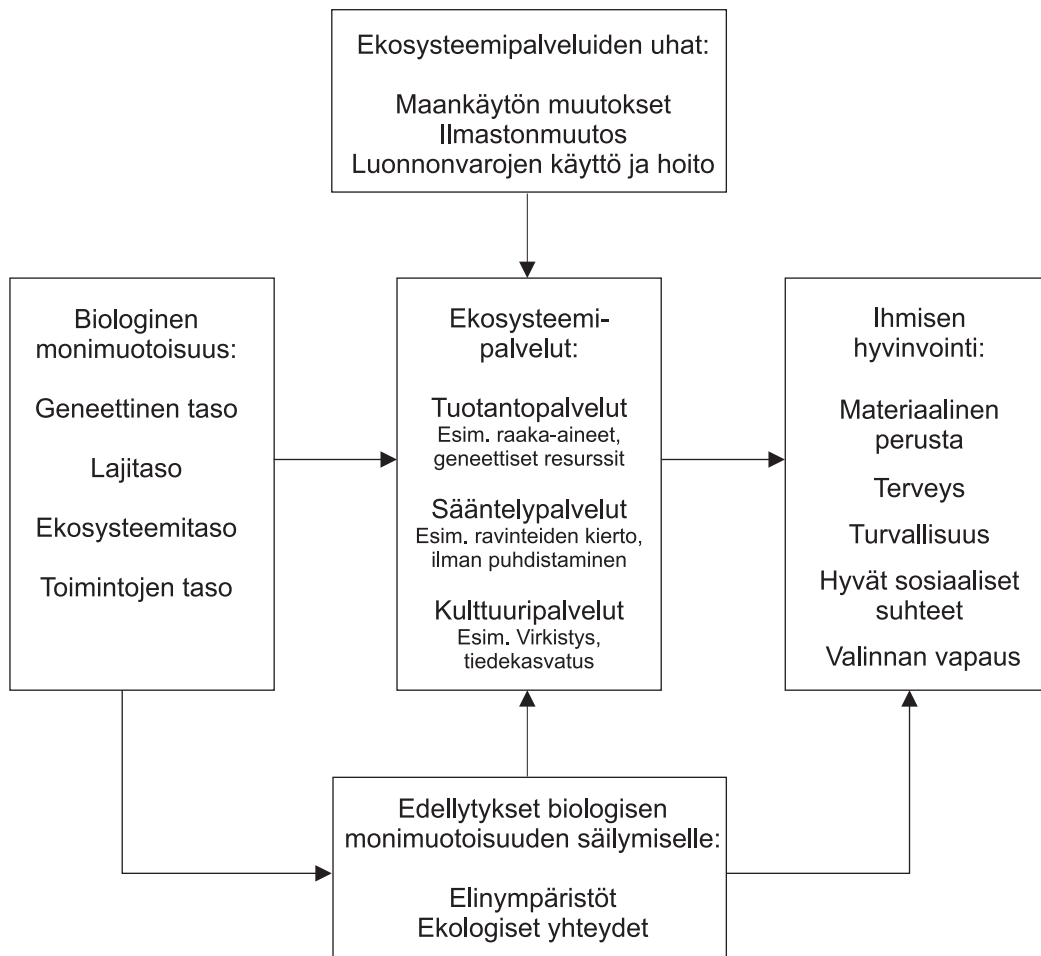
Tarkasteltaessa kaupunkiseudun luontoalueita ja niiden tarjoamia ekosysteemi-palveluja huomioidaan sosiaalinen, taloudellinen ja ekologinen toiminnallisuus niin, että seutuluonto voidaan tapauskohtaisesti määrittellä varsinaista kaupunkiseutua laajempaan alueeseen, jos esimerkiksi yhtenäiset, kaupunkiseudun ja kaupunkilaisten kannalta merkittävät luontoalueet jatkuvat 20 prosentin työssäkäyntialuetta laajemmalle alueelle. Rajauksessa on kuitenkin huomioitava, että mitä laajempaan alueeseen kaupunkiseutu käsitetään sitä suurempi kaupunki-maaseutu -gradientti tai vastakkainasettelu seutuluontoon sisältyy ja sitä heterogeenisempia luontoalueita seudulla on, mikä voi hankaloittaa tarkastelua. Lisäksi kaupunkien laita-alueiden asutustyyppi poikkeaa usein varsinaisesta kaupunki- ja maaseutu-asutuksesta, millä on maankäyttöisten seurauksien lisäksi vaikutusta myös ekologisiin tekijöihin (Pickett ym. 2001). Joka tapauksessa seutuluonnon määrittelyssä on ongelmia, sillä luonto ei tunne hallintorajoja ja toisaalta myös toiminnallisten kokonaisuuksien rajoja on vaikea määrittää luonnossa. Käytännössä seutuluonnon jonkinasteinen määrittelemineen on kuitenkin tarpeen, jotta kaupunkiseutujen maankäytön suunnittelussa voidaan huomioida ekologiset tekijät ja biologinen monimuotoisuus yksittäistä kaupunkia laajemmalla alueella. Määrittely tulee tehdä karttatarkastelun ja muiden tietojen pohjalta kunkin kaupunkiseudun kohdalla erikseen.

Ekosysteemipalveluiden käsitettä käytetään nykyisin yhä enemmän ympäristö- ja luonnonsuojeluun sekä luonnonvarojen käyttöön liittyvissä tutkimuksissa, suunnitelmissa ja käytännön sovelluksissa (esim. MEA 2005, Naskali ym. 2006, metsätalouden kehittäminen, luonnonvaradiologin kehittämishanke Luodin) ja niille on esitetty hieman toisistaan poikkeavia määritelmiä (esim. FAO 2004, MEA 2005). Ekosysteemipalvelunäkökulman kasvaneen merkityksen on nähty johtuvan mm. siitä, että perinteiset näkemykset luonnon suojelemisesta sen itseisarvon vuoksi eivät ole tuottaneet riittävän tehokkaita ratkaisuja monimuotoisuuden turvaamiseksi (Armsworth ym. 2007) ja että käsitteen avulla voidaan paremmin konkretisoida kestävä kehityksen periaatteita (Kremen & Ostfeld 2005). Toisaalta, kritiikkiäkin ekosysteemipalvelukäsitteeseen nojautumisesta on esiintynyt (esim. McCauley 2006, Ridder 2008).

Ekosysteemipalvelut ovat ekosysteemien tarjoamia elintärkeitä palveluja, joiden kautta ihminen arvostaa ja hyödyntää biologista monimuotoisuutta. Ekosysteemipalveluista on joko suoraa tai epäsuoraa hyötyä ihmisille, ja ne muodostavat perustan inhimilliselle hyvinvoinnille. Ekosysteemipalvelut ovat niin sanottuja julkishyödykkeitä, mikä tarkoittaa sitä, että ne ovat kaikkien saatavilla, eikä yhden ihmisen kulutus vaikuta toisten kuluttamiseen. Niillä ei myöskään useinkaan ole markkinahintaa, vaikka niillä on nyt ja tulevaisuudessa huomattava kokonaistaloudellinen arvo ja vaikka niiden korvaaminen tulisikin huomattavan kalliiksi (de Groot ym. 2002, Matero ym. 2003, OECD 2004). Ekologisessa taloustieteessä käytetään yleisesti myös luontopääoman termiä (esim. de Groot ym. 2003, Naskali ym. 2006). Sillä viitataan luonnonvaroihin tai luonnon bioottisiin/abioottisiin osatekijöihin, jotka tarjoavat käyttökelpoisia hyödykkeitä ja palveluja nyt ja tulevaisuudessa. Kun luontaisia ekosysteemejä muutetaan maatalousekosysteemeiksi tai ihmisen tekemäksi pääomaksi (rakennettu ympäristö) luontopääoma vähenee (Jansson & Nohrstedt 2001, de Groot ym. 2003). Luontopääoman suhdetta ekosysteemipalveluihin voi kuvata esimerkiksi niin, että luontopääoman on oltava riittävän suuri, jotta ekosysteemipalvelut säilyvät nyt ja tulevaisuudessa. Ekosysteemipalveluita on yritetty arvottaa niin ekologisesti, sosiaalisesti kuin taloudellisestikin (Nunes & van der Bergh 2001, Matero ym. 2003), ja niille on nykyisin kasvavassa määrin pyritty luomaan markkinahintoja, jotta niiden säilyttämiseen ja suojeluun syntyisi todellisia taloudellisia kannustimia (Naskali ym. 2006).

Ekosysteemipalvelut, joista suuri osa on elämälle kriittisen tärkeitä ja loput merkittäviä esimerkiksi ihmisten elämänlaatua parantavia tekijöitä (Kremen 2005) voidaan yksinkertaisimmillaan jakaa tuotanto-, sääntely- ja kulttuuripalveluihin (kuva 3).

Tuotantopalvelut ovat ekosysteemeissä tuotettuja materiaalisia hyödykkeitä, kuten ruokaa, puutavaraa tai geenivaroja, kulttuuripalvelut puolestaan immateriaalisia hyödykkeitä, joita ihmiset saavat ekosysteemeistä esimerkiksi virkistykseen ja tiedon lisääntymisen kautta. Sääntelypalvelut, jotka useissa lähteissä (mm. MEA 2005) jaetaan sääntely- ja tukipalveluihin, ovat edellisiä palveluja epäsuoremmin havaittavissa. Sääntelypalvelut sääntelevät mm. ilmastoa ja ilman laatua, hydrologisia ja biokemiallisia kiertoja sekä maan prosesseja. Näin ollen ne ovat muiden palveluiden ehdottomana edellytyksenä (Naskali ym. 2006). Kuva 3 esittää tämän työn keskeiset osa-alueet: ekosysteemipalvelut, niiden syntymisen ja säilymisen tärkeimmät edellytykset, niiden merkityksen ihmisen hyvinvoinnille sekä niiden keskeisimmät uhat. Kuvan osa-alueita, erityisesti itse ekosysteemipalveluita ja niiden ekologisia edellytyksiä, käsitellään tarkemmin tulevissa luvuissa.



Kuva 3. Ekosysteemipalvelut sekä niiden edellytykset, uhat ja merkitys (muokattu de Groot ym. 2002 ja MEA 2005 pohjalta).

3 Kaupunkiseutujen luonto

Kaupunkiseutujen luonto on jatkumo kaupunkien keskustojen täysin ihmisen muokkaamista ympäristöistä kaupunkiseutujen reunaosien lähes luonnontilaisiin alueisiin (McDonnell & Pickett 1990). Luonto on tällöin tulosta sosioekonomisten ja biofyysisten prosessien vuorovaikutuksesta, ja on siten hyvin monimutkainen kokonaisuus (Alberti & Marzluff 2004). Kaupunki-maaseutujatkumon esiintyminen tosin riippuu siitä, millaista kaupunkiseutua kulloinkin tarkastellaan. Suomessa selkein jatkumo on varmasti havaittavissa pääkaupunkiseudulla esimerkiksi Helsingin keskustasta Espoon Nuuksion kansallispuistoon, mutta monissa pienemmissä kaupungeissa kaupungin ja harvempaan asutun maaseudun ja luontoalueiden raja on selkeämpi, eikä varsinaista vaihtumisgradienttia ole välttämättä havaittavissa. Joka tapauksessa kaupunkiseutujen luonto on hyvin heterogeenista ja pitää sisällään monenlaisia maa- ja vesiekosysteemejä, joita käytetään vaihteleviin tarkoituksiin vaihtelevalla voimakkuudella. Lisäksi kaupunkiseutujen, ja erityisesti kaupunkien, maankäyttö on jatkuvan muutoksen kohteena, millä on merkittävä vaikutus myös alueiden luontoon ja ekosysteemipalveluihin (Colding 2007).

Kaupunkiseudun luontoa, seutuekologiaa, täytyy lähestyä usean eri mittakaavan avulla, sillä se tarkkuus, millä koko alueelle merkityksellisiä ekologisia tekijöitä tarkastellaan, ei useinkaan ole riittävä esimerkiksi taajama-alueiden luontoalueiden tarkasteluun. Pääsääntöisesti pätee se, että mitä laajempia alueita käsitellään, sitä suuremmista luontoelementeistä puhutaan ja päinvastoin, vaikka itse ekologiset periaatteet, kuten elinympäristöjen ja ekologisten yhteyksien säilyttäminen, ovatkin kaikissa tapauksissa samoja. Tämän lisäksi yksityiskohtainen kaupunkiseudun luonnon tutkiminen on haastavampaa kuin esimerkiksi pelkän kaupunkiluonnon tai luonnontilaisten metsien tutkiminen, sillä kaupunkiseuduilla esiintyy laajempi elinympäristöjen kirjo.

Kaupunkien taajamien viheralueisiin lasketaan kuuluvaksi esimerkiksi kaupunkipuistot (sisältäen kaupunkien luonnonsuojelualueet), viherkäytävät, kaupunkien maaseutumaiset saarekkeet, autioitunut ja hoitamaton maa, asuntoalueiden vihertilat ja talojen puutarhat, kirkkopihat/hautausmaat/koulujen pihat sekä seisova ja virtaava vesi (UK's Department for Transport, Local Government and the Regions 2002, Tzoulas ym. 2007 mukaan). Lisäksi kaupungeissa on paljon urheiluun tarkoitettuja vihreitä alueita, kuten stadioneita ja golfkenttiä, joiden ekologisesta merkityksestä ei toistaiseksi ole juurikaan tietoa. Esimerkiksi Helsingissä on golfkentät peittävät kaupungin maapinta-alasta lähes yhden prosentin (Saarikivi 2008). Kaupunkiseutujen reuna-alueiden luonto koostuu lähinnä maatalous- ja metsäalueista sekä vesistöistä, joilla esiintyy hyvin monimuotoisia luontotyyppisiä ja vaihtelevaa maankäyttöä.

Kaupunkiluonnon ilmiöt ja prosessit ovat sinänsä samoja kuin maaseudulla, mutta fyysisissä tekijöissä on usein vaihtelua. Esimerkiksi kaupunkien lämpötila on usein korkeampi kuin ympäröivien maaseutujen (kaupunkien lämpösaareke), valaistus- ja meluolosuhteet poikkeavat, vettä läpäisemättömiä pintoja on paljon ja ilman epäpuhtauksia enemmän (Kuttler 2008). Kaupunkiluonnon erityispiirteitä ovat

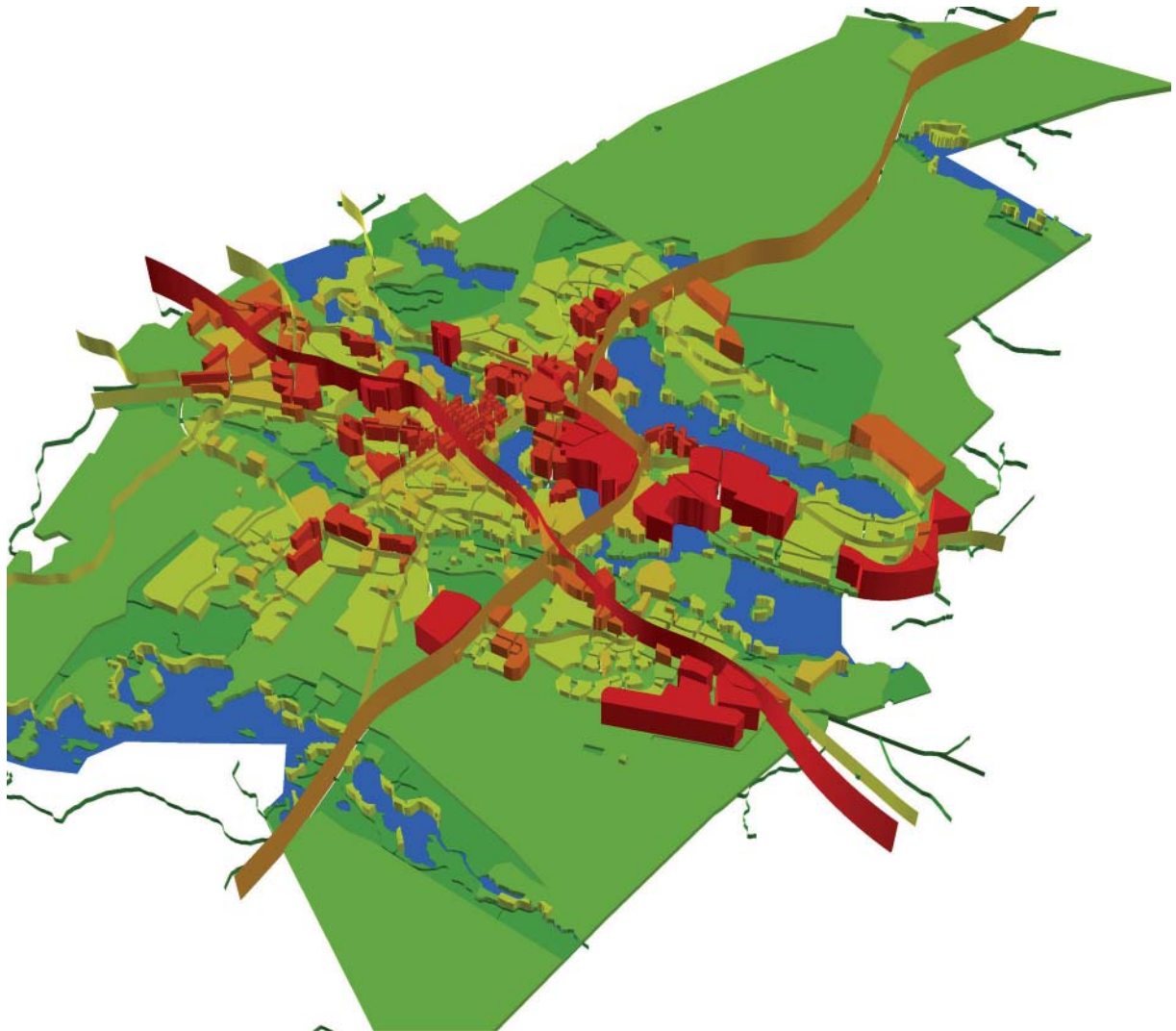
myös erilaisten häiriöiden, tulokaslajien ja habitaattien runsaus (Pickett ym. 2001). Lajimäärät kaupungeissa ovat yleensä runsaita (Pickett ym. 2001); esimerkiksi Suomen biodiversiteettiohjelman arvioinnissa havaittiin, että tarkastelluista vajaasta 20 000 lajista 11% elää rakennetuissa ympäristöissä (Auvinen ym. 2005), vaikka rakennetut alueet peittävät vain 3,5% maan kokonaispinta-alasta (Hildén 2005). Toisaalta taajamien elinympäristöjä pidetään usein hoitotoimin keinotekoisesti sukkession alkuvaiheessa ja populaatiot ovat usein pirstoutuneita. Sekä kaupunkien että luonnontilaisten ekosysteemien ekologiasta on paljon tietoa, mutta sitä ei ole vielä kyetty liittämään kokonaisvaltaisesti suunnitteluun (Pickett ym. 2001). Kaupunkiseuduista sen sijaan ei ole juurikaan ekologista tutkimusta, eikä se välttämättä ole tarpeenkaan, sillä suunnittelussa voidaan tilanteen mukaan soveltaa sekä kaupunkiekologista että alue-ekologista tutkimustietoa.

Kaupungistuminen ja intensiiviset maankäytön muutokset aiheuttavat usein ennalta arvaamattomia muutoksia maisemarakenteessa, ekosysteemeissä, häiriötekijöissä, lajien stressitekijöissä sekä monissa kulttuurisissa, taloudellisissa ja sosiaalisissa tekijöissä (McDonnell & Pickett 1990). Maankäytön muutosten aiheuttamien luontovaiikutusten ja häiriöiden on nähty myös heikentävän ekosysteemien resilienssiä, jolla tarkoitetaan ekosysteemin kykyä sietää häiriöitä ja palautua niiden jälkeen niin, että olennaiset toiminnot, rakenteet ja ominaisuudet säilyvät (Colding 2007).

Maankäytön muutosten, jotka kaupunkiseudun mittakaavassa tarkoittavat niiden teiden, muun infrastruktuurin ja asunto- ja teollisuusalueiden rakentamista kuin laaja-alaista ja intensiivistä luontoalueiden käyttämistä, seurauksena luonnontilaisten habitaattien osuus vähenee pinta-alasta ja viheralueet pienenevät ja pirstoutuvat. Tämän pirstoutumiskehityksen nähdään olevan luonnon monimuotoisuuden vähenemisen merkittävimpiä tekijöitä kaupunkialueilla (McKinney 2002, Balfors ym. 2005, Kettunen ym. 2007). Kun yhtenäiset elinalueet pirstoutuvat yhä pienemmiksi palasiksi, häviävät jotkut lajien elinalueet kokonaan, toiset pienenevät ja joutuvat kauaksi toisistaan (Väre & Krisp 2005, Kettunen ym. 2007), millä on ekologistia seurauksia. Habitaatin pinta-alan supistuessa tai laadun heikentyessä häviävät ensin pedot ja suuret nisäkkäät ravintoverkon yläpäästä (Väre & Krisp 2005, Dobson ym. 2006). Muidenkin lajien populaatiot luonnollisesti pienentyvät ja eristyvät, jolloin populaation riski sukupuuttoon kasvaa suuremmaksi (Lande ym. 2003). Tällöin voidaan puhua metapopulaatioista, jotka ovat saman lajin paikallispopulaatioiden joukko, jotka elävät selvästi erillään toisistaan, mutta joiden välillä tapahtuu sattumanvaraista muuttoliikettä ja geenien vaihtoa (Hanski 1998). Sopivan habitaatin lisäksi lajien esiintymiseen ja säilymiseen alueella vaikuttaa myös lajien mahdollisuus liikkua esimerkiksi ruokailua tai lisääntymistä varten eri habitaattilaikkujen välillä (Kettunen ym. 2007). Liikkumismahdollisuuksiin puolestaan vaikuttavat lajiominaisuuksien lisäksi sekä laikkujen välisten alueiden laatu että laikkujen välimatka (Ricketts 2001). Tiettyjen lajipiirteiden, kuten laajan reviirin, tiukan habitaattivaatimuksen, säännöllisen liikkumistarpeen, alhaisen lisääntymisnopeuden ja rajoittuneen liikkumistavan, on todettu lisäävän herkkyyttä habitaattilaikkujen eristyneisyydelle (Fahrig 2001, Väre & Krisp 2005, Kettunen ym. 2007). Parhaiten pirstoutumiseen ja kaupungistumiseen taas sopeutuvat generalistilajit, kuten kettu, mäyrä ja supikoira (Väre & Krisp 2005).

Erityisesti erilaiset liikenneväylät ja riista-aidat, mutta myös rakennetut alueet muodostavat esteitä yksilöiden liikkumiselle, mikä tulisi ottaa huomioon maankäytön suunnittelussa. Estevaikutus vaikuttaa ennen kaikkea suurten lajien liikkumiseen. Väre & Krisp (2005) ovat tutkineet estevaikutusta ja eläinten liikkumisen suhdetta maankäytön eri muotoihin suomalaisilla kaupunkialueilla paikkatietoaineistojen ja asiantuntija-arvioiden avulla. Estevaikutusarvioinnissa annettiin kullekin maankäyttömuodolle arvo asteikolla 1-100 (todennäköisyys sille, että eläimen kulku estyy), jossa 100 merkitsee täydellistä estettä. Tutkimuksen tuloksena tehtiin estevaikutus-

mallista visuaalinen esitys, josta esimerkkinä Hämeenlinnan alue (kuva 4). Tulosten mukaan voimakkain estevaikutus syntyy tieväylyistä ja aidatuista teollisuusalueista. Jaarsman & Willemsin (2002) mukaan tieväylän vaikutukset luontoon koostuvat toisaalta elinympäristöjen tuhoutumisesta ja muuttumisesta, toisaalta häiriö-, este- ja kuolleisuusvaikutuksesta. Jos halutaan tilanne, jossa eläinten liikkuminen maksimoi-
tuu, tulee sekä este- että kuolleisuusvaikutuksen olla matala.



Kuva 4. Hämeenlinnan ekologinen verkosto. Punaiset ja oranssit alueet Ovat estevaikutukseltaan korkeita, keltaiset ja vihreät puolestaan hyviä alueita eläinten liikkumisen kannalta ja muodostavat ekologisen verkoston (Väre & Krisp 2005).

4 Kaupunkiseutujen ekosysteemipalvelut

Kaupunkiseutujen luonto koostuu vaihtelevista ekosysteemeistä ja habitaateista, ja niinpä sen tarjoamat ekosysteemipalvelut ovat myös moninaisia. Ekosysteemipalveluja tai erityisesti juuri kaupunkien tai kaupunkiseutujen ekosysteemipalveluja ei ole tutkittu kovin paljon, vaikka tutkimuksellinen mielenkiinto niitä kohtaan onkin viime vuosina kasvanut. Kun ekosysteemipalveluita koskevaa tutkimustietoa on rajoitetusti, joudutaan alueiden maankäytön suunnittelua ja hoitotoimia koskeva työ tekemään puutteellisin tiedoin, mikä johtaa Kremenin ja Ostfeldin (2005) mukaan ekosysteemipalveluiden sekä määrälliseen että laadulliseen aliarviointiin.

Taulukossa 2 on luokiteltu joitakin suomalaisten kaupunkiseutujen ekosysteemipalveluja kuvan 3 jaottelun mukaisesti tuotanto-, sääntely- ja kulttuuripalveluihin. Kaupunkien ekosysteemipalvelut hyödyttävät nimenomaan kaupunkilaisia, kaupunkiseutujen palvelut hieman laajempaa ihmisjoukkoa ja koko maan palvelut valtakunnallisesti ja laajemminkin. Samankin palvelun mittakaava voi vaihdella jopa mikrotasosta globaaliin. Ekosysteemipalveluiden ja maankäytön suunnittelun mittakaava riippuu siten aina tapauksesta: kaupungissa ekosysteemipalveluja ja biologista monimuotoisuutta voi tarkastella esimerkiksi lajitasolla, mutta laajemmalla alueella sopiva tarkastelun taso on ekosysteemi- tai maisemataso. Lisäksi joidenkin palveluiden, kuten vaikkapa hiilen sitomisen ja varastoinnin, vaikutus ja merkitys ovat globaaleja, kun taas toiset, esimerkiksi mikroilmaston säätely ja virkistätymis- palvelut, ovat enemmän paikallisia.

Eri kaupunkiseuduilla painottuvat erilaiset ekosysteemipalvelut ja osa luonnon prosesseista voidaan kokea palvelun sijasta ns. haittapalveluna (*disservice*). Tällaisia kaupunkiekosysteemien haittapalveluita ovat esimerkiksi siitepölyn aiheuttamat allergiat, pimeiden puistojen turvallisuusongelmat ja myrkyllisten levien massaesiintymät (Wesławski ym. 2006, Petersen ym. 2007). Itse asiassa jotkut ekosysteemipalvelut ovat sellaisia, että ne voidaan ihmisestä riippuen kokea joko positiivisena hyötynä tai negatiivisena haittana. Lisäksi ekosysteemipalvelut ovat dynaamisia, joiden muutokseen vaikuttavat sekä luonnon omat prosessit että ihmisen toiminta. Aikaisemmin positiivisena koettu palvelu voi muuttua haitaksi ja päinvastoin. Vaikka kaupunkiseutujen ekosysteemipalvelut ovatkin merkittävämpiä ja laaja-alaisempia kuin haittapalvelut, nousee haittapalvelujen sinänsä pieni rooli usein merkittäväksi kaupunkilaisten arkielämässä. Siten haittapalvelut voivat vaikuttaa voimakkaastikin siihen, miten ihmiset kokevat kaupunkien luontoalueet ja miten niitä tulevaisuudessa arvostetaan ja käsitellään, mikä vaikuttaa luonnon monimuotoisuuteen (Lyytimäki ym. 2008).

Taulukko 2. Esimerkkejä kaupunkiseutujen viher- ja vesialueiden tarjoamista ekosysteemipalveluista (muokattu Kremen 2005 pohjalta).

Ryhmä	Palvelu	Palvelua tuottava yksikkö	Lähde
Tuotanto-palvelut	Puuraaka-aineet Ravinto: riista, kalat, marjat, sienet Sininen vesi (makea käyttövesi)	eri puulajit eri lajit maa-, makean veden ja merien ekosysteemeissä maaperä → pohjaveden suodatus, pidätys ja varastointi	Matero ym. 2003 Matero ym. 2003 Matero ym. 2003 Brauman ym. 2007
Säätely-palvelut	Mikroilmaston säätely katu- ja kaupunkitasolla → lämmityskustannusten muutokset Kaasujen kierto → O ₂ :n tuotto, CO ₂ :n kulutus Hiilen sitominen ja varastoiminen Habitaattien tarjonta Ilmansaasteiden puhdistaminen Melun vähentäminen taajamissa ja isojen liikenneväylien varrella Sadeveden imeytyminen → tulvahuippujen tasoittaminen (Jäte)vesien puhdistaminen Pölytys → kasvipopulaatioiden ylläpito → ruoan tuotanto Maaperän muodostaminen ja ravinteisuuden ylläpito	kasvillisuus kasvillisuus, erityisesti metsät kasvillisuus, erityisesti puut koko monimuotoisuus kasvipeitteiset alueet, mikro-organismit tiheä/leveä metsä, pehmeät pinnat kasvipeite kosteikot (kasvillisuus, mikro-organismit) hyönteiset, linnut, nisäkkäät karike, selkärangattomat, mikro-organismit...	McPherson ym. 1997 Jo & McPherson 2001 Lebel ym. 2007 McHale ym. 2007 Balvanera ym. 2005 de Groot ym. 2002 Givoni 1991 McPherson ym. 1997 Nowak ym. 2006 Bowker ym. 2007 AAC 2002 Bolund & Hunhammar 1999 Guo ym. 2000 Ewel 1997 Bolund & Hunhammar 1999 Nabhan & Buchmann 1997 Thomson & Goodell 2001 Balvanera ym. 2005 Daily ym. 1997 de Groot ym. 2002
Kulttuuri-palvelut	Kaupunkilaisten virkistäytyminen → psykofyysiset ja -sosiaaliset terveysvaikutukset Tiedekasvatus, tutkimus & koulutus	koko monimuotoisuus erityisesti puistoissa, metsissä ja vesiekosysteemeissä koko monimuotoisuus	Postel & Carpenter 1997 Bolund & Hunhammar 1999 Arnberger 2006 Grahn & Stigdotter 2003 Butler ym. 2005 Gidlöf-Gunnarsson & Öhrström 2007 Hansmann ym. 2007 Tzoulas ym. 2007 Bolund & Hunhammar 1999 Matero ym. 2003

Kaupunkiseuduilla, erityisesti pienemmissä kaupungeissa, monet kaupunkilaisten käyttämistä virkistyspalveluista ovat ympäröivän maaseudun tarjoamia ekosysteemipalveluja (esimerkiksi metsästys, kalastus, marjastus, sienestys, ulkoilu). Taajamien lähimetsiä käytetään arkiliikkumiseen ja virkistäytymiseen ja taajamien ulkopuolisia virkistys- ja luontoalueita lähinnä viikonloppuretkelyyn (Arnberger 2006). Viher- ja virkistysalueiden tarjoamat ekosysteemipalvelut lienevät kaupunkilaisten näkökulmasta katsottuna yksi tärkeimmistä ja helpoiten ymmärretyistä ekosysteemipalveluista. Näitä alueita on myös tutkittu runsaasi niin ekologisesta (esim. Niemelä 1999, Lehvävirta & Rita 2002, Junker & Buchecker 2008, Shafer 2008), sosiaalisesta (esim. Savard ym. 2000, Grahn & Stigdotter 2003, Chiesura 2004, Gidlöf-Gunnarsson & Öhrström 2007) kuin taloudellisestakin (esim. Tyrväinen & Miettinen 2000) näkökulmasta.

On myös huomioitava, että monet ekosysteemipalvelut ovat yliseudullisia, jolloin niiden rajaaminen tietylle maantieteelliselle alueelle on vaikeaa (esim. jokien tarjoamat ekosysteemipalvelut). Joka tapauksessa joidenkin kansallisesti merkittävien ekosysteemipalveluiden voidaan katsoa olevan vähemmän merkityksellisiä kaupunkiseuduilla. Tällaisia voisivat Suomessa olla esimerkiksi vesivoima sekä ravinto, raaka-aineet ja geneettiset resurssit suuressa mittakaavassa. Voidaan kuitenkin kysyä, kannattaako tällaista erottelua tehdä lainkaan, sillä ekosysteemipalvelut ovat kuitenkin aina sidoksissa siihen kaupunkiseutuun, jolla ne esiintyvät. Jollain kaupunkiseudulla esimerkiksi vesivoiman tuotanto voi olla merkittävää, kuten Tampereen Tammerkosken tapauksessa. Tässä tarkastelussa ekosysteemipalveluiden ulkopuolelle rajataan kuitenkin sellaiset fyysisten ja kemiallisten toimintojen aikaansaamat palvelut, jotka eivät ole tulosta ekosysteemien toiminnasta. Tällaisia ovat esimerkiksi vesistöt kulkureitteinä ja vesivoimana sekä kallioperän tarjoamat aineelliset hyödykkeet, vaikka ne jossain lähteissä (esim. Postel & Carpenter 1997, Brauman ym. 2007) luetaan kuuluvaksi ekosysteemipalveluiden joukkoon. Ekosysteemipalveluiden edellytysten kannalta kuitenkin esimerkiksi perinteisten uusiutumattomien luonnonvarojen hyödyntämisellä on merkitystä, sillä jos niitä käytetään kestävästi, heikentyvät todennäköisesti myös useat ekosysteemipalvelut, minkä vuoksi myös se näkökulma on huomioitava tutkimuksessa ja alueiden käytön suunnittelussa.

Eri ekosysteemipalveluiden välillä on vaihtosuhteita ja synergioita, mikä on ekosysteemipalveluiden olennainen piirre. Lisäksi palvelut ovat voimakkaasti riippuvaisia toisistaan (Brauman ym. 2007). Esimerkiksi, jos metsän puut kaadetaan ja niiden myynnistä saadaan taloudellista hyötyä, ei samainen metsä tuota enää samoja virkistyspalveluita kuin aikaisemmin. On tosin nähty (Naskali 2008), että nykyisin tuotantopalveluita on lisätty esimerkiksi säätelypalveluiden kustannuksella. Erilaiset yhteydet tunnetaan kuitenkin toistaiseksi varsin huonosti. Niitä olisikin syytä tutkia paremmin ja huomioida tarkastelussa erilaiset tulevaisuusskenaariot ja maankäyttösuunnitelmat. On kuitenkin huomattava, että on vaikeaa löytää tilanne, jossa kaikki ekosysteemipalvelut tulevat huomioiduiksi kestävä kehityksen periaatteiden mukaisesti (Vehkamäki ym. 2006).

On myös hyvä muistaa, että kansainvälisesti tarkasteltuna maailman kaupungit ovat hyvin erilaisia. Esimerkiksi etelä-afrikkalaisen tutkimuksen mukaan köyhissä etelä-afrikkalaisissa kaupungeissa on hyvin vähän julkisia vihreitä alueita (McConachie ym. 2008). Paljon vaihtelua löytyy myös Euroopan sisältä, sillä esimerkiksi suomalaisten itsestäänselvyytenä pitämää jokamiehenoikeutta liikkua yksityisomistuksessa olevassa metsässä ei tunneta esimerkiksi Keski-Euroopassa. Tällaisten metsien tarjoamat julkiset ekosysteemipalvelut ovat siten myös osin erilaisia kuin Suomessa.

5 Biologinen monimuotoisuus ja sen luomat edellytykset ekosysteemi- palveluiden syntymiselle ja säilymiselle

Ihmisen hyvinvointi on riippuvaista ekosysteemipalveluista. Ekosysteemipalvelunäkökulman mukaan luonnon monimuotoisuuden arvo muodostuu sen merkityksestä ekosysteemipalveluiden tuottajana (ks. kuva 2), jolloin monimuotoisuuden arvo ihmisille on epäsuora, mutta korkea (Matero ym. 2003). Ekosysteemipalveluiden muodostumisen ja säilymisen on siis nähty olevan riippuvaista ennen kaikkea biologisesta monimuotoisuudesta ja toimivista ekosysteemeistä (Tilman 1997, Kremen & Ostfeld 2005, MEA 2005, Balvanera ym. 2006). Biologisen monimuotoisuuden roolia eri palveluiden syntymisessä ei ole kuitenkaan toistaiseksi tutkittu juurikaan, minkä seurauksena palveluiden ekologiset edellytykset aliarvioidaan sekä määrällisesti että laadullisesti (Kremen & Ostfeld 2005). Viime aikainen tutkimus (de Groot ym. 2002, MEA 2005) on keskittynyt selvittämään lähinnä ekosysteemipalveluiden tarjontaa, kysyntää, luokittelua, uhkia ja taloudellista arvottamista (Kremen 2005). Monet kaupunkialueet ovat kuitenkin riippuvaisia esimerkiksi puhtaan veden suodatukselta, mutta tietoa siitä, kuinka paljon ja minkälaisia luontoalueita kyseisen palvelun säilymiseksi tarvitaan, on vain vähän. Kremen (2005) ehdottaakin, että ekosysteemipalveluiden ekologiaa tulisi tutkia monipuolisesti huomioiden palvelua tuottavat avainlajit tai -kokonaisuudet, avainlajin palvelun tuottamisen edellytyksiin vaikuttavat bioottiset ja abioottiset tekijät ja prosessit sekä ajallinen ja tilallinen mittakaava. Toistaiseksi vain muutamia yksittäisiä ekosysteemipalveluja on tutkittu tällä tarkkuudella. Kremen ym. (2007) ovat esimerkiksi tutkineet pölytyspalvelua ja sen merkitystä Pohjois-Kaliforniassa ja havainneet sen taloudellisen merkityksen olevan suuri. Luontaisten pölyttäjiä puuttuessa viljelijät joutuvat turvautumaan tarhapölyttäjiin, joiden hankkiminen tuo lisäkustannuksia. Samaiseen ongelmaan on törmätty aivan viime aikoina myös Suomessa, kun esimerkiksi kimalaisten kannat ovat romahtaneet, jolloin tarhapölyttäjiä käyttöä on jouduttu lisäämään (Yle Uutiset 2008).

Ymmärtämällä kunkin ekosysteemipalvelua tuottavan yksikön suhteellinen merkitys palvelun tuotannossa, voidaan arvioida, miten kukin ekosysteemipalvelu muuttuu esimerkiksi häiriöiden tai hoito- ja käyttötoimien seurauksena (Kremen 2005). Tällaisella tiedolla olisi paljon soveltavaa käyttöä esimerkiksi maan- tai luonnonvarojen käytön suunnittelussa. Tosin yksittäisten lajien ja toimintojen merkitystä koko ekosysteemille on vaikea arvioida tarkasti johtuen monimutkaisista vuorovaiikutussuhteista ja ajallisesta sekä tilallisesta muutoksesta (Matero ym. 2003). Lajiston monimuotoisuuden ja ekologisten toimintojen välistä positiivista suhdetta on tutkittu useissa tutkimuksissa (esim. Dimitrakopoulos & Schmid 2004, Hooftman ym. 2004, Roscher ym. 2004), mutta useimmat tämän kaltaiset tutkimukset on tehty yksinkertaisissa ekosysteemeissä, jolloin yleistäminen esimerkiksi monimutkaisiin metsäekosysteemeihin on hankalaa (Matero ym. 2003). Dobson ym. (2006) ovat tutkineet ekosysteemipalveluiden muodostumista eri trofiatasoilla ja havainneet, että osa palveluista on hyvin pienen lajijoukon tuottamia palveluja ja ovat siksi herkkiä muutoksille. Suurempi osa palveluista muodostuu kuitenkin useampien lajien yh-

teisvaikutuksesta, mikä pienentää palvelun katoamisen riskiä. Tutkimuksessa tultiin myös siihen tulokseen, että ravintoverkon yläpäässä olevien lajien (huippupetojen) tuottamat ekosysteemipalvelut kärsivät muutoksista ensimmäisenä.

Biologisen monimuotoisuuden vähenemisen alueellisia ekologisia vaikutuksia on tutkittu suhteellisen tarkkaan pirstoutuneilla alueilla, joissa esiintyy punkkien ihmisiin, muihin nisäkkäisiin ja matelijoihin tartuttamaa borrelia-bakteeria. Esimerkiksi Ostfeld & Lo Giudice (2003) ovat havainneet, että kun alue on riittävän suuri, elää siellä monimuotoinen nisäkäsyhteisö, jolloin todennäköisyys saada borrelia-bakteeri punkin puremasta on pienempi. Tämä johtuu siitä, että punkit, jotka toimivat bakteerin väli-isäntinä, saavat bakteerin sisäänsä ruokaillessaan hiirillä, jotka kantavat borrelia-bakteeria. Kun eläinyhteisö on monimuotoinen, löytyy punkeille toisaalta enemmän vaihtoehtoisia ruokailukohteita ja toisaalta alueella on enemmän hiirikantaa vähentäviä petoja, jolloin bakteeria kantavia punkkeja on populaatiossa vähemmän.

Luonnon monimuotoisuutta ylläpitäviä tekijöitä kaupunkiseuduilla ovat mm. riittävän laajat yhtenäiset luontoalueet ja niiden väliset ekologiset yhteydet (Väre & Rekola 2007). Niitä ei varsinaisesti voi pitää ekosysteemipalveluna, mutta niillä on tärkeä merkitys nimenomaan ekosysteemipalveluiden ylläpitämisessä. Usein kuitenkin kaupunkien luonnon monimuotoisuutta ylläpitävät alueet ovat samalla myös kaupunkilaisten virkistäytymisalueita, joten siinä mielessä niillä on suora yhteys ekosysteemipalveluihin.

On esitetty, että ilmastonmuutoksesta on tulossa elinympäristöjen häviämisen ja pirstoutumisen ja luonnonvarojen liikakäytön kaltainen uhka biologiselle monimuotoisuudelle. On mahdollista esimerkiksi, että ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvät sairaudet, tuholaiset ja kuivuus, veden pinta nousee merkittävästi, keväät aikaistuvat ja talviolosuhteet muuttuvat olennaisesti. Nämä muutokset vaikuttavat ekosysteemien rakenteeseen, toimintoihin, alueelliseen jakautumiseen ja häiriöiden sietokykyyn (resilienssiin). Kaupungeissa tulee todennäköisesti esiintymään vaikutuksia, jotka ovat samankaltaisia ympäri maailmaa (voimistunut kaupunkien lämpösaareke, muutokset tulvariskeissä sekä ilmanlaadun ja tulokaslajien ongelmat). Ilmastonmuutoksen vaikutusten ennustamisen epävarmuus vaikuttaa myös kaupunkiseutujen tulevan kehityksen arviointiin.

5.1

Elinympäristöt

Ekosysteemien toiminta, luonnon monimuotoisuus ja ekosysteemipalvelut ovat riippuvaisia niin lajirikkaudesta ja -koostumuksesta, tiheyksistä, biomassasta, vuorovaikutussuhteista, habitaattien määrästä ja laadusta sekä suojelualueiden sisä- että ulkopuolella kuin liikkumismahdollisuuksista (Lee ym. 2002, Normander ym. 2006). Biologisen monimuotoisuuden vähenemisen (etenkin lajien sukupuuttojen) suurin syy on kuitenkin sopivien habitaattien väheneminen (MEA 2005), joten habitaatti-/elinympäristönäkökulma on tärkeä myös ekosysteemipalveluiden kannalta. Tästä johtuen monet suunnittelijat ovat esittäneet kysymyksen, kuinka paljon kutakin habitaattia tulisi säilyttää, jotta tietyt lajit tai monimuotoisuus säilyisivät (Fahrig 2001). Luonnonsuojelubiologit ovat yrittäneet tutkimuksin vastata tähän kysymykseen, mutta koska lajien menestyminen riippuu monesta tekijästä, kuten habitaattilaikun ominaisuuksista, koosta ja ympäröivästä alueesta (Lee ym. 2002) ja on aina tapauskohtaista, ei yleistä vastausta kysymykseen voida luonnollisestikaan antaa. Joka tapauksessa Fahrig (2001) painottaa sitä, että lajien suojelussa tulisi panostaa ensisijaisesti habitaattien säilyttämiseen ja kunnostamiseen. Olemassa olevien habitaattilaikkujen laatua voidaan parantaa joissain tapauksissa myös erilaisin hoitotoimin,

mikä voi osaltaan vähentää pirstoutumisen vaikutuksia populaatioihin (Ricketts 2001). Lisäksi maankäytön suunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota koko maiseman laatuun, mukaan lukien habitaattien välitila. Jälkimmäistä havainnollistaa se, että tietyissä olosuhteissa riittää jopa puolet vähemmän habitaattia, jos huonolaatuinen habitaattien välitila muuttuu hyvälaatuisiksi. Välitilan laatua voi parantaa panostamalla heterogeeniseen maisemaan ja vähentämällä esimerkiksi eläinten kuolleisuutta (Fahrig 2001).

Kaupunkiseudun mittakaavassa elinympäristöjen säilyttäminen voi tarkoittaa hyvin eri kokoisten alueiden huomioimista suunnittelussa. Kaupunkien taajamissa pienetkin luontoalueet voivat olla merkittäviä lajistolle ja ihmisten virkistäytymiselle. Löfvenhaftin ym. (2002) mukaan kaupunkien ekosysteemipalveluille tärkeitä ekosysteemejä ovat erityisesti lehti- ja havumetsät, ruohostot ja kosteikot. Seutujen reuna-alueilla sen sijaan voidaan huomioida tilanteesta riippuen myös esimerkiksi laajat yhtenäiset metsäalueet. Niillä tarkoitetaan metsäalueita, jotka ovat säilyneet *pinta-alaltaan muihin metsäalueisiin verrattuna laaja-alaisena ja kokonaan tai lähes pirstoutumattomana*. Ne ovat pääasiassa tavallista metsätalousmaata, mutta myös virkistyskäyttö voi olla alueilla merkittävää (Väre & Rekola 2007). Vaateliaamman ja uhanalaisemman lajiston säilymistä on pyritty turvaamaan myös erityislainsäädännöllä, kuten säädöksillä erityisen tärkeistä elinympäristöistä, suojeltavista luontotyypeistä ja lajeista sekä luonnonsuojelualueista.

Alueilla, jossa maankäyttö tai paineet maankäytön muuttamiseen ovat intensiivisiä, kannattaa erilaiset luonto- / viheralueet sijoittaa suunnittelussa mahdollisuuksien mukaan lähekkäin, jolloin niistä muodostuu laajempia luonto- ja maisemakokonaisuuksia. Koko seudun mittakaavassa voidaan tällöin muodostaa metsä-, luonnonsuojelu-, Natura- ja virkistysalueista laajoja ja yhtenäisiä *ekologis-maisemallisia kokonaisuuksia* (Niemelä & Yli-Pelkonen 2008). Colding (2007) on käyttänyt tällaisesta periaatteesta ekologisen maankäytön täydentäminen –ilmaisua (*ecological land-use complementation*). Se perustuu ajatukseen, että läheiset ekosysteemit tukevat ja täydentävät toisiaan, jolloin tärkeät ekosysteemien toiminnot ja palvelut säilyvät paremmin. Esimerkiksi pölyttäjähönteiset tarvitsevat erilaisia elinympäristöjä kehityksensä eri vaiheissa, jolloin erilaisten ekosysteemien läheisyys hyödyttää hönteisiä. Ekologisen täydentämisen periaate soveltuu laajojen alueiden lisäksi käytettäväksi myös pienemmillä kaupunkialueilla, joissa kaupunkien julkisia viheralueita kannattaa sijoittaa mieluummin omakotitaloalueiden kuin teollisuusalueiden läheisyyteen. Tällöin luodaan mahdollisuus sille, että julkisessa (kaupunkipuistot ym.) ja yksityisessä (kaupunkilaisten omat puutarhat) omistuksessa olevat maa-alueet voivat täydentää ja tukea ekologisesti toisiaan. Coldingin (2007) mukaan ekologisen täydentämisen periaatetta soveltamalla voidaan yhtäaikaisesti toteuttaa sekä täydennysrakentamista että ekologisten yhteyksien säilyttämistä. Se, miten periaate istuu kaupunkiseutujen suunnitteluun ja millaisia hyötyjä tai haittoja siitä vastaavasti on, on kuitenkin vielä selvittämättä.

5.2

Ekologiset yhteydet

Monimuotoisuuden ja ekosysteemipalveluiden turvaamiseksi on elinympäristöjen lisäksi huomioitava yksilöiden liikkuminen eli sekä kulkureitit rakennetun ympäristön joukossa että rakennettujen ympäristöjen (rakennukset, infrastruktuuri, erityisesti leveät tiet ja radat) muodostama estevaikutus (Löfvenhalt ym. 2002, Väre & Krisp 2005). Niiden vuoksi tulisikin suunnitella myös ekologiaa yhteyksiä ja verkostoja. Ekologinen verkosto koostuu luonnon ydinalueista ja ekologisista yhteyksistä. Luonnon ydinalueella tarkoitetaan rauhallista, laajaa, lajistolle tärkeää, tavanomaista metsä- tai maatalousaluetta. Ekologinen yhteys taas on käytävämäinen, vaihtelevan

levyinen yhteys luonnon ydinalueiden tai pienemmässä mittakaavassa esimerkiksi eri habitaattien välillä. Ekologista verkostoa voidaan käsitellä koko maanosan laajuuisena yleiseurooppalaisena, valtakunnallisena, maakunnallisena tai paikallisena verkostona, sillä verkoston eri tasoilla on erilainen ekologinen merkitys ja kaikkia tasoja tarvitaan monimuotoisuuden säilyttämisessä (Väre & Rekola 2007). Myös kaupunkiseutujen suunnittelussa on siis huomioitava niin paikallinen kuin aluetasonkin verkosto ja huolehdittava, että lajistolla on yhteys luonnon ydinalueille, vaikkei niitä juuri esiintyisikään seudulla.

Ekologisen yhteyksien merkityksestä ja tehokkuudesta on esitetty erilaisia mielipiteitä ja niitä koskeva tutkimustieto on puutteellista ja osin ristiriitaista. Kriittisiä huomioita on esitetty esimerkiksi siitä, toimivatko väylät lajien todellisina kulkuväylinä, vievätkö yhteydet huomion habitaattien ja luonnonsuojelualueiden säilyttämiseltä, keskitytäänkö yhteyksien suunnittelussa liiaksi metsäisiin käytäviin ja miten yhteydet voidaan taata erilaisten omistusoikeuksien tilanteessa (Bryant 2006). Monissa tutkimuksissa ollaan kuitenkin tultu siihen tulokseen, että ekologisten yhteyksien myötä kasvaa myös kokonaislajirikkaus (Debinski & Holt 2000, Damschen ym. 2006), mitä voitaneen pitää riittävänä perusteluna yhteyksien suunnittelulle. Lisäksi ekologisten yhteyksien säilyttäminen on tärkeää epävarmuuksista huolimatta jo varovaisuusperiaatteenkin vuoksi. Väre & Rekolan (2007) mukaan ekologisen verkoston tulisi olla samanlainen lähtökohta maankäytön suunnittelulle kuin tärkeimmät pohjavesialueet, maisemarakenne ja virkistysalueverkosto. Näin ei kuitenkaan toistaiseksi ole.

Ekologisen verkoston on nähty olevan erityisen tärkeä lajeille, joilla on tarkat ja vaatelias elinympäristövaatimukset, jotka käyttävät samoja vaellusreittejä, joilla on suuri reviiiri, joiden levittäytymistä maankäyttö vaikeuttaa, jotka liikkuvat hitaasti ja joiden liikennekuolleisuus on suuri (Väre & Rekola 2007). Lisäksi ekologiset yhteydet voivat olla tärkeitä lajien sopeutumisessa muuttuvaan ilmastoon, vaikka maiseman rakenteen ja ilmastonmuutoksen synergistinen suhde onkin toistaiseksi huonosti tunnettu (Hulme 2005, Wilby & Perry 2006). Parhaimmillaan ekologiset yhteydet palvelevat siis sekä eläinten että ihmisten liikkumista, ja niihin liittyikin sekä luonnon monimuotoisuuteen, kaupunkikuvaan ja –maisemaan, kulttuurihistoriaan, virkistämiseen että koulutukseen liittyviä arvoja (Väre & Krisp 2005, Bryant 2006). Lisäksi ekologiset yhteydet tai vastaavasti erilaiset estevaikutukset voivat olla merkittäviä ravinteiden ja veden virtauksessa (Ahern 2004).

Viheryhteyksien suunnittelussa tulisi huomioida muutamia periaatteita, jotta ne toimisivat ekologisina yhteyksinä. Ensinnäkin, ekologisilla yhteyksillä tulee olla selkeät ekologist tavoitteet ja perustelut. Toiseksi viheryhteyksien tulisi integroitua muihin suojelu- ja kaavoitussuunnitelmiin ja olla kustannustehokkaita. Kolmanneksi, on tärkeää, että suunnittelussa huomioidaan nimenomaan yksinkertaisen fyysisen yhteyden lisäksi myös ekosysteemien toiminnallinen yhteys, vaikka toiminnallisten yhteyksien suunnitteleminen onkin huomattavasti haasteellisempaa lajien erilaisten vaatimusten vuoksi. Neljänneksi, koska luonto ei tunne hallinnollisia rajoja, on ekologisten yhteyksien suunnittelussa huomioitava myös alueen ulkopuoliset, mutta verkostoon olennaisesti liittyvät alueet. Viidenneksi, viheryhteyksiä tulisi varata eri ilmansuuntiin ja rannikolta sisämaahan sekä huomioida vuorten rinteiden lajisto ilmastonmuutokseen sopeutumisen edistämiseksi (Bouwma ym. 2004, Kettunen ym. 2007, Niemelä & Yli-Pelkonen 2008).

Ekologisten käytävien leveys maankäytön suunnittelussa noudattaa usein seuraavia ohjearvoja: maaseuduilla 500-1000 metriä, kaupunkialueilla 250-300 metriä (Väre & Rekola 2007). Perusteet leveyksien määrittämiselle on saatu mm. eläinten käyttäytymistä koskevista tutkimuksista. Esimerkiksi Taylorin & Knightin (2003) tutkimuksissa tutkittiin biisonin, peuran ja hanka-antiloopin kokemusta kävelevästä ja maastopyöräilevästä ihmisestä, jolloin yksilöiden pakoetäisyyden havaittiin olevan noin 150 metriä. Toisessa kokeessa (Preisler ym. 2006) tutkittiin paikkatieto- ja

tilastomenetelmin suljetulla alueella elävien hirvien reaktioita maastoautoihin ja pakotäisyyksiä. Ohjeellisista leveyksistä ja suunnitteluohjeista huolimatta kuitenkin esimerkiksi maakuntakaavaan merkittyjä yhteyksiä nakerretaan tai jopa katkotaan yksityiskohtaisen kaavoituksen yhteydessä valitettavan usein (Saarela 2008). Mm. Wahlgrenin ym. (2008) mukaan yhtenäisten luonto- ja virkistysalueiden sekä ekologisten käytävien muodostuminen on mahdollista silloin, kun taajama-alueet suunnitellaan selkeiksi ja tiiviiksi kokonaisuuksiksi.

5.3

Ekologisen kestävyden suunnittelukriteereiden muodostaminen

Seutukeke-hankkeen tavoitteena on mm. kehittää käytännön maankäytön suunnittelussa käytettäviä määrällisiä tai laadullisia kriteereitä, joilla pyritään konkretisoimaan kestävän kehityksen periaatteita. Kriteerit, tai tarkemmin niiden yleisemmät tavoitteet, johdetaan valtakunnallisista, maakunnallisista ja paikallisista kestävän kehityksen ja luonnon monimuotoisuuden turvaamisen tavoitteista, kuten valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista, Valtioneuvoston biologista monimuotoisuutta koskevasta periaatepäätöksestä sekä kaupunkien kestävän kehityksen strategioista ja ympäristöohjelmista. Oman lisäpanoksensa kriteerien määrittelyyn tuovat erilaisten hankkeiden ja suunnitelmien ympäristövaikutusten arviointiin tarkoitetut ohjeistot ja indikaattorit, joita on laadittu niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin (alla muutama esimerkki). Kriteerien muodostamiseen vaikuttavat siten sekä maankäytön suunnittelun käytännöt, seudun aluerajaus että yleiset kestävän kehityksen tavoitteet. Seutukeken kriteereitä konkretisoimaan muodostetaan mittareita, joilla asetetaan tiettyjä raja- tai ohjearvoja tai hyviä suunnitteluperiaatteita, joita sitten pyritään mahdollisuuksien mukaan hyödyntämään suunnittelussa. Tavoitteena on, että mittareita voidaan käyttää paikkatietoaineistoin ja -menetelmin.

Euroopan unionin SEBI-projekti (Streamlining European 2010 Biodiversity Indicators) (EEA 2007) on julkaissut biologisen monimuotoisuuden suojelun ja säilyttämisen indikaattoreita, joilla pyritään arvioimaan biologisen monimuotoisuuden 2010-tavoitteen saavuttamista ja tiedottamaan siitä. Indikaattoreita on yhteensä 26, ja ne käsittelevät biologisen monimuotoisuuden tilaa ja tulevaisuutta, uhkia, ekosysteemien eheyttä, ekosysteemipalveluja, luonnonvarojen kestäväää käyttöä ja kansalaisten tietoisuutta. Indikaattorien valinnassa käytettiin mm. seuraavia periaatteita: Indikaattorin

- viestin tulee olla selkeä
- tulee kohdistua biologisen monimuotoisuuden avainominaisuuksiin
- tulee perustua selkeästi määriteltyyn tavoitteeseen
- määrittelymenetelmien tulee olla selkeitä
- tulee olla laajalti hyväksytty
- tulee kattaa laaja maantieteellinen skaala
- avulla tulisi pystyä vertailemaan eri alueita
- tulisi olla herkkä muutoksille
- määrän tulisi olla mahdollisimman pieni, jotta niitä voitaisiin käyttää.

Kyseiset periaatteet on hyvä pitää mielessä myös Seutukeken suunnittelua ohjaavien kriteereiden ja mittareiden luomisessa. Myös itse SEBI-indikaattoreissa on joitakin sellaisia, joita voidaan käyttää myös Seutukeke-kriteereinä, jos niille pystytään löytämään sopiva mittaristo ja kynnsarvot.

Esimerkkinä kotimaisesta indikaattoriyöstä mainittakoon väylien ympäristövaikutusten arviointia varten Tiehallinnolle kehitetty menetelmä (Korkiala-Tanttu ym. 2006), jossa esimerkiksi monimuotoisuuden vähenemistä aiheuttaviksi kuormitta-

viksi tekijöiksi mainittiin ekologisten verkostojen pirstoutuminen, maaperän peittyminen, eläin- ja kasvilajien harvinaistuminen ja luonnonsuojelullisesti arvokkaiden alueiden vaarantuminen väylän rakentamista seuraavan maankäytön muutoksen seurauksena. Ekologisten verkostojen pirstoutumisen indikaattorina menetelmässä käytetään arviota väylän muodostamasta estevaikutuksesta (täysi este/osittainen este/ei estettä), tosin estevaikutuksen mittaristo on vielä kehitteillä. Maaperän peittymisen indikaattorina taas käytetään peittyneen maaperän määrää (km²), luonnontilan perusteella luokitellun maaperän peittymistä (km²) sekä väyläverkoston pituutta (km). Tavoitearvot muodostetaan tällöin tapauskohtaisesti. Eläin- ja kasvilajien harvinaistumisen indikaattorina käytetään uhanalaisten lajien määrää, maatalousympäristön lintukantojen kehitystä, suojelualueiden pinta-alojen osuutta ja suojeluohjelmien toteutumisastetta. Luonnonsuojelullisesti arvokkaita alueita indikoi esimerkiksi väylän lähietäisyydellä sijaitsevien luonnonsuojelullisesti arvokkaiden alueiden pinta-ala (km²).

Toisena kotimaisena esimerkkinä on TISSUE-hanke ja sen pohjalta laaditut suomalaiset kaupunkisuunnittelun kestävä kehityksen indikaattorit. Siinä aluesuunnitteluun ja luonnon monimuotoisuuteen liittyviä kriteereitä ovat mm.: rakentamiseen suunniteltujen alueiden luonnonsuojelullinen arvo, harvinaisten ja silmälläpitoa vaativien lajien vaarantuminen ja viher- ja vesialueiden läheisyys (Häkkinen ym. 2006).

Myös VTT:n tuoreessa raportissa (Wahlgren ym. 2008), joka käsittelee ilmastonmuutoksen huomioimista kaavoituksessa, on esitetty ohjeenomaisia suunnitteluperiaatteita, joita maankäytön suunnittelussa tulisi noudattaa. Raportissa todetaan, että kaavoituksen ohjausta tulisi kehittää nykyisestä, sillä yhdyskuntarakenne hajautuu edelleen. Samalla todetaan kuitenkin, että kehityksen suuntaa on vaikea muuttaa, sillä kunnat kilpailevat veronmaksajista, eikä kuntien rajat ylittävää/ylimaakunnallista suunnittelua tehdä riittävästi. Raportissa on muotoiltu kaavoittajia varten kymmenen kultaista sääntöä, joista Seutukeken kannalta olennaisina esimerkkeinä mainittakoon:

- välttää uuden haja-asutuksen muodostamista
- suunnittele rakentamisalueet ja viheralueet ja -verkostot samanaikaisesti
- pyri suhteellisen tiiviiseen rakenteeseen
- tarkista alueen joukkoliikenteen edellytykset.

Muita mahdollisia tai mahdollisesti tärkeitä ekologisen kestävyuden kriteereitä voisivat olla esimerkiksi erilaiset luonnon pirstoutuneisuuden mittarit (esim. Girvetz ym. 2008), tietiheys (km/km²), rakentamisen määrä/km², maankäytön muutos ajassa, erilaisten habitaattien/luontotyyppien edustavuus kaupunkiseuduilla ja erilaisten luontoalueiden sijoittuminen lähekkäin.

6 Esimerkkitarkastelu kahdesta kaupunkiseutujen merkittävästä ekosysteemipalvelusta ja niitä uhkaavista tekijöistä

Alkuperäisenä ajatuksena oli, että tähän raporttiin saataisiin mukaan muutaman merkittävän ekosysteemipalvelun mahdollisimman seikkaperäinen tarkastelu, joka pitäisi sisällään palvelujen ekologiset ja muut palvelun syntymiseen ja säilymiseen liittyvät edellytykset, niiden käytön, esiintymisen, merkityksen ja katsauksen palvelua uhkaavista tekijöistä. Kokonaisvaltaista tarkastelua minkään palvelun osalta oli kuitenkin tämän aikataulun puitteissa mahdoton tehdä, sillä aiheesta tehty tutkimus on varsin hajanaista. Paikoin tietoa ei ole olemassakaan, paikoin sitä on ylen määrin. Lopulta päädyttiin tarkastelemaan yleispiirteisesti kahta palvelua muutaman artikkelin avulla.

6.1

Makean veden tuottamat ekosysteemipalvelut: sininen ja vihreä vesi

Makean veden tuottamat ekosysteemipalvelut ovat elintärkeitä kaikelle elämälle. Ihmiskunnan vesiriippuvaisuus näkyy esimerkiksi siinä, että asutus on aina pyrkinyt keskittymään vesistöjen rannoille ja siinä, että vettä käytetään hyvin eri tavoin. Kasvaneen väestön ja lisääntyneiden ja monipuolistuneiden ihmistoimintojen myötä myös makean veden kulutus on kasvanut voimakkaasti viimeisen 50 vuoden aikana ja sen ennustetaan kasvavan edelleen (Vörösmarty ym. 2005).

Makean veden ekosysteemipalvelut ovat alueellisia, usean ekosysteemin muodostamia palveluja, mikä erottaa ne esimerkiksi monista suoraan yhden ekosysteemin tuottamista palveluista (esimerkiksi puuraaka-aine). Hydrologisiin ekosysteemipalveluihin vaikuttavatkin lähestulkoon kaikki ekosysteemit (Brauman ym. 2007) ja toisaalta, kun ekosysteemit ovat riippuvaisia veden virtauksesta, kytkeytyvät erilaiset ekosysteemit veden välityksellä toisiinsa (Jansson & Nohrstedt 2001). Erityinen merkitys niiden muodostumisessa on kuitenkin metsä- ja vuoristoekosysteemeillä, joiden osuus maailmanlaajuisesta valuma-alueiden kokonaisvirtaaman muodostumisesta on noin 85 % (Vörösmarty ym. 2005). Valuma-alueiden ominaisuuksista juuri maanpeite (kasvillisuus) onkin tärkeä sekä veden laadun, virtauksen että varastoinnin kannalta (Brauman ym. 2007).

Makean veden ekosysteemipalvelut voidaan jakaa kahteen ryhmään: sinisen ja vihreän veden muodostamiin ekosysteemipalveluihin (taulukko 3). Sininen vesi on sitä vettä, jonka ihmiset yleisimmin mieltävät varsinaiseksi vedeksi. Se on nestemäistä pohjavesissä, järvissä ja joissa olevaa vettä, jota ihmiset käyttävät erilaisiin tarkoituksiin (Falkenmark & Rockström 2006). Vettä käytetään pääasiassa kahdella tavalla; joko vettä johdetaan käyttöä varten pois vesilähteestä tai sitten sitä käytetään *in situ*. Johdettua vettä käyttävät niin yhdyskunnat, maatalous, teollisuus kuin voimalaitoksetkin. *In situ* -käyttöä puolestaan ovat vesivoimalaitokset, virkistäytyminen, kuljetus

ja kalastaminen. Varsinaisen *in situ* -käytön lisäksi vesialueet tarjoavat esteettisiä ja virkistykseen liittyviä elämyksiä niiden läheisyydessä (Brauman ym. 2007).

Sininen vesi on dominoinut voimakkaasti keskustelua veden käytöstä (esim. Postel & Carpenter 1997) ja siihen liittyvästä suunnittelusta, vaikka suurin globaali veden virtaus tapahtuu maaperästä, kasvillisuudesta ja vesistöistä vesihöyrynä ilmakehään ja sieltä takaisin ekosysteemeihin. Aivan viime vuosina on kirjallisuudessa kuitenkin kiinnitetty enemmän huomiota muihin näkökulmiin ja alettu keskustella myös vihreän veden merkityksestä. Vihreä vesi on maaperän huokosissa olevaa kosteutta ja ilmakehässä olevaa vesihöyryä. Vihreän veden virtausta ekosysteemeissä ylläpitää veden passiivinen haihtuminen kasvillisuudesta ja maaperästä sekä kasvien aktiivinen haihduttaminen. Näistä toiminnoista käytetään yhteistä evapotranspiraation käsitettä. Itse asiassa tiukimman näkemyksen mukaan ainoastaan vihreän veden toiminnot ovat varsinaisia ekosysteemien tuottamia palveluja (Jansson & Nohrstedt 2001, Falkenmark & Rockström 2006). Vihreän veden palveluja ovat veden kierto ekosysteemeissä, jonka seurauksena elintärkeä yhteyttäminen on mahdollista sekä useat veden pidättymisestä ja virtauksesta johtuvat sääntelypalvelut, kuten tulvakontrolli, sedimentaatio ja kosteiden elinympäristöjen syntyminen (Jansson & Nohrstedt 2001, Brauman ym. 2007).

Veden tuottamia ekosysteemipalveluita määrittelee muutama tärkeä ominaisuusmääre, joiden mahdollisimman hyvää täyttymistä veden käyttäjät joko tietoisesti tai tiedostamattaan toivovat. Määreet ovat määrä, laatu, sijainti ja virtauksen ajoitus. Niiden skaalan määrittelystä riippuen ominaisuus saa tietynlaisen arvon kullakin hetkellä suhteessa kuhunkin ekosysteemipalveluun. Niiden välillä on siis vaihtosuhteita, sillä eri muutokset ominaisuusmääreissä saavat aikaan toisten palveluiden parantumista ja toisten heikentymistä. Veden määrä on todennäköisesti ensimmäinen ominaisuus, jonka ihmiset liittävät veteen. Monien palveluiden kannalta määrän kasvu on positiivista, mutta tietyissä tapauksissa, esimerkiksi tulvakontrollissa se on negatiivista. Vaikka ekosysteemit eivät muodostakaan vettä, on niillä tärkeä merkitys siinä, miten vesi liikkuu ekosysteemeissä ja varastoituu pinta- ja pohjavesiin. Ekosysteemeillä on siten veden määrän ohella vaikutusta sen sijaintiin (kolmas ominaisuusmääre) maaperän huokosissa sekä pinta- ja pohjavesissä ja virtauksen ajoitukseen, millä on merkitystä erityisesti voimakkaiden sade- ja tulvajaksojen aikana (Brauman ym. 2007).

Veden laatua mitataan erilaisten kemikaalien, patogeenien, ravinteiden, suolojen ja partikkeleiden pitoisuuksina pinta- ja pohjavesissä. Vaikka veden laatu liitetäänkin ensisijaisesti juomaveden tärkeäksi ominaisuudeksi, on se tärkeä kaikissa vesipalveluissa. Esimerkiksi huonolaatuiset vesialueet eivät todennäköisesti houkuttele virkistäytymään, eikä toisaalta liian ravinnepitoinen vesi ole toivottavaa jokisuistojen alueella. Tärkeä veden laatua parantava tekijä on maanpeite: kasvillisuus, kasvien juuret ja maaperän mikrobit puhdistavat ja suodattavat epäpuhtauksia vedestä erilaisin menetelmin (Brauman ym. 2007). Sen vuoksi monimuotoinen ja sukkession eri vaiheissa oleva valuma-alueen kasvillisuus nähdään tärkeänä erityisesti kaupunkialueilla, joissa veden laatu on usein heikompaa ja käyttö runsaampaa kuin luonnon-tilaisemmillä alueilla (Matteo ym. 2006).

Varsinaisten makean veden ekosysteemipalveluiden lisäksi valuma-alueet tarjoavat suuren joukon muita ekosysteemipalveluita, kuten puuraaka-aineita, virkistäytymismahdollisuuksia, eroosiokontrollin ja habitaatteja eri lajeille (Brauman ym. 2007). Vihreän ja sinisen veden virtauksien tutkiminen havainnollistaa selkeästi myös sitä, miten riippuvainen kaupunkiväestö on erilaisten ekosysteemien tarjoamista palveluista (Jansson & Nohrstedt 2001).

Ihminen vaikuttaa vesien ekosysteemipalveluihin monella tapaa, mutta palvelujen maantieteellisen ja aikaskaalan vaihtelun vuoksi kokonaisvaikutusta on vaikea tutkia. Lisäksi palvelut ovat usein voimakkaasti riippuvaisia toisistaan, jolloin ekosysteemi-

palvelukohtainen tarkastelu ei välttämättä ole mielekästä. Sen sijaan voidaan mainita joitakin yleisiä vaikutuksia ja tutkia kutakin vesipalveluiden ominaisuusmääretä erikseen (Brauman ym. 2007). Maankäytön muutokset ovat merkittävien vesien ekosysteemipalveluihin vaikuttava ja niitä uhkaava tekijä. Esimerkiksi Vörösmarty ym. (2005) ovat koonneet erilaisten maankäyttömuutosten vaikutuksia sinisen veden ominaisuuksiin. Luonnonmetsän korvaaminen talousmetsällä vähentää hiukan joissa virtaavan veden määrää, sillä istutuspuut käyttävät usein enemmän vettä kuin alkuperäiset lajit. Metsän muuttaminen maatalousmaaksi puolestaan lisää voimakkaasti veden, ravinteiden ja sedimentin pintavirtausta sekä tulvien ja pohjaveden määrän ajallista epävarmuutta. Jos metsä muutetaan kaupungiksi, voimistuvat edellä mainitut vaikutukset entisestään. Makean veden ekosysteemipalveluiden muutosta on leimannut voimakkaasti toisten palvelujen voimistaminen toisten palveluiden kustannuksella. Esimerkiksi jokiväyliä on muokattu voimallisesti kuljetuskapasiteetin, tulvakontrollin ja vesivoiman lisäämiseksi samalla, kun jokiekosysteemit on kytketty irti esimerkiksi luontaisista tulvatasangoistaan (Finlayson & D’Cruz 2005).

Myös ilmastonmuutoksella on tulevaisuudessa merkittäviä vaikutuksia paikallisiin sääoloihin, mitkä puolestaan vaikuttavat veden alueelliseen määrään ja virtauksien voimakkuuteen (Vörösmarty ym. 2005). Esimerkiksi pohjoisilla alueilla lämpötilan nousu aiheuttaa sen, ettei järvissä ja joissa ole välttämättä jääpeitettä talvisin. Myös kesävirtaamat pienenevät ja geokemiallisissa sykleissä sekä yhteyttämisessä tapahtuu muutoksia. Tällaiset muutokset vaikuttavat vesien selkärangattomien, sammakkoeläinten ja kalojen selviytymiseen, kasvuun ja lisääntymismenestykseen (Wilby & Perry 2006).

Taulukko 3. Makean veden ekosysteemipalvelut (muokattu Brauman ym. 2007 pohjalta).

Palvelu	Biologinen ja/tai fyysinen prosessi	Uhka
Sinisen veden palvelut: 1) Yhdyskuntien, maatalouden ja teollisuuden käyttämä vesi (pinta- ja pohjavedet)	paikallinen ilmasto-ekosysteemi vuorovaikutus, hydrologinen kierto	ilmastonmuutos, makean veden laadun heikkeneminen & määrän väheneminen
2) Veden in situ -käyttö: vesivoima, kuljetusreitti, virkistäytyminen vedessä ja kalastus	paikallinen ilmasto-ekosysteemi vuorovaikutus, hydrologinen kierto	ilmastonmuutos, veden laadun heikkeneminen
3) Vesistöjen luoma esteettisyys, virkistäytymismahdollisuudet ja henkinen hyvinvointi	paikallinen ilmasto-ekosysteemi vuorovaikutus,	veden laadun heikkeneminen, maankäytön muutokset
Vihreän veden palvelut: 4) Veden kierto → vettä yhteyttämiseen	haihduttaminen ja haihdutus valuma-alueilla	maankäytön muutokset
5) Veteen liittyvät sääntelypalvelut, kuten tulvakontrolli, sedimentaatio ja kosteikkohabitattien muodostuminen	haihduttaminen ja haihdutus valuma-alueilla	maankäytön muutokset

6.2

Hiilidioksidin sitominen ekosysteemipalveluna

Määränsä vuoksi merkittävimmällä kasvihuonekaasulla hiilidioksidilla (CO₂) on merkittävä rooli ekosysteemien toiminnassa, sillä se on veden ohella biomassan tuotannon (yhteyttämisessä) tärkein raaka-aine. Samalla yhteyttämisessä sivutuotteena vapautuu soluhengityksessä tarvittavaa happea (O₂). CO₂:n sitoutumisessa ja O₂:n vapautumisessa on Suomessa tärkeä merkitys erityisesti metsäpeitteisillä alueilla, joilla tapahtuu paljon yhteyttämistä ja biomassan kasvua. Suoalueilla CO₂:a taas

varastoituu paljon turvekerrostumiin, sillä hapettomassa, kosteassa maaperässä ei orgaanisen aineksen hajotus ole tehokasta (Sarkkola 2008). Hiilidioksidin sitominen on tärkeä ekosysteemipalvelu, jonka merkitystä korostetaan nykyisin yhä enemmän ja johon liittyvää tutkimusta tehdään paljon ilmastonmuutoksesta vuoksi. Ekosysteemi voi varastoida hiilidioksidia eli toimia hiilinieluna, jos yhteyttämisessä biomassaan sitoutuva hiilen määrä on suurempi kuin alueen eliöiden soluhengityksessä vapautuvan hiilen määrä. Metsäekosysteemissä tähän vaikuttaa erityisesti puubiomassan kasvun suhde maaperässä tapahtuvan orgaanisen aineksen hajotustoiminnan vapauttaman hiilidioksidin määrään. Sekä CO₂:n lähteet, nielut että niihin läheisesti vaikuttavat tekijät ovat kuitenkin hyvin moninaisia ja monimutkaisia, eikä runsaasta tutkimuksesta huolimatta yksiselitteisiä ja yleisesti hyväksytyjä vastauksia ongelmiin ole vielä löytenyt. On kuitenkin varmaa, että ilmasto lämpenee ja että sillä on vaikutusta sekä ekosysteemeihin että ihmisen hyvinvointiin.

Hiilidioksidin sitomiseen/sitoutumiseen liittyvät tutkimus vaihtelee solutason tutkimuksista globaaleihin läpileikkauksiin ja on usein hyvin teoreettista ja yksityiskohtaista. Esimerkiksi haettaessa hakusanalla *carbon sequestration* (hiilen sitominen) Web of Knowledge –viitetietokannasta tieteellisiä artikkeleita, saadaan tuloksena yli 750 artikkelia, joiden otsikossa kyseinen käsite esiintyy. Toisaalta hiilen sitomista ns. hiilinieluihin ei ole käytetty vielä juurikaan esimerkiksi suomalaisessa ilmastonmuutoksen hillintäpolitiikassa (ks. esim. KTM 2005). Näistä syistä tehdään tässä vain yleisen tason tarkastelu hiilen sitomisesta ekosysteemipalveluna.

Suomessa hiilidioksidia sitoutuu ja varastoituu erityisesti metsien puihin ja maaperään sekä soiden turpeeseen. Tuoreen tutkimuksen (Ciais ym. 2008) Euroopan metsien kyky sitoa hiiltä on parantunut 1950-luvulta alkaen eri tekijöiden takia ja metsät ovat sitoneet merkittävän osan maanosan CO₂-päästöistä (esimerkiksi puustoon on sitoutunut noin 10 % päästöistä). Metsän CO₂:n sitomiskykyyn vaikuttaa metsän pinta-alan lisäksi myös metsän ikärakenne ja hoitotoimet. On esimerkiksi havaittu, että hiilidioksidia sitoutuu enemmän perinteisten talousmetsien hoitotoimien ulkopuolisiin metsiin. Tämä johtuu siitä, että tällöin hiiltä sitoutuu talousmetsää enemmän myös muuhun kuin puustoon (Seidl ym. 2007). Metsien ikä puolestaan vaikuttaa hiilitaseeseen siten, että nuoret metsät ovat voimakkaan hajotustoimintansa vuoksi pääasiassa hiilen lähteitä, mutta vanhemmat metsät ovat hiilinieluja (Kolari ym. 2004).

Mitä suuremmasta hiilinielusta on kyse, sitä tärkeämpää on ilmastonmuutoksen hillitsemisen kannalta sen säilyttäminen, sillä pienikin suhteellinen hupenema suuressa varastossa aiheuttaa suuret absoluuttiset CO₂-päästöt. Esimerkiksi jos turpeen sisältämät hiilivarastot pienenisivät 10 %, vapautuisi ilmaan yhtä paljon hiiltä kuin maamme CO₂-päästöistä 30 vuodessa (Tapio 2008). Euroopan metsillä on potentiaalia toimia hiilinieluinä tulevaisuudessa, mutta bioenergian käytön lisäämistavoitteet luovat hakkuupaineita ja toisaalta ilmastonmuutos luo omat uhkansa metsien kasvulle (myrskyjen, tuholaiten ja maaperän CO₂-päästöjen lisääntyminen) (Ciais ym. 2008). Metsien voidaan siis katsoa tarjoavan kaksi ekosysteemipalvelua ilmastonmuutoksen hillintään: hiilinielun ja bioenergian. Lyhyellä aikavälillä tarkasteltuna ne ovat kilpailuvia, mutta pitkällä aikavälillä bioenergian polttamisessa vapautunut CO₂ sitoutuu uudelleen kasvavaan puustoon. Ciais ym. (2008) mukaan metsän käyttämisestä päätettäessä onkin huomioitava molempien palveluiden ilmastovaikutukset ja ilmastonmuutoksen vaikutuksen metsien kasvuolosuhteisiin, jotta hiilitase säilyisi positiivisena (hiiltä sitoutuu biomassaan enemmän kuin sitä vapautuu ilmakehään).

Metsien ohella toinen tärkeä suomalainen hiilivarasto on soiden turve. Esimerkiksi luonnontilaisten soiden, joita Suomessa on jäljellä 40 % alkuperäisestä suopinta-alasta, hajotustoiminta on hitaampaa kuin turpeen muodostuminen, jolloin ne toimivat hiilinieluinä. Kun tällaisen suon maankäyttö muuttuu esimerkiksi turvetuotannon seurauksena, muuttuu myös alueen hiilitase. Suomalaisen tutkimuksen (Sarkkola 2007) mukaan soiden, erityisesti luonnontilaisten, käyttäminen energiaturpeen tuo-

tantoon nykyisin menetelmin aiheuttaa suunnilleen kivihiilen luokkaa olevan kasvihuonevaikutuksen, jolloin siis suon hiilitase muuttuu negatiiviseksi. Tämä johtuu sekä itse turpeen polttamisesta syntyvien CO₂-päästöjen lisääntymisestä että vanhan orgaanisen aineksen ja uuden karikkeen hajotustoiminnan nopeutumisesta suon kosteusolosuhteiden muuttuessa. Turvetuotannosta poistuneiden soiden metsittämisen on nähty pienentävän negatiivista vaikutusta, mutta kokonaistasetta se ei kuitenkaan muuta positiiviseksi. Soiden turvevarantojen käyttö on myös hyvä esimerkki kahden ekosysteemipalvelun, tuotantopalveluihin kuuluvan turpeen ja sääntelypalveluihin kuuluvan hiilidioksidin sitomisen välisestä vaihtosuhteesta. Toki on myös huomattava, että suot ja metsät tuottavat monia muitakin ekosysteemipalveluita, kuten esimerkiksi virkistyspalveluita, veden kiertoon liittyviä palveluita, habitaattipalveluita sekä marjoja ja muita tuotantopalveluita.

Hiilinielun säilymistä voidaan haluttaessa huomioida maankäytön suunnittelussa suhteellisen helposti, sillä merkittävintä on nimenomaan riittävän suurien pinta-alojen säilyminen. Vuosituhannen ekosysteemi-arvioinnissa boreaalisten metsien merkittävimmiksi uhiksi mainittiin habitaattien muutos, ilmastonmuutos, tulokaslajit, ylikäyttö ja saasteet (MEA 2005). Kaupunkiseudulla hiilinieluja, kuten muitakin ekosysteemipalveluita, voidaan tarkastella niin mikro- kuin makroskaalassa. Mikrotarkastelussa keskitytään varsinaisten tiiviiden kaupunkialueiden hiilitaseeseen kahdesta näkökulmasta. Ensiksi, kaupunkipuistot, muut viheralueet ja puusitutukset voivat joissain tapauksissa toimia hiilinieluinä (McHale ym. 2007), vaikka tutkimusten mukaan kaupunkien kasvillisuus sitoo vain pienen osan kaupungin vuotuisista CO₂-päästöistä (Jansson & Nohrstedt 2001, Lebel ym. 2007). Kaupunkipuistojen kokonaisvaikutus hiilitaseeseen voi itse asiassa olla negatiivinenkin. Esimerkiksi Oliver-Solà ym. (2007) ovat tutkineet barcelonalaista kaupunkipuistoa ja havainneet, että vaikka kaupungin viheralueiden ajatellaan sitovan hiiltä, tuottavat puistojen hoitoa ja käyttöä palvelevat toiminnot itse asiassa moninkertaisen määrän CO₂-päästöjä viheralueen hiilen sitomiskykyyn nähden. Toiseksi, oikein istutetut puut voivat vähentää rakennusten energian kulutusta. Esimerkiksi varjostavat puut voivat vähentää rakennuksen jäähdyttämiseen tarvittavan energian määrää ja tuulen suojana toimivat puut lämmitysenergian tarvetta. Tämä tosin vaatii hyvin huolellista asemakaavoitusta ja viheristutusten suunnittelua (McPherson 1998, Jo & McPherson 2001, McPherson & Simpson 2003). Vaikka kaupunkien hiilinieluilta ei todennäköisesti olekaan merkittävää vaikutusta globaaliin kokonaishiilitaseeseen, on kaupunkien omasta näkökulmasta perusteltua tarkastella kaupunkien viheralueita muiden ekosysteemipalveluiden ohella myös hiilinieluinä.

Kun näkökulmaa laajentaa koskemaan yksittäistä tiiviisti rakennettua kaupunkia suurempaa kaupunkiseutua, tarjoutuu paremmat mahdollisuudet myös hiilitaseen ja hiilinielujen tarkasteluun. Laajemman kaupunkiseudun CO₂-päästöistä ja -nieluisuudesta onkin tehty muutamia tutkimuksia. Jansson & Nohrstedt (2001) ovat arvioineet Tukholman läänin, jonka pinta-ala on 7240 km², CO₂-päästöt. Tutkimuksen mukaan läänin maapinta-ala riittää nykyisellä maankäytöllä sitomaan 41 % liikenteen kokonaispäästöistä ja 17 % kaikista ihmisen aikaansaamista CO₂-päästöistä. Läänin CO₂-päästöjen kompensoimiseen tarvittaisiin 20 170 km² metsä-, kosteikko- ja vesipinta-alaa. Tällä hetkellä niiden yhteispinta-ala on 53 % läänin pinta-alasta. Lisäksi, jotta tarvittava metsän lisäys olisi mahdollinen, tarvitaan huomattava lisämäärä vihreää vettä yhteyttämiseen. Tämä näkökulma liittyy kaksi ekosysteemipalvelua, hiilinielut ja vihreän veden säätelypalvelut, saumattomasti yhteen.

Lebelin ym. (2007) mukaan hiilinäkökulma tulisi pitää koko ajan mukana kaupunkien kaikissa niissä strategioissa ja maankäytön suunnitelmissa, jotka koskevat ihmisten ja tavaroiden liikkumista, rakennusten sijoittamista, rakentamista ja käyttämistä, ravintoa ja vettä sekä ihmisten elämäntyyliä. Kaupunkiseutujen hiilinielujen tarkastelussa avainasemaan nousevat varmasti paikkatietomenetelmät, joiden avulla

voidaan arvioida hiiltä sitovien alueiden määrää, laatua ja hiilen sitomiskapasiteettia. Arvioita hiilinieluista voisi sitten verrata kaupunkiseudun kokonaishiilidioksidipäästöihin ja pyrkiä esimerkiksi maankäytön suunnittelun avulla sekä lisäämään hiilinieluja että vähentämään CO₂-päästöjä. Tratalos ym. (2007) ovat tarkastelleet paikkatietomenetelmin viiden ekosysteemipalvelun edustavuutta erilaisilla kaupunkialueilla (ydinkeskusta, keskustan läheinen alue ja lähiö). Yksi tarkastelluista palveluista oli hiilinielu. Mallissa oletettiin, että metsäalan ja hiilen sidonnan välillä on lineaarinen suhde, vaikka todellisuudessa suhde voikin vaihdella merkittävästi. Vaikka tarkasteltujen palvelujen edustavuus väheneekin yleensä kohti tiiviisti rakennettuja keskusta-alueita, voidaan hyvällä suunnittelulla vaikuttaa siihen, että palvelut saavuttavat maksimiarvonsa kullakin alueella. Whitfordin ym. (2001) mukaan kaupunkien ekologista edustavuutta on suhteellisen helppo tutkia ilmakuvienv pohjalta, jolloin tärkeimmäksi ominaisuudeksi nousee kasvillisuuspeitteen, erityisesti puiden, määrä. Myös he arvioivat yksinkertaisen ja vain vähän aineistoa vaativan menetelmän avulla hiilen sidonnan määrää kaupunkialueella.

Suomessa on käynnistetty hiljattain Hiilineutraalit kunnat -hanke, jossa pyritään luomaan kunnille työkaluja ja toimintamalleja ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja määrittämään kullekin kunnalle hiilineutraali tila useiden eri tahojen yhteistyössä (Suomen ympäristökeskus 2008). Hiilineutraalin tilan saavuttaminen vaatii kaikkien hiilivirtojen huomioimista, jolloin myös hiilinielujen määrä ja laatu nousevat hyvin merkittäviksi.

7 Johtopäätökset

Tässä katsauksessa on käsitelty kaupunkiseutujen suunnitteluun liittyviä ekologisia käsitteitä ja tutkimuksia Seutukeken ekologisen osuuden taustaselvitykseksi. Pyrkimyksenä on ollut käydä mahdollisimman kattavasti läpi tieteellistä kirjallisuutta, jotta esimerkiksi suunnittelukriteerien muodostamisen ekologiset perusteet olisivat selvillä ennen varsinaista kriteerien määrittämistyötä. Kaupunkiseutu alueena ja ekosysteemipalvelut aiheena osoittautui työn edetessä kuitenkin niin laajaksi, ettei tämän työn puitteissa ollut mahdollista saada kuin pintakosketus eri teemoihin. Lisäksi tieteellisen kirjallisuuden määrä on rajaton ja toisaalta hakuprosessi hidas. Työtä suunnittelun ekologisten reunaehtojen määrittämiseksi jatketaan tulevaisuudessa ja viedään tutkimustietoa myös lähemmäksi käytännön suunnittelutyötä.

Ekosysteemipalvelunäkökulma tarjoaa yhden mahdollisuuden ekologisesti kestävien kaupunkiseutujen maankäytön suunnittelun tarkasteluun, sillä samoin kuin kaupunkiseutujen yleinen määritelmä perustuu ihmisen ja yhteiskunnan toiminnallisuuteen, on myös ekosysteemipalveluiden määritelmän olennaisena osana ihmisen toiminta (palvelun hyödyntäminen/siitä hyötyminen). Lisäksi ekosysteemipalvelut ovat toiminnallinen linkki ihmisen ja luonnon välillä. On kuitenkin pidettävä mielessä, etteivät ekosysteemipalvelut itsessään ratkaise mitään, vaan kaupunkiseutujen on itse tehtävä ratkaisunsa ja valintansa kestävä kehityksen saavuttamiseksi.

Kaupunkiseutujen ekosysteemipalveluiden tulevaisuus riippuu siitä, mitä tapahtuu sekä ekosysteemeissä että rakennetuilla alueilla niiden ympärillä (Löfvenhalt ym. 2002). Tällä hetkellä ekosysteemipalveluista ei varmaankaan keskustella maankäytön suunnittelun yhteydessä ja sen hyödyt kaavoituksen käytössä ovat vielä selvittämättä. Toisaalta kokonaisvaltainen ja eri osa-alueita yhdistävä ekosysteemipalvelunäkökulma voisi tarjota paremman mahdollisuuden kestävä kehityksen tavoitteiden konkreettiseen huomioimiseen, mutta toisaalta käsite voi olla liian hankala ja moniulotteinen käytännön suunnittelutyössä käytettäväksi. Käsitteistä riippumatta tulisi ekosysteemipalvelut joka tapauksessa huomioida joko suoraan tai epäsuorasti. Kommunikointi ja tiedon välittäminen suunnittelun ekologisista reunaehdoista ovatkin tärkeitä jatkotoimenpiteitä, jotta tutkimustieto ja uudet menetelmät ymmärretään ja huomioidaan oikein. Se, miten erilaisia ekosysteemipalveluja priorisoidaan esimerkiksi maankäytön suunnittelussa ja luonnonvarojen käyttöä koskevassa päätöksenteossa, on tärkeää ja vaatii perusteltua argumentointia. Jos esimerkiksi pyritään vain ihmiselle olennaisten ekosysteemipalveluiden tuotannon maksimointiin, on vaarana se, että ihmisen toiminnalle vähemmän merkitykselliset palvelut heikkenevät.

Ilmastomuutos nähdään yhtenä merkittävimmistä uhkista ekosysteemipalveluiden säilymiselle ja toinen huomattava uhkatekijä on maankäytön muutos (MEA 2005). Molempiin uhkiin voidaan vaikuttaa maankäytön suunnittelulla. Kaupungeissa ja myös kaupunkiseuduilla tämä tarkoittaa usein kaupunkirakenteen tiivistämistä, jotta liikennetarve vähenisi ja elinympäristöt säilyisivät yhtenäisempinä. Haasteena onkin rakentaa tiiviisti, mutta säilyttää samalla tärkeät ekosysteemipalvelut, kuten hiilinielut, sadeveden imeytyminen ja virkistyspalvelut (Tratolos ym. 2007). Yksittäisen kaupungin keskusta-alueiden ekosysteemipalveluiden näkökulmasta katsottuna

tiivistäminen ei välttämättä näytä positiiviselta, mutta kun tarkastelua laajentaa koskemaan koko kaupunkiseutua, näyttää tilanne paremmalta. Lisäksi hyvällä suunnittelulla voidaan tiiviin rakentamisen negatiivisia ekosysteemipalveluvaikutuksia pienentää (Whirford ym. 2001).

Suomen luonnon monimuotoisuuden ja kestäväen käytön strategia vuosiksi 2006–2016 (Heikkinen 2007) korostaa yhtenä viidestä strategisesta päämäärästään tietopohjan vahvistamista, jotta biologisen monimuotoisuuden suojelemisen ja säilyttämisen tavoitteet voidaan saavuttaa. Se mielessä pitäen voidaan tämän katsauksen perusteella nostaa esiin muutamia merkittäviä jatkotutkimustarpeita, joita olisi hyvä käsitellä sekä Seutukeken että muiden projektien ja tutkimusohjelmien puitteissa.

- 1) Tärkeiden ekosysteemipalveluiden ominaisuuksien ja ekologisten reunaehdojen tutkiminen, jotta tärkeät palvelut voidaan turvata (Daily 1997, Kremen 2005, Armsworth ym. 2007). Ymmärtämällä, miten ekosysteemit tuottavat ekosysteemipalveluita, on mahdollista viedä tieteellistä tutkimusta lähemmäksi päättäjiä (Brauman ym. 2007).
- 2) Paikkatietomenetelmien kehittäminen: Ekologisten edellytysten lisäksi tärkeää olisi myös tutkia, miten ekosysteemipalveluita voidaan esimerkiksi mitata ja kartoittaa. Miten niitä voidaan esittää kartalla ja miten välttää informaation katoaminen esimerkiksi tietyn paikkatietomenetelmän ja pikselikoon valitsemisen seurauksena?
Esimerkiksi Löfvenhaltin ym. (2002) ovat kehittäneet biotooppien (kasvillisuustyyppien) kartoituksen menetelmän, jossa käytetään hyväksi värjättyjä infrapunakuvia. Tällöin koko alueesta on käytössä yhtenäinen aineisto. Menetelmän tuloksena saadaan luokittelu alueen biotoopeista sekä maankäytön suunnitteluun tarkoitettu luokittelu ekologisesti merkittävistä alueista (ekologiset ydinalueet, yhteysvyöhykkeet, puskurivyöhykkeet ja kehittyvät alueet). Erityinen huomio menetelmän kehittämisessä oli sen käytännön soveltamismahdollisuuksissa. Kehitettäessä apuvälineitä kaavoitukseen törmätään usein kuitenkin ongelmiin, jotka koskevat esimerkiksi ekologisen tiedon heterogeenisyyttä ja määritelmien moninaisuutta, riskien ja epävarmuuksien huomiointia sekä maankäytön suunnitteluun liittyvien osallisten laajaa joukkoa.
- 3) Suunnittelun ja toteutuksen epävarmuuksien tutkiminen. Voisiko kaupunkiseutujen erilaisia suunnitteluvaihtoehtoja testata jollain tavalla erilaisten tulevaisuusskenaarioiden valossa?
- 4) Seurannan ja kompensaaion tutkiminen, kehittäminen ja testaaminen, jotta asetetut tavoitteet voitaisiin saavuttaa kaikissa olosuhteissa.
- 5) Ekosysteemipalvelunäkökulman hyödyntäminen maankäytön suunnittelussa: voidaanko ekosysteemipalvelujen kautta hahmottaa luonnon monimuotoisuuden turvaamisen hyödyt ja haasteet eri toimijoiden välisessä suunnittelussa? Ekosysteemipalvelujen määrittely ja priorisointi päätöksenteossa.

Kirjallisuus

- AAC (Cantero de Acústiva Aplicada S.L.) 2002: Benefits of Urban Green Spaces (BUGS). Phase 1: WP Noise. –Deliverable 17. Technical Report. Vitoria-Gasteiz, Spain. 86 s.
- Ahern, J. 2004: Greenways in the USA: theory, trends and prospects. – Teoksessa: Jongman, R. & Pungetti, G. (toim.). *Ecological Networks and Greenways. Concept, Design, Implementation*. Cambridge University Press, UK. S.34-55.
- Alberti, M. & Marzluff, J. M. 2004: Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions. – *Urban Ecosystems* 7: 241–265.
- Antikainen, J., Luukkonen, J. & Pyöriä, T. 2006: Kaupunkiverkko ja kaupunkiseudut 2006. – Sisäasiainministeriön julkaisusarja 10/2006. Sisäasiainministeriö, Helsinki. 160 s.
- Armsworth, P. R., Chan, K. M. A., Daily, G. C., Ehrlich, P. R., Kremen, C., Ricketts, T. H. & Sanjayan, M. A. 2007: Ecosystem-Service Science and the Way Forward for Conservation. – *Conservation Biology* 21(6): 1383-1384.
- Arnberger, A. 2006: Recreation use of urban forests: An inter-area comparison. – *Urban Forestry & Urban Greening* 4(3-4): 135-144.
- Auvinen, A.-P., Niemelä, J., Söderman, G., Kaipainen, H. & Toivonen, H. 2005: Rakennetut ympäristöt. – Teoksessa: Hildén, M., Auvinen, A.-P. & Primmer, E. (toim.). *Suomen biodiversiteettiohjelman arviointi. Suomen ympäristö 770. Suomen ympäristökeskus, Helsinki*. S. 88-93.
- Balfors, B., Mörtberg, U., Gontier, M. & Brokking, P. 2005: Impacts of region-wide urban development on biodiversity in SEA. – *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 7(2): 229–246.
- Balvanera, P., Kremen, C. & Martinez-Ramos, M. 2005: Applying community structure analysis to ecosystem function: examples from pollination and carbon storage. – *Ecological Applications* 15(1): 360-375.
- Bolund, P. & Hunhammar, S. 1999: Ecosystem services in urban areas. – *Ecological Economics* 29 (2): 293-302.
- Bouwma, I. M., Foppen, R. P. B. & van Opstal, A. J. F. M. 2004: Ecological corridors on a European scale: a typology and identification of target species. –Teoksessa: Jongman, R. & Pungetti, G. (toim.). *Ecological Networks and Greenways. Concept, Design, Implementation*. Cambridge University Press, UK. S. 94-106.
- Bowker, K. E., Baldauf, R., Isakov, V., Khlystov, A. & Petersen, W. 2007: The effects of roadside structures on the transport and dispersion of ultrafine particles from highways. – *Atmospheric Environment* 41(37): 8128-39.
- Brauman, K. A., Daily, G. C., Duarte, T. K., et al. 2007: The nature and value of ecosystem services: An overview highlighting hydrologic services. – *Annual Review of Environment and Resources* 32: 67-98.
- Broberg, A. 2008: Valikoiva muuttoliike Uudellamaalla. – Uudenmaan liiton julkaisu E 97. Uudenmaan liitto, Helsinki. 104 s.
- Bryant, M. M. 2006: Urban landscape conservation and the role of ecological greenways at local and metropolitan scales. – *Landscape and Urban Planning* 76: 23-44.
- Butler, C. D., Corvalan, C. F. & Koren, H. S. 2005: Human Health, Well-Being, and Global Ecological Scenarios. – *Ecosystems* 8(2): 153-162.
- CBD(Convention on Biological Diversity) 2000: Sustaining life on Earth. How the Convention on Biological Diversity promotes nature and human well-being. – Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Canada. 20 s.
- Chiesura, A. 2004: The role of urban parks for the sustainable city. – *Landscape and urban planning* 68: 129-138.
- Ciais, P., Schelhaas, M. J., Zaehle, S., Piao, S. L., Cescatti, A., Liski, J., Luyssaert, S., Le-Maire, G., Schulze, E.-D., Bouriaud, O., Freibauer, A., Valentini, R. & Nabuurs, G. J. 2008: Carbon accumulation in European forests. – *Nature Geoscience* 1(7): 425-429.
- Colding, J. 2007: 'Ecological land-use complementation' for building resilience in urban ecosystems. – *Landscape and Urban Planning* 81: 46-55.
- Daily, G. C. 1997: Valuing and Safeguarding Earth's Life-Support Systems. – Teoksessa: Daily, G. C. (toim.). *Nature's services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington. S. 365-374.
- Daily, G. C., Matson, P. A. & Vitousek, P. M. 1997: Ecosystem Services Supplied by Soil. Teoksessa: Daily, G. C. (toim.). *Nature's services – Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington. S. 113-132.
- Damschen, E. I., Haddad, N. M., Orrock, J. L., Tewksbury, J. J. & Levey, D. J. 2006: Corridors increase plant species richness at large scales. – *Science* 313(5761): 1284-1286.
- Debinski, D.M. & Holt, R.D. 2000: A Survey and Overview of Habitat Fragmentation Experiments. –*Conservation Biology* 14(2): 342–355.
- Dimitrakopoulos, P.G. & Schmid, B. 2004: Positive biodiversity effects increase linearly with biotope space. – *Ecology Letters* 7: 74-83.

- Dobson, A., Lodge, D., Alder, J., Cumming, G. S., Keymer, J., McGlade, J., Mooney, H., Rusak, J. A., Sala, O., Wolters, V., Wall, D., Winfree, R. & Xenopoulos, M. A. 2006: Habitat loss, trophic collapse, and the decline on ecosystem services. – *Ecology* 87(8): 1915-1924.
- EEA (European Environment Agency) 2006: Urban sprawl in Europe. An ignored challenge. – EEA Report 10/2006. EEA, Copenhagen. 56 s.
- EEA (European Environment Agency) 2007: Halting the loss of biodiversity by 2010: proposal for a first set of indicators to monitor progress in Europe. – EEA Technical report 11/2007. EEA, Copenhagen. 186 s.
- Ewel, K. C. 1997: Water Quality Improvement by Wetlands. – Teoksessa: Daily, G. C. (toim.). *Nature's services – Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington. S. 329-344.
- Fahrig, L. 2001: How much habitat is enough? – *Biological conservation* 100(1): 65-74.
- Falkenmark, M. & Rockström, J. 2006: The New Blue and Green Water Paradigm; Breaking New Ground for Water Resources Planning and Management. – *Journal of water resources planning and management* 132(3): 129-132.
- FAO (Food and Agriculture organisation of United Nations) 2004: Water for food and ecosystems –conference. Glossary. – http://www.fao.org/ag/wfe2005/glossary_en.htm (21.5.2008)
- Finlayson, C. M. & D'Cruz, R. 2005: Inland water systems. – Teoksessa: Teoksessa: Hassan, R., Scholes, R. & Ash. N. (toim.). *Ecosystems and Human Well-being: Current state and trends. The Millennium Ecosystem Assessment Series, Volume 1*. Island Press, Washington. S. S. 553-583. <http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>
- Gidlöf-Gunnarsson, A. & Öhrström, E. 2007. Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas. – *Landscape and Urban Planning* 83(2-3): 115-126.
- Girvetz, E. H., Thorne, J. H., Berry, A. M. & Jaeger, J. A. G. 2008: Integration of landscape fragmentation analysis into regional planning: A statewide multi-scale case study from California, USA. – *Landscape and Urban Planning* 86: 205-218.
- Givoni, B. 1991: Impact of planted areas on urban environmental quality: a review. – *Atmospheric Environment* 25B(3): 289-299.
- Grahn, P. & Stigsdotter, U. A. 2003: Landscape planning and stress. – *Urban Forestry & Urban Greening* 2(1): 1-18.
- de Groot, R. S., Wilson M., A. & Boumans, R. M. J. 2002: A Typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. – *Ecological Economics* 41(3): 393-408.
- de Groot, R., van der Perk, J., Chiesura, A. & van Vliet, A. 2003: Importance and threat as determining factors for criticality of natural capital. – *Ecological Economics* 44: 187-204.
- Guo, Z., Xiao, X. & Li, D. 2000: An assessment of Ecosystem Services: Water Flow Regulation and Hydroelectric Power Production. – *Ecological Applications* 10(3): 925-36.
- Hanski, I. 1998. Metapopulation dynamics. – *Nature* 396(3): 41-49.
- Hansmann, R., Hug, S. & Seeland, K. 2007: Restoration and stress relief through physical activities in forests and parks. *Urban Forestry & Urban Greening* 6(4): 213-225.
- Heikkinen, I. 2007: Luonnon puolesta –ihmisen hyväksi. Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävän käytön strategia ja toimintaohjelma 2006–2016. – Suomen ympäristö 35/2007. Ympäristöministeriö, Helsinki. 162 s.
- Helminen, V. & Ristimäki, M. 2008: Kyläasutuksen kehitys kaupunkiseuduilla ja maaseudulla. – Suomen ympäristö 24/2008. Ympäristöministeriö, Helsinki. 92 s.
- Helminen, V., Ristimäki, M. & Oinonen, K. 2003: Etätyö ja työmatkat Suomessa. – Suomen ympäristö 611. Ympäristöministeriö, Helsinki. 88 s.
- Hildén, M., Auvinen, A.-P. & Primmer, E. 2005. (toim.): Suomen biodiversiteettiohjelman arviointi. – Suomen ympäristö 770. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 251 s.
- Hooftman, D. A. P., Billeter, R. C., Schmid, B., & Diemer, M. 2004: Genetic effects of habitat fragmentation on common species of Swiss fen meadows. – *Conservation Biology* 18: 1043-1051.
- Hulme, P. E. 2005: Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of global threat? – *Journal of Applied Ecology* 42(5):784-794.
- Häkkinen, T., Rauhala, K. & Huovila, P. 2006: Rakennetun ympäristön kestävän kehityksen kriteerit ja indikaattorit. – VTT Tiedotteita 2325. VTT, Espoo. 89 s.
- Jaarsma, C. F. & Willems, G. P. A. 2002: Reducing habitat fragmentation by minor rural roads through traffic calming. – *Landscape and Urban Planning* 58: 125-135.
- Jansson, A. & Nohrstedt, P. 2001: Carbon sinks and human freshwater dependence in Stockholm County. – *Ecological Economics* 39(3): 361-370.
- Jo, H.-K. & McPherson, E. G. 2001: Indirect carbon reduction by residential vegetation and planting strategies in Chicago, USA. – *Journal of Environmental Management* 61(2): 165-177.
- Junker, B. & Buchecker, M. 2008: Aesthetic preferences versus ecological objectives in river restorations. – *Landscape and Urban Planning* 85: 141-154.
- Jääskeläinen, L. & Syrjänen, O. 2000: Maankäyttö- ja rakennuslaki selityksineen. Käytännön käsikirja. – Rakennustieto, Helsinki. 440 s.
- Kettunen, M., Terry, A., Tucker, G. & Jones A. 2007: Guidance on the maintenance of landscape features of major importance for wild flora and fauna. Guidance on the implementation of Article 3 of the Birds Directive (79/409/EEC) and Article 10 of the Habitats Directive (92/43/EEC). – Institute for European Environmental Policy (IEEP), Brussels. 114 s.

- Kolari, P., Pumpanen, J., Rannik, Ü, Ilvesniemi, H., Hari, P. & Berninger, F. 2004: Carbon balance of different aged Scots pine forests in Southern Finland. – *Global Change Biology* 10(7): 1106-1119.
- Korkiala-Tanttu, L., Tenhunen, J., Eskola, P., Häkkinen, T., Hiltunen, M. & Tuominen, A. 2006: Väylärentämisen ympäristövaikutukset ja ekoindikaattorit. Ehdotus arviointijärjestelmäksi. – Tiedhallinnon selvityksiä 22/2006. Tiedhallinto, Helsinki. 112 s.
- Kremen, C. 2005: Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? – *Ecology Letters* 8(5): 468-479.
- Kremen, C. & Ostfeld, R. S. 2005: A call to ecologists: measuring, analyzing, and managing ecosystem services. – *Frontiers in Ecology and the Environment* 3(10): 540-548.
- Kremen, C., Williams, N., Aizen M., Gemmill-Herren A, B., LeBuhn G, Minckley, R., Packer, L., Potts, S. G., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vazquez, D., Winfree, R., Adams, L., Crone, E. E., Greenleaf, S. S., Keitt, T. H., Klein, A., Regetz, J. & Ricketts, T. H. 2007: Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. – *Ecology Letters* 10(4): 229-314.
- KTM (Kauppa- ja teollisuusministeriö) 2005: Lähiajan energia- ja ilmastopolitiikan linjauksia – kansallinen strategia Kioton pöytäkirjan toimeenpanemiseksi. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 30. päivänä marraskuuta 2005. – KTM Julkaisuja 26/2005. Helsinki. 125 s.
- Kuntaliitto 2007: Kaupunkiseutujen suunnitelmat. (14.4.2008) – http://www.kunnat.net/k_peruslistasi-vu.asp?path=1;55264;55275;121698;110005
- Kuttler, W. 2008: The Urban Climate: Basic and Applied Aspects. – Teoksessa: Marzluff, J., Shulenberger, E., Endlicher, W., Alberti, M. & Bradley, G. (toim.). *Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature*. S. 233-248.
- Lainevuori, A & Siimes, H. 2001. Asumisen, työn ja liikkumisen tulevaisuus. – Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2001:4. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV. Helsinki, 90 s.
- Lande, R., Engen, S. & Saether, B.-E. 2003. Stochastic population dynamics in ecology and conservation. – Oxford University Press, Oxford, UK. 212 s.
- Lebel, L., Garden, P., Banaticla, M. R. N., Lasco, R. D., Contreras, A., Mitra, A. P., Sharma, C., Nguyen, H. T., Ooi, G. L. & Sari, A. 2007: Integrating Carbon Management into the Development Strategies of Urbanizing Regions in Asia. – *Journal of Industrial Ecology* 11(2): 61-81.
- Lee, M., Fahrig, L., Freemark, K. & Currie, D. J. 2002: Importance of patch scale vs. landscape scale on selected forest birds. – *Oikos* 96: 110-18.
- Lehvävirta, S. & Rita, H. 2002: Natural regeneration of trees in urban woodlands. – *Journal of Vegetation Science* 13(1): 57-66.
- Lintunen, P., Ristimäki, M. & Oinonen, K. 2000: Työmatkat ja työpaikkaomavaraisuus. – LYYLI-raportti-sarja 10. Helsinki, 81 s.
- Lyytimäki, J., Petersen, L. K., Normander, B. & Bezák, P. 2008: Nature as a nuisance? Ecosystem services and disservices to urban lifestyle. – *Environmental Sciences* 5(3): 161-172.
- Löfvenhalt, K., Björn, C., & Ihse, M. 2002: Biotope patterns in urban areas: a conceptual model integrating biodiversity issues in spatial planning. – *Landscape and Urban Planning* 58(2-4): 223-240.
- Matero, J., Saastamoinen, O. & Kouki, J. 2003: Metsien tuottamat ekosysteempalvelut ja niiden arvottaminen. – *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2003: 355-384.
- Matteo, M., Randhir, T. & Bloniarz, D. 2006: Water-Scale Impacts of Forests Buffers on Water Quality and Runoff in Urbanizing Environment. – *Journal of water resources planning and management* 132(3): 144-152.
- Matti Vanhasen II hallituksen ohjelma 2007. – Valtioneuvosto. 82 s.
- McCaughey, D. J. 2006: Selling out on nature. – *Nature* 443(7): 27-28.
- McConnachie, M. M., Shackleton, C. M. & McGregor, G. K. 2008: The extent of public green space and alien plant species in 10 small towns of the Sub-Tropical Thicket Biome, South Africa. – *Urban Forestry & Urban Greening* 7(1): 1-13.
- McDonnell, M. J. & Pickett, S. T. A. 1990: Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: An unexploited opportunity for ecology. – *Ecology* 71: 1232-1237.
- McHale, M. R., McPherson, E. G. & Burke, I. C. 2007: The potential of urban tree plantings to be cost effective in carbon credit markets. – *Urban Forestry & Urban Greening* 6(1): 49-60.
- McKinney, M. L. 2002: Urbanization, biodiversity, and conservation. – *BioScience* 52:883-890.
- McPherson, E. G. 1998: Atmospheric carbon dioxide reduction by Sacramento's urban forest. – *Journal of Arboriculture* 24(4): 215-223.
- McPherson, E. G., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R. & Rowntree, R. 1997: Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago urban forest climate project. – *Urban ecosystems* 1: 49-61.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) 2005: Ecosystems and Human Well-Being. Biodiversity Synthesis. – World Resources Institute, Washington, DC, 86 s.
- Mitchell, C. J. A. 2004: Making sense of counterurbanization. – *Journal of rural studies* 20(1): 15-34.
- Nabham, G. P & Buchmann, S. L. 1997: Services Provided by Pollinators. – Teoksessa: Daily, G. C. (toim.). *Nature's services – Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington. S. 133-150.
- Naskali, A. 2008: Ekosysteempalvelu-käsitteen käyttökelpoisuus ja käyttöön liittyviä jännitteitä. – Esitelmä Ympäristöministeriön Kevätneuvokissa 19.5.2008.
- Naskali, A., Hiedanpää, J. & Suvantola, L. 2006: Biologinen monimuotoisuus talouskysymyksenä. – *Suomen ympäristö* 48/2006. Ympäristöministeriö, Helsinki. 142 s.

- Niemelä, J. 1999: Management in relation to disturbance in the boreal forest. – *Forest Ecology and Management* 115(2-3): 127-134.
- Niemelä, J. & Yli-Pelkonen, V. 2008: Asiantuntijalausunto Uudenmaan maakuntakaavan ja 1. vaihemaakuntakaava-alueuunnoksen vaikutuksista maakunnan ekologiseen verkostoon ja sen toimivuuteen. – Uudenmaan liiton julkaisuja E 98. Helsinki, 24 s.
- Normander, B., Glimskär, A., Stabbetorp, O., Auvinen, A-P., Levin, G. & Gudmundsson, G. A. 2006. Aggregation of indicators for biological diversity in the Nordic countries. – *TemaNord* 2006:554. The Nordic Council of Ministers. Copenhagen. 47 s.
- Nowak, D. J., Crane, D. E. & Stevens, J. C. 2006: Air pollution removal by urban trees and scrubs in the United States. – *Urban Forestry & Urban Greening* 4(3-4): 115-123.
- Nunes, P. L. D. & van der Bergh, J. C. J. M. 2001: Economic valuation of biodiversity: sense or nonsense? – *Ecological Economics* 39(2): 203-222.
- OECD (2004) Handbook of Market Creation for Biodiversity: Issues in Implementation. – OECD, Paris. 181 s.
- Oliver-Solà, J., Núñez, M., Gabarrell, X., Boada, M. & Rieradevall, J. 2007: Service sector metabolism: Accounting for energy impacts of the Montjuïc urban park in Barcelona. – *Journal of Industrial Ecology* 11(2): 83-98.
- Ostfeld, R. S. & LoGiudice, K. 2003: Community disassembly, biodiversity loss, and the erosion of an ecosystem service. – *Ecology* 84(6): 1421-1427.
- Petersen, L. K., Lyytimäki, J., Normander, B., Hallin-Pihlatie, L., Bezák, P., Cil, A., Varjopuro, R., Münier, B. & Hulst, N. 2007: Urban lifestyle and urban biodiversity. Towards conceptual framework for urban lifestyle-driven biodiversity change. (21.4.2008) – http://www.alter-net.info/pooled/articles/BF_DOCART/view.asp?Q=BF_DOCART_196115
- Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Nilon, C. H., Pouyat, R. V., Zipperer, W. C. & Costanza, R. 2001: Urban Ecological Systems: Linking Terrestrial Ecological, Physical, and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas. – *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 127-157.
- Postel, S. & Carpenter, S. 1997: Freshwater Ecosystem Services. – *Teoksessa: Daily, G. C. (toim.). Nature's services – Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington. S. 195-214.
- Preisler H. K., Ager, A. A. & Wisdom, M. J. 2006: Statistical methods for analysing responses of wildlife to human disturbance. – *Journal of Applied Ecology* 43(1): 164-172.
- Ricketts, T. H. 2001: The matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes. – *American Naturalist* 158: 87-99.
- Ridder, B. 2008: Questioning the ecosystem services argument for biodiversity conservation. – *Biodiversity and Conservation* 17(4): 781-790.
- Ristimäki, M. 1999. Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä. Ehdotus yhdyskuntarakenteen seurannan järjestämiseksi ja kehittämiseksi. – *Suomen ympäristö 344*. Ympäristöministeriö, Helsinki. 74 s.
- Roscher, C., Schumacher, J., Baade, J., Wilcke, W., Gleixner, G., Weisser, W.W., Schmid, B. & Schulze, E.-D. 2004: The role of biodiversity for element cycling and trophic interactions: an experimental approach in a grassland community. – *Basic and Applied Ecology* 5: 107-121.
- Saarela, S. 2008: Yleiskaavoituksen luontoselvitykset ja ekologisesti kestävä kehitys. – Pro gradu. Helsingin yliopisto, biotieteellinen tiedekunta. 102 s.
- Saarikivi, J. 2008: Henkilökohtainen tiedonanto.
- Salmi, R.-L. 2006: Yleiskaavan sisältö ja esitystavat. – *Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000*. Opas 13. Ympäristöministeriö, Helsinki, 74 s.
- Sarkkola, S. (toim.) 2007: Turpeen ja turvemaiden kasvihuonevaikutukset Suomessa. – *Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 11/2007*. Helsinki.
- Savard, J. P. L., Clergeau, P. & Mennechez, G. 2000: Biodiversity concepts and urban ecosystems. – *Landscape and urban planning* 48: 131-42.
- Seidl, R., Rammer, W., Jager, D., Currie, W. S. & Lexer, M. J. 2007: Assessing trade-offs between carbon sequestration and timber production within a framework of multi-purpose forestry in Austria. – *Forest ecology and management* 248(1-2): 64-79.
- Shafer, C. L. 2008: Terrestrial Nature Reserve Design at the Urban/Rural Interface. – *Teoksessa: Marzluff, J., Shulenberger, E., Endlicher, W., Alberti, M. & Bradley, G. (toim.). Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature*. S. 715-737.
- Sisäasiainministeriö 2008: Suomen aluejaot. (3.4.2008) – <http://www3.intermin.fi/Aluejaot/Aluejaot>
- Suomen ympäristökeskus 2008: Hiilineutraalit kunnat. (24.6.2008) – <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=284048&lan=FI>
- Tapio 2008: Metsä vastaa. Hiilivarastojen suojele. (18.6.2008) – http://www.metsavastaa.net/hiilivarastojen_suojele-1
- Taylor, A. R. & Knight, R. L. 2003: Wildlife responses to recreation and associated visitor perceptions. – *Ecological Applications* 13(4): 951-963.
- Thomson, J. D. & Goodell, K. 2001: Pollen removal and deposition by honeybee and bumblebee visitors to apple and almond flowers. – *Journal of Applied Ecology* 38(5): 1032-44.
- Tilastokeskus 2006: Alueluokitukset. (3.4.2008) – http://www.stat.fi/tup/kasit/kaupunkiseutu_06.html
- Tilastokeskus 2008: Taajamissa asuu 84 prosenttia väestöstä. – *Tiedote 15.1.2008*. Tilastokeskus, Helsinki.
- Tilman, D. 1997: Biodiversity and Ecosystem Functioning. – *Teoksessa: Daily, G. C. (toim.). Nature's services – Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington. S. 93-112.
- Tjallingii, S. 2000: Ecology on the edge: Landscape and ecology between town and country. – *Landscape and Urban Planning* 48(3-4): 103-119.

- Tratelos, J., Fuller, R. A., Warren, P. H., Davies, R. G. & Gaston, K. J. 2007: Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. – *Landscape and urban planning* 83:308-317.
- Tyrväinen, L. & Miettinen, A. 2000: Property prices and urban forest amenities. – *Journal of Environmental Economics and Management* 39(2): 205-223.
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kazmierczak, A., Niemela, J. & James, P. 2007: Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. – *Landscape and Urban Planning* 81: 167-178.
- Uudenmaan liitto 2006: Seutukunnat. (3.4.2008) – <http://www.uudenmaanliitto.fi/index.phtml?s=51>
- Vehkamäki, S., Vierikko, K., Niemelä, J., Pellikka, J. & Lindén, H. 2006: Kestävää metsätaloutta – Sosiaalis-taloudellisten ja ekologisten kestävyysmuuttujien vaihtosuhteista. – Teoksessa: Vehkamäki, S. (toim.). *Metsät ja hyvä elämä: Monitieteinen tutkimusraportti*. Metsäkustannus, Helsinki. S. 405-447.
- Väre, S. & Krisp, J. 2005: Ekologinen verkosto ja kaupunkien maankäytön suunnittelu. – Suomen ympäristö 780. Ympäristöministeriö, Helsinki. 52 s.
- Väre, S. & Rekola, L. 2007. Laajat yhtenäiset metsäalueet ekologisen verkoston osana Uudellamaalla. – Uudenmaan liiton julkaisuja E 87. Helsinki. 53 s.
- Vörösmarty, C. J., Lévêque, C. & Revenga, C. 2005: Fresh water. – Teoksessa: MEA (Millenium ecosystem assessment): Ecosystems and Human Well-being; Current state and trends, Volume 1. Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millenium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington: 165-207.
- Vörösmarty, C. J., Lévêque, C. & Revenga, C. 2005: Fresh water. – Teoksessa: Hassan, R., Scholes, R. & Ash. N. (toim.). *Ecosystems and Human Well-being: Current state and trends. The Millennium Ecosystem Assessment Series, Volume 1*. Island Press, Washington. S. 165-207. <http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>
- Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008: Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa: tapauskohtaisia tarkasteluja. – Tutkimusraportti Nro VTT-R-03986-08. VTT, Espoo. 173 s.
- Węsławski, J. M., Andrulewicz, E., Kotwicki, L., Emil Kuzebski, E., Lewandowski, A., Linkowski, T., Massel, S. R., Musielak, S., Olańczuk-Neyman, K., Pempkowiak, J., Piekarek-Jankowska, H., Radziejewska, T., Różyński, G., Sagan, I., Skóra, K. E., Szeffler, K., Urbański, J., Witek, Z., Wołowicz, M., Zachowicz, J. & Zarzycki, T. 2006: Basis for a valuation of the Polish Exclusive Economic Zone of the Baltic Sea: Rationale and quest for tools. – *Oceanologia* 48(1):145-167.
- Whitford, V., Ennos, A. R. & Handley, J. F. 2001. "City form and natural process": indicators for the ecological performance of urban areas and their implication to Merseyside, UK. – *Landscape and urban planning* 57: 91-103.
- Wilby, R. L. & Perry, G. L. W. 2006: Climate change, biodiversity and the urban environment: a critical review based on London, UK. – *Progress in Physical Geography* 30(1): 73-98.
- Yle Uutiset 2008: Hyönteiskato pakottaa viljelijät turvautumaan tarhapölyttäjiin. – YLE Uutiset 9.6.2008. <http://yle.fi/uutiset/24h/id93079.html>
- Ympäristöministeriö 2006. Kaupunkiseudut 2005. (14.4.2008) –<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=206853&lan=FI>

Tiivistelmä: Ekologisesti kestävät kaupunkiseudut ja niiden ekosysteemipalvelut

Kaupunkimaisen asutuksen laajeneminen ympäröiville maaseutualueille jatkuu edelleen Suomessa. Sen seurauksena kaupunkiseutujen hiilidioksidipäästöt kasvavat ja luontoalueet vähenevät ja pirstoutuvat. Ekologisesti kestävä kehityksen tavoitteiden mukaan biologinen monimuotoisuuden, ekosysteemien toimivuuden ja ekosysteemipalveluiden jatkuvuus tulisi kuitenkin taata pitkälläkin aikavälillä. Kaupunkiseutujen ekologisesti kestävä kehitystä voidaan tarkastella ekosysteemipalveluiden avulla. Ekosysteemipalvelut ovat materiaalisia tai immateriaalisia, elämälle elintärkeitä hyötyjä, joita ihminen saa ekosysteemien monimuotoisesta rakenteesta ja toiminnasta, ja ne voidaan yksinkertaisimmillaan jakaa tuotanto-, virkistys- ja sääntelypalveluihin.

Tämän työn tarkoituksena oli tarkastella kaupunkiseutujen ekologisen kestävyys-edellytyksiä Seutukeke-projektin tausta-aineistoksi ja ekologisten, käytännön kaavoitustyössä käytettävien kriteereiden suunnittelutyön tueksi. Kaupunkiseuduilla tarkoitetaan tässä alueellisesti yhtenäistä asumisen, työssäkäynnin, palveluiden ja virkistystoiminnan kokonaisuutta. Sen rajausta poikkeaa siis hallinnollisista kuntarajoista ja muista kaupunkiseudun rajauksista. Seutuluento, johon ekologinen tarkastelu ulotetaan, käsitetään puolestaan kaupunkiseutu ja siihen välittömästi ekologisen toiminnallisuuden ja ekosysteemipalveluiden kautta liittyvät luontoalueet. Kaupunkiseudun mittakaavassa merkittäviä ekosysteemipalveluita ovat esimerkiksi makean veden ekosysteemipalvelut, hiilen sitominen ja virkistyspalvelut. Jotkut ekosysteemien toiminnot voivat lisäksi aiheuttaa negatiivisia kokemuksia, jolloin puhutaan haittapalvelusta. Ekosysteemipalveluiden olennainen piirre on se, että niiden välillä on vaihtosuhteita ja synergioita ja että useat palvelut ovat riippuvaisia toisistaan. Lisäksi useat palvelut ovat yliseudullisia eli niiden syntyminen ja säilyminen vaatii kaupunkiseutua huomattavasti laajemman alueen. Kaupunkiseutujen luonto on jatkuvan muutoksen kohteena, mikä vaikuttaa alueiden ekosysteemipalveluihin.

Kun kaupunkiseutua käsitellään ekosysteemipalveluiden näkökulmasta, nousevat tärkeiksi teemoiksi biologinen monimuotoisuus, elinympäristöt, ekologiset yhteydet ja niitä uhkaavat tekijät, kuten maankäytön muutos ja ilmastonmuutos. Kuinka paljon elinympäristöjä tai ekologisia yhteyksiä tulisi kaupunkiseudulla olla, on kuitenkin vaikea kysymys. Olennaista on kuitenkin huomata se, että kaupunkiseudun luontoa ja ekosysteemipalveluita tulisi tarkastella erilaisesta mittakaavasta käsin. Hyödyllistä on myös sijoittaa maankäytön suunnittelussa erilaisia luontoalueita lähemmäksi, jolloin niistä muodostuu mahdollisimman laajoja ja yhtenäisiä ekologisia maisemallisia kokonaisuuksia.

Kaupunkiseuduilla on lukuisia tärkeitä ekosysteemipalveluita, joista tässä työssä on tarkastelu tarkemmin kahta: makean veden ekosysteemipalveluita ja hiilen sitomista. Makean veden ekosysteemipalvelut voidaan jakaa sinisen ja vihreän veden palveluihin. Sininen vesi, joka on dominoinut veteen liittyvää suunnittelua ja alueiden käyttöä, on nestemäistä pohjavesissä, järvissä ja joissa olevaa vettä, jota käytetään eri tarkoituksiin yhteiskunnassa. Vihreä vesi puolestaan on maaperässä olevaa kosteutta, jonka kiertoa ekosysteemit ylläpitävät pääasiassa haihduttamisen ja haihtumisen avulla. Hiilidioksidin sitomisen merkitys ekosysteemipalveluna on korostunut erityisesti ilmastonmuutoksen myötä. Ekosysteemi voi toimia hiilinieluna, jos siihen varastoituu enemmän hiiltä kuin soluhengityksessä poistuu. Suomen tärkeimpiä hiilinieluita ja -varastoja ovat metsät ja suot.

Ekosysteemipalvelunäkökulma tarjoaa yhden mahdollisuuden ekologisen kestävyys-huomioimiseen maankäytön suunnittelussa. Tämä katsaus on pyrkinyt tuomaan esiin joitakin olennaisia piirteitä ekosysteemipalveluista, mutta lisää tutkimusta tarvittaisiin mm. ekosysteemipalveluiden ekologisista reunaehdoista ja palveluiden turvaamisesta sekä paikkatietomenetelmien sovellettavuudesta.

Extended abstract in English: Ecologically sustainable urban regions

Introduction

Urbanization in Finland has been strong in recent decades, and the concentration of settlements in urban areas is still an on-going process in many areas. Nowadays already 84 % of population in Finland is living on densely populated area. Furthermore, urban housing and the transportation network servicing the urban areas have spread out strongly to adjacent countryside and nature areas. The amount of developed land and personal cars is increasing therefore faster than population. Geographical extension of urban areas has inflicted on fragmentation of continuous nature areas. Beside that, the connections between urban nature areas and extensive nature areas outside the urban areas have diminished. And as a consequence of increased motor traffic, the amount of carbon dioxide emissions has also increased.

The overall target in land use planning is sustainable development. In this paper sustainable development, especially ecologically sustainable development, means that biodiversity, ecosystem functions or ecosystem services are not endangered as a result of human actions either short or long run. Ecosystem services, which are in the main focus in this paper, are the material or immaterial benefits that people obtain from nature. Concept of ecosystem services is nowadays widely used in conservation and natural resources management.

The purpose of this short literature review is to discuss concepts and studies of ecologically sustainable urban regions. This will be done mainly by considering ecosystem services and the ecological requirements behind them. One aim of this work is also to search scientific articles and reports related to the topic. This paper is part of Seutukeke-project, which considers sustainable land use and traffic planning in urban areas.

Definitions

The most important definitions are shown in Table 4.

Table 4. Definitions.

Concept	Definition
urban region	Region of integrated housing, local labour market, services and recreational services; defined mainly by travel-to-work area
nature of urban region	A case-specific urban region, which covers also ecological functionality and ecosystem services and can therefore be larger than the basic urban region
ecosystem services	Material and immaterial benefits that people obtain from nature
biodiversity	The diversity among genes, species, ecosystems and ecosystem functions, which is considered to act as a prerequisite of ecosystem services
ecosystem	The complex of a community organisms and its environment functioning as an ecological unit
fragmentation	The breaking up of an organism's habitat into discontinuous patches as a consequence of land use changes
habitat	The natural environment for a certain species
ecological corridor	Corridor of variety width consisting of forests or field-forest continuum which species can use when moving or migrating through unfavourable regions
criterion	Quantitative or qualitative standard, which encompasses certain sustainability aim
indicator	Quantitative or qualitative standard value, which concretize the criterion

Nature and ecosystem services in urban region

Nature in the urban regions is a continuum from heavily altered ecosystems in centre to almost natural state ecosystems in fringe area of a urban region. In some the regions the continuum is distinct, but in many Finnish urban areas the boundary of urban and rural areas is clear, and no or weak continuum exists. Anyway, the nature in urban region is homogenous, and must be discussed in different time and spatial scales. Besides, the land use in urban areas, and especially near the densely built areas, is dynamic, which has severe and often unforeseeable impacts on landscape, ecosystems, disturbances and ecosystem services. The most remarkable ecological influence of land use change is destruction and fragmentation of natural habitats. This in turn effects on survival, movement and genetic diversity of different species.

Ecosystem services can be divided simply in three categories: provisioning, cultural and regulating services. Provisioning services in urban region are for example timber products and fresh water used by municipalities. Cultural services are immaterial services like recreation, aesthetic experiences and information. Regulating services, that are often divided into regulating and supporting services, are more invisible than production and cultural services. These services regulate e.g. climate, air quality, hydrological and biogeochemical cycles and processes of soil. Significant regulating services in urban region are e.g. carbon sequestration, purification of air and water, noise control, filtering the water and flood control. Some of the normal ecosystem processes can also be considered as a nuisance, when term disservice is used. Disservices in urban regions are e.g. allergy caused by pollen, security problems in dark urban parks and mass occurrence of toxic algae.

In Finland many of the recreational services used by urban inhabitants are actually provided by larger area (e.g. hunting, fishing, picking berries and mushrooms), and many other services are produced by large regions and different ecosystems too. In these cases the geographical boundary of ecosystem services is problematic to define. Different ecosystem services are strongly interconnected, and there are many trade-offs and synergies between them. For instance, if trees are cut and the timber sold, the owner gets economic benefit, but the clear-cut forest does not provide same ecosystem services as it did before.

Biological diversity and ecosystem services

Human well-being depends on ecosystem services. The well-being of ecosystem services, for one, relies partly on biological diversity. Therefore the value of biological diversity to human is huge, but indirect. The role on biodiversity in production of various ecosystem services has not been investigated in details, which leads to underestimation of quantitative and qualitative ecological requirements of services. It has been suggested, that the ecology of different services should be properly studied so that the key species and components, biotic and abiotic factors and spatial and temporal scales affecting the services would become investigated. This kind of information would be useful in land use planning or natural resource use and management.

In the urban regions the main threat to biodiversity is habitat destruction and fragmentation. That also explains why the habitats and ecological corridors are important from ecosystem service's point of view. Planners and management authorities have raised the question, how much habitat is enough or how wide should an ecological corridor be. Naturally the answer is case, species and scale specific, but some rule of thumb must be given in order to safeguard the important ecosystem functions. Without guidelines the economic and social goals could over-ride the ecological goals. In urban regions the maintenance of habitats and ecological corridors can mean various sizes of areas. In densely populated areas very small areas can have important mea-

ning to species and inhabitants, but when considering the whole urban region, the most remarkable areas are wide-ranging, unfragmented nature areas. To ensure the access of species to wider nature areas, ecological corridors must be designed. The importance and efficiency of ecological corridors have raised questions and suspicions, but many ecologists have found out that there is connection between ecological corridors and biodiversity, which can be considered as justification for corridor design. And at its best, ecological corridors act as corridor both for nature and people.

Design of practical planning criteria

The Seutukeke project aims to serve needs of land use planning. Therefore qualitative or quantitative criteria and indicators will be designed during the project. Criteria will be derived from international, national, regional and local sustainability and biodiversity goals. In addition, different guidelines relating to environmental impact assessment or strategic environmental assessment will be exploited. Indicators will concretize criteria and will be designed so that they are based on GIS data and methods. The indicators could relate e.g. to landscape and habitat fragmentation, road density, barrier effect, amount or percentage of developed land, ecological land-use complementation and amount of endangered species and habitats.

Two important ecosystem services: fresh water and carbon sequestration

Ecosystem services produced by fresh water are fundamental to all life on earth. Because water moves through different ecosystems, many ecosystems in a watershed are involved in production of fresh water services. At the same time, since almost all ecosystems are dependent on water, they are interrelated in a certain way. The ecosystem services provided by fresh water can be divided into two groups: ecosystem services of blue and green water.

Blue water is liquid water in aquifers, lakes, streams and dams, and it is used in different purposes *in situ* or as extracted from water supply. Blue water has dominated the discussion of water management and planning, although the main water flow on earth is flow of green vapor from terrestrial biomass to the atmosphere. Green water resource is then the moisture in the soil and the flow of green water is generated by evaporation and transpiration. The ecosystem services of green water include water cycling through ecosystems, which provide also water for plant growth, and many services related to flood regulation, sedimentation and creation of habitats. In addition, watersheds provide a variety of other services, e.g. carbon sequestration, recreation, local climate modification and timber products. Each of hydrological services is defined by certain attributes: quantity, quality, location, and timing of flow. Users or beneficiaries of different services lay consciously or unconsciously claim to a specific volume of water of an expected quality in a certain form and at a certain time.

Carbon sequestration is a very important ecosystem services, which has gained a growing interest as a consequence of climate change. An ecosystem can store carbon, if the amount of carbon sequestered in photosynthesis is larger than the amount of carbon dioxide released in cell respiration of the organisms in the area. In Finland carbon is stored especially in forests (in tree biomass and soil) and in organic depositions of peat in mires. The capacity of forest to store carbon depends on age structure of trees and management strategies.

The bigger the carbon storage is, the more important is the maintenance of it, because even a small relative diminishing in a large storage will cause huge absolute CO₂-emissions. It has been investigated that European forests could act a carbon storage in the future also, if increasing demand of bio-energy does not put the capacity

of this ecosystem service in danger. In Finland the use of peat as a energy source has raised disagreement, since it has shown that the burning of peat causes as big CO₂-emissions as burning of coal.

In the urban regions, the carbon sequestration, as almost all other services too, can be considered both in a smaller densely populated area and in a larger region. The green areas among the residential areas and infrastructure have in some cases potential to store carbon and the trees nearby buildings can reduce the need of cooling or warming energy. When the perspective is larger (e.g. whole urban region), there opens up a better opportunity to consider the carbon balance of whole area. It has been suggested, that the carbon perspective should be a essential part of land use plans and different strategies. The GIS-methods are most likely to be in main position in the planning and management of carbon storage.

Conclusion

Ecosystem services approach provide one opportunity to consider ecological sustainability in urban regions. Both definitions, urban regions and ecosystem services, are partly based on human action, since people are the beneficiaries of ecosystem services (among other species). Ecosystem services can also be described as a linkage between human and nature. The future of ecosystem services depends on development in ecosystems and areas around them alike. Land use change and climate change have been seen the most severe threats to ecosystems. Both of these threats can be taken into account in land use planning.

In conclusion, few important research needs arose during this short review.

- 1) Research on characteristics and ecological prerequisites of ecosystem services.
- 2) Development of GIS-methods relating to ecosystem services.
- 3) Research on uncertainty of planning and implementation.
- 4) Research and development of monitoring and compensation.
- 5) Research on usefulness of the concept of ecosystem services in land use planning.

KUVAILULEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus (SYKE)			Julkaisu-aika Joulukuu 2008
Tekijä(t)	Sanna-Riikka Saarela ja Tarja Söderman			
Julkaisun nimi	Ekologisesti kestävä kaupunkiseudut ja niiden ekosysteemipalvelut			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristökeskuksen raportteja 33/2008			
Julkaisun teema				
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut				
Tiivistelmä	<p>Kaupunkimaisen asutuksen laajeneminen ympäröiville maaseutualueille jatkuu edelleen Suomessa. Sen seurauksena kaupunkiseutujen hiilidioksidipäästöt kasvavat ja luontoalueet vähenevät ja pirstoutuvat, mikä ei ole kestävä kehityksen mukaista. Kaupunkiseutujen ekologisesti kestävä kehitystä voidaan tarkastella ekosysteemipalvelujen avulla. Ekosysteemipalvelut ovat materiaalisia tai immateriaalisia, elämälle elintärkeitä hyötyjä, joita ihminen saa ekosysteemien monimuotoisesta rakenteesta ja toiminnasta.</p> <p>Tämän työn tarkoituksena on tarkastella kaupunkiseutujen ekologisen kestävyuden edellytyksiä ja ekosysteemipalveluita Seutukeke-projektin tausta-aineistoksi. Kaupunkiseudulla tarkoitetaan tässä alueellisesti yhtenäistä asumisen, työssäkäynnin, palveluiden ja virkistystoiminnan kokonaisuutta. Seutuluohtona, johon ekologinen tarkastelu ulotetaan, käsitetään puolestaan kaupunkiseutu ja siihen välittömästi ekologisen toiminnallisuuden ja ekosysteemipalvelujen kautta liittyvät luontoalueet. Useat ekosysteemipalvelut ovatkin yliseudullisia eli niiden syntyminen ja säilyminen vaatii kaupunkiseutua huomattavasti laajemman alueen.</p> <p>Kun kaupunkiseutua tarkastellaan ekosysteemipalveluiden näkökulmasta, nousevat tärkeiksi teemoiksi biologinen monimuotoisuus, elinympäristöt, ekologiset yhteydet ja niitä uhkaavat tekijät, kuten maankäytön muutos ja ilmastonmuutos. Suunnittelussa on olennaista huomata, että kaupunkiseudun luontoa ja ekosysteemipalveluja tulisi tarkastella erilaisista mittakaavoista käsin. Kaupunkiseuduilla on lukuisia tärkeitä ekosysteemipalveluja, joista tässä työssä on tarkastelu tarkemmin kahta: makean veden ekosysteemipalveluja ja hiilen sitomista. Makean veden ekosysteemipalvelut voidaan jakaa sinisen ja vihreän veden palveluihin. Sininen vesi on nestemäistä pohjavesissä, järvissä ja joissa olevaa vettä, jota käytetään eri tarkoituksiin yhteiskunnassa. Vihreä vesi puolestaan on maaperässä olevaa kosteutta, jonka kiertoa ekosysteemit ylläpitävät pääasiassa haihduttamisen ja haihtumisen avulla. Hiilidioksidin sitomisen merkitys ekosysteemipalveluna on korostunut erityisesti ilmastonmuutoksen myötä. Suomen tärkeimpiä hiilinieluja ja -varastoja ovat metsät ja suot.</p> <p>Tämä katsaus tuo esiin joitakin olennaisia piirteitä ekosysteemipalveluista, mutta lisää tutkimusta tarvittaisiin mm. ekosysteemipalveluiden ekologisista reunaehdoista ja palvelujen turvaamisesta, paikkatietomenetelmien sovellettavuudesta ja maankäytön suunnittelusta.</p>			
Asiasanat	kaupunkiseudut, kestävä kehitys, maankäytön suunnittelu, luonnon monimuotoisuus, ekosysteemipalvelut			
Rahoittaja/ toimeksiantaja				
	ISBN	ISBN 978-952-11-3312-1 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1637 (verkkokj.)
	Sivuja 44	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta (sis.alv 8 %) –
Julkaisun myynti/ jakaja				
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE) PL 140, 00251 Helsinki Puh. 020 610 123 Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi, www.ymparisto.fi/syke			
Painopaikka ja -aika				

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute (SYKE)			<i>Date</i> December 2008
<i>Author(s)</i>	Sanna-Riikka Saarela and Tarja Söderman			
<i>Title of publication</i>	Ekologisesti kestävät kaupunkiseudut ja niiden ekosysteempipalvelut (Ecologically sustainable urban regions and ecosystem services)			
<i>Publication series and number</i>	Reports of the Finnish Environment Institute 33/2008			
<i>Theme of publication</i>				
<i>Parts of publication/ other project publications</i>				
<i>Abstract</i>	<p>In Finland urban housing and the transportation network servicing urban areas have spread out strongly to adjacent countryside and nature areas. As a consequence, the amount of carbon dioxide emissions has increased and nature areas have diminished and fragmented. This can not be considered as sustainable development. The purpose of this report is to discuss ecologically sustainable urban regions and ecosystem services. Urban regions are regions of integrated housing, local labor market and recreational services, and are defined mainly by travel-to-work areas. Nature of urban region in turn covers also ecological functionality and ecosystem services. Therefore, it can be larger than the basic urban region. Ecosystem services are the material and immaterial benefits that people obtain from nature. They can be divided simply in three categories: provisioning, cultural and regulating services. Many of the services are actually provided by a large area and different ecosystems.</p> <p>When considering an urban region through ecosystem services it is important to notice biological diversity, habitats, ecological corridors and factors threatening them (e.g. global warming and land use change). It is also important to consider an urban area and ecosystem services in different scales. There are a considerable amount of important ecosystem services in urban areas and two of them, ecosystem services provided by fresh water and carbon sequestration, are considered closer in this report. The ecosystem services provided by fresh water can be divided into two groups: ecosystem services of blue and green water. Blue water is liquid water in aquifers, lakes, streams and dams, and it is used in different purposes in situ or as extracted from water supply. Blue water has dominated the discussion of water management and planning, although the main water flow on earth is flow of green vapor from terrestrial biomass to the atmosphere. Green water resource is moisture in soil. The flow of green water is generated by evaporation and transpiration. Carbon sequestration is a very important ecosystem service which has gained a growing interest as a consequence of climate change. In Finland carbon is stored especially in forests (in tree biomass and soil) and in organic depositions of peat in mires.</p> <p>In this report many aspects of urban ecosystem services are discussed but there are still further research needs on characteristics and ecological prerequisites of ecosystem services and development of GIS-methods and land use planning related to ecosystem services.</p>			
<i>Keywords</i>	urban regions, sustainable development, land use planning, biodiversity, ecosystem services			
<i>Financier/ commissioner</i>				
	ISBN	ISBN 978-952-11-3312-1 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1637 (online)
	<i>No. of pages</i> 44	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i> –
<i>For sale at/ distributor</i>				
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute (SYKE) P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Tel. +358 20 610 123, fax +358 20 490 2190 Email: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.environment.fi/syke			
<i>Printing place and year</i>				



ISBN 978-952-11-3312-1 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkköj.)