

Lukijalle

Luonto elää vahvasti nykyhetkessä. Kaikki elollinen ja eloton toiminta kytkeytyy kuitenkin samalla menneisyyteen, jonka avulla luonto valmistautuu kohtaamaan tulevia haasteita. Myös ihmisen elämäнкаari rakentuu aiempiin kokemuksiin, muotoutuneisiin olosuhteisiin ja käsityksiin. Ne ovat perustana nykyisyydelle ja tulevaisuudelle. Luonto on täynnä evoluution ihmeitä - ihminen mukaan luettuna. Yksittäisen ihmisen tarina on silmänräpäys ihmiskunnan aikajanalla, joka sekin on vain muutama lause koko maapallon historiikissa.

Kirja rakentuu kolmesta osasta: nykyisyydestä, menneisyydestä ja tulevaisuudesta. Luonnosta Virtaa -menetelmän mukaisesti. Luontolähtöisten harjoitusten avulla lukija voi sukeltaa syvemmälle omaan mieleensä ja löytää yhteyden luontoon. Luontoyhteyden kokemus voi auttaa näkemään paremmin oman hyvinvoinnin kietoutumista luontoon.

Ensimmäisen osan kuvaama nykyisyys on luonnon kannalta musertavassa taitteessa: ihminen on heikentänyt toiminnallaan luonnon edellytyksiä elinvoimaiseen kiertokulkuun, mikä on nähtävissä myös ihmiskunnan omassa terveydessä.

On syytä tarkastella menneisyyttä ja olosuhteita, joihin nykyisyys on rakentunut. Kirjan toisessa osassa menneisyyttä käsitellään etenkin suomalaisen luonnon näkökulmasta. Luonnolla on ollut tärkeä asema kulttuurimme rakentumisessa. Vuosisatojen saatossa luonnon kunnioitus ja ymmärrys sen merkityksestä tavallisessa arkipäivässä on kuitenkin vähentynyt.

Kolmannessa osassa pohditaan asetelmaa tulevaisuuden näkökulmasta. Planetaarinen terveys on tieteenaloja yhdistävä kehys. Sen avulla etsitään ratkaisuja, jotka edistävät sekä luonnon että ihmisen hyvinvointia ja terveyttä. Luonto on siis planetaarisen terveyden keskiössä. Monimuotoinen ja hyvinvoiva luonto on yhteisen terveyden edellytys - ei pelkästään suomalaisten tai suomalaisen luonnon, vaan koko maapallon näkökulmasta. Yksilö, yhteisöt ja yhteiskunta voivat edistää planetaarista terveyttä lukemattomien tavoin. Käytännön planetaarisen terveyden esimerkkien tarkoituksena on innostaa ja motivoida konkreettisiin tekoihin, joilla tuetaan tulevaisuutta.

Luonto on täynnä ihmiselle selvittämättömiä tarinoita, mutta tiede voi rakentaa ymmärrystämme elollista ja elotonta maailmaa kohtaan. Tiede on avannut meille oven menneisyyteen, joka ei ole enää pelkkää tarinaa, vaan tietoa yhä yhtenäisemmästä kehitysketjusta, jonka jatkumona olemme. Tieteen avulla voimme ymmärtää paremmin nykyisyyttä ja myös ennakoida tulevaisuutta. Luonnon fyysiset ja psyykkiset vaikutukset ihmiseen eivät ole pelkkiä tarinoita, vaan tutkimustiedon valottamaa toimintaketjua ja kiertokulkua, jossa myös ihmisellä on paikkansa. Toivotamme sinulle ajatuksia herättäviä lukuhetkiä kirjamme parissa!

Lahdessa ja Vesilahdessa toukokuussa 2025

Hanna Haveri Kirsi Salonen

Horisontti: yhteyttä luomassa

Katse nykyisyyteen

Mitä on näkyvissä

Murtuva Maa

Nykyihminen, *Homo sapiens*, on yksi yli viidestä tuhannesta ainutlaatuisesta maapallolla elävästä nisäkkästä. Luokitellessaan kasvi- ja eläinkuntaa luonnontutkija Carl von Linné antoi nimen ”viisas ihminen”. Hänen sanotaan tehneen myöhemmin lisäyksen ”ihminen, tunne itsesi”. Lausahdus on Sokrateen moraalia ja etiikkaa koskevaa pohdintaa, jota on pidetty elämänviisauden alkuna.

Elämää syntyi maapallolle, kun olosuhteet sen mahdollistivat yli neljä miljardia vuotta sitten. Elämän heräämiseen johtanut tapahtumien kulku on edelleen mysteeri. Voiko elollista elämää syntyä spontaanisti, on kysymys, joka on kaihertanut tieteilijöitä, taiteilijoita ja tavallisia ihmisiä satojen – ehkä tuhansien – vuosien ajan. Elämän mysteeri on saanut ihmisen etsimään vimmaisesti selitystä luonnonilmiöistä, aurin gon ja tähtien liikkeistä tai symbolisesta esineis töstä ja kirjoituksista.

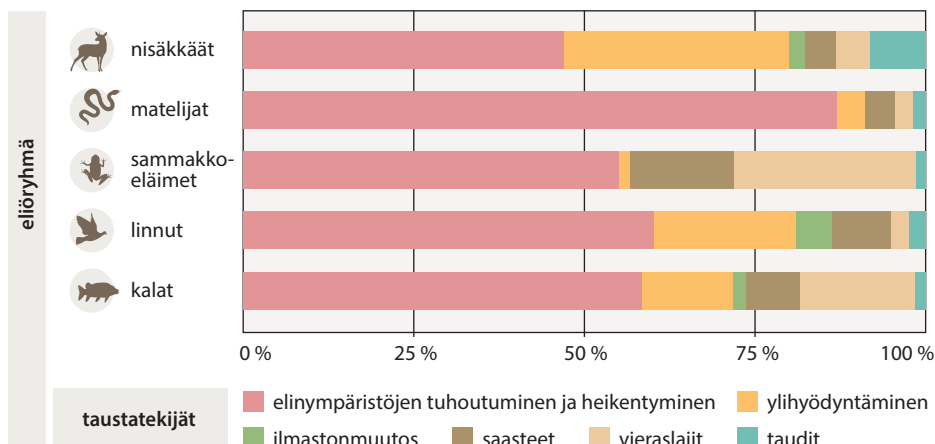
Tämän päivän Maa, sininen planeetta, on yli 70-prosenttisesti veden peitossa. Merissä elää vain noin prosentti maapallon biomassasta (1). Suurin osa tunnetuista elollisista olioista eli arviolta 10 miljoonaa lajia elää maan kamaralla. Tähän voi lisätä maaperän lukemattomat ja valtaosin tunnistamattomat eliöt, kuten bakteerit ja sienet. Tekoälypohjaisten mallien avulla niiden lukumäärä on arvioitu vähintään kaksinker-

taiseksi verrattuna maanpäällisiin ja merellisiin eliöihin (2). Suomessa lajikirjo käsittää 48 000 lajia, joista selkärangaisia on yli 400 (3). Mikro-kooppisen pienet lajit eivät ole luvussa mukana.

Sukupuuttojen kourissa

Maapallo on kokenut miljardien vuosien elämää sisältäneessä historiassaan useita joukkosukupuuttoja, joissa se on menettänyt jopa kolme neljännestä lajeistaan (4). Rajuin sukupuuttoaalto vyöryi maankuorella permikaudella 251 miljoonaa vuotta sitten. Maapallosta tuli elinkelvoton yli 90 prosentille vesieliöistä ja 75 prosentille maaeliöistä. Sukupuutto sai alkunsa joko asteroidin törmämisestä Maahan tai kivi-kehän luontaisesta kierrosta, laavan purkau- tuksesta maankuoren päälle. Maan sisemmistä kerroksista pääsi ilmakehään runsaasti hiilidioksidia ja metaania, mistä seurasi ilmaston ja etenkin merien kuumentuminen elinkelvottomiksi.

Nyt eletään Maan historian kiivainta sukupuuttoajanjaksoa. Kaksi suurinta eroa edeltäviin sukupuuttoaaltoihin ovat ilmiön nopeus sekä sen taustasyyt. Aiemmat massasukupuutot etenivät huippuunsa miljoonien vuosien kuluessa. Nykyinen aalto on heikentänyt 50 vuodessa selkärankaisten lajien seurattuja populaatioita 73 prosenttia (5). Edeltävissä sukupuutoissa taustasyinä olivat maapallon kerrosten tai meteo-



Kuva 1. Luontokadon suurimmat taustatekijät Euroopassa (5).

riittien törmäykset. Nyt planeetta Maa on törmäyskurssilla yhden eliölajinsa, viisaan ihmisen, kanssa.

Kolmasosa elonkehän monimuotoisuudesta on menetetty ihmisen toiminnan seurauksena (6). Lajeja tuhoutuu ajan myötä myös luontaisesti, mutta ihminen on kiihdyttänyt lajikadon satakertaiseksi. Pelkästään Suomesta on hävinnyt 50 vuodessa yli 300 lajia, ja joka yhdeksäs eliölaji on uhanalainen (3). Parin viimeisen vuosisadan aikana ihmiskunta on ottanut valtaosan Maan pinta-alasta käyttöönsä. Maapallon maaperästä jopa kolmannes on köyhtynyt ja heikentynyt muun muassa viljelykulttuurin muutosten ja saasteiden vuoksi (6). Liiallinen maankäyttö on myös Suomessa luontokadon taustalla. Maa- ja metsätalous kuormittavat sekä maanpäällisiä ekosysteemejä että vesiekosysteemejä. Laajeneva yhdyskuntarakentaminen, päästöt, kestävä kala- ja riistatalous, muu metsästys sekä ihmisen levittämät vieraslajit lisäävät luonnon hyötykäytön vaikutuksia lajikirjoon (kuva 1). Lisäksi ilmastonmuutos on tulevaisuudessa suurenevassa osassa luontokadon etenemisessä.

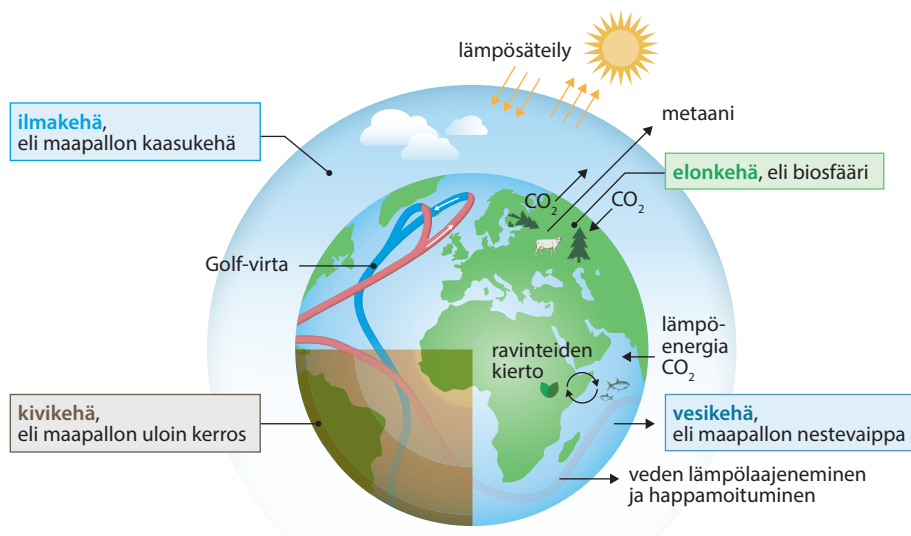
Kun planeetta ei kannaa

Ihmisen toiminta vaikuttaa maapalloon lukeuttomasti eri tavoin. Toiminta häiritsee Maan elinvoimaa ja normaalia luonnon kiertoa. Puhutaan maapallon kantokyvystä. Ilmasto ja luonnon monimuotoisuus ovat kantokyvyn tärkeitä osa-alueita, jotka kytkeytyvät toisiinsa (taulukko 1) (7). Kantokykyä määrittävien planetaaristen rajojen ylittäminen käynnistää muutoksia, jotka vaikuttavat sekä ihmisen että muun elonkirjon terveyteen ja selviytymismahdollisuuksiin.

Ilmastonmuutos on Euroopan tiedeakatemioiden yhteistyöverkosto EASAC:in mukaan tulevaisuuden suurin uhka luonnon monimuotoisuudelle. Lämpötilojen nousu ja sääolosuhteiden muutokset siirtävät kasvillisuusvyöhykkeitä ja kaventavat alkuperäistä eliölajistoa. Paikallisten ekosysteemien muutokset vuorostaan vaikuttavat mikroilmastoon. Ilmastonmuutoksen seurausten ennustetaan jopa kääntävän merivirtausten suuntauksia (8). Golf-virran pysähtyminen merkitsisi Suomessa ja Skandinaviassa poikkeuksellisen kylmiä aikoja. Kokonaiskuva yhteyksien kehästä (kuva 2) on edelleen suurelta osin hahmottumatta, mikä lisää luotet-

TAULUKKO 1. IHMISEN ELONKEHÄÄN JA PLANEETAN KANTOKYKYYN KOHDISTAMA KUORMITUS.

Ihmisen toimi	Toimen aiheuttama ilmiö	Muutos elonkehässä	Ihmiseen kohdistuva haitta	Planeetan kantokyky
Luontoympäristöjen raivaus	Luontokato	Elinympäristöjen ja lajien yksipuolistuminen, lajin sisäinen haavoittuvuus ja tautipaine	Ekosysteemipalvelujen heikkeneminen, tarttumattomat taudit, tartuntatautiepidemiat	Ylitetty
Kasvihuonepäästöt	Ilmaston lämpeneminen	Elinolosuhteiden muutokset, sään ääri-ilmiöt, luontokato	Sääolosuhteisiin liittyvä sairastavuus ja kuolleisuus, pakolaisuus, tartuntatautiepidemiat	Ylitetty
Luonnonvesien käyttö vesivoimaan ja kasteluvedeksi	Liiallinen makean veden käyttö	Vesieläinten elinolosuhteiden muutokset, makean veden lajien kato	Virkistytymisen ja luonnonkalastuksen mahdollisuuksien vähentyminen, juomaveden laadun heikkeneminen	Riskirajalla
Muoviroksien levittäminen ja lääkkeiden heittäminen viemäriin	Kemiallinen saastuminen uusilla aineilla ja elämänmuodoilla	Elinympäristön saastuminen, lisääntymisongelmat	Antibioottiresistenssi ja muut terveysriskit, juomaveden saastuminen	Ylitetty
Kaivostoiminta, turpeennosto, maaperän lannoittaminen	Biogeokemiallisten kiertojen muutokset	Elinympäristön saastuminen, vesien rehevöityminen, pohjavesien saastuminen	Virkistytymismahdollisuuksien heikentyminen, juomaveden saastuminen	Ylitetty
Avohakkuut, kaupunkirakenteet, liikenne	Maankäytön muutos	Elinympäristön saastuminen, vesien rehevöityminen, pohjavesien saastuminen	Erosio, virkistytymismahdollisuuksien heikentyminen, valo- ja melusaasteen haitat	Riskirajalla
Tupakointi ja tupakantumpin luonnossa sytyttämä maastopalo	Aerosolikuormitus	Tietyn lajin viimeisen elinympäristön tuhoutuminen esimerkiksi suojelualueella tai kansallispuistossa	Pienhiukkasten aiheuttamat terveysongelmat, kodin tuhoutuminen	Lähellä rajaa
Suometsien avohakkuiden hiilidioksidipäästöt	Merten happamoituminen	Itämeren eliöiden elinolosuhteiden heikentyminen	Kalatalouden heikentyminen	Lähellä rajaa
Teollisuuden ja kuluttajien käyttämät otsonikerrosta niukentavat kaasut	Stratosfääriin otsonikato	Otsonin aiheuttamat vauriot ilmakehään, haitat kasvillisuudelle ja eliölajeille	Ihosityöpä, silmätaudit	Lähellä rajaa



Kuva 2. Yhteyksien kehä.

tavan tiedon ja syy-yhteyksien arvioinnin tarvetta sekä luontokadon että ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi.

Ihminen ei ole turvassa ilmastonmuutoksen seurauksilta. Maan keskilämpötilan nousuun liittyvä kuivuus on johtanut vesipulaan monilla alueilla Eurooppaa myöten. Planeetan vesivarannoista ainoastaan kahdesta kolmeen prosenttia on käyttökelpoista makeata vettä, joka on elinehto valtaosalle maapallon eliöstöstä. Viimeisen vuosisadan aikana ihminen on joko turmellut tai käyttänyt omiin tarpeisiinsa suurimman osan luonnon makean veden varastoista. Sen seurauksena makeassa vedessä elävien lajien kannat ovat vähentyneet viidennekseen vain viidessäkymmenessä vuodessa (5). Vesikriisit ovat myös Suomessa ilmastonmuutokseen ja sään ääri-ilmiöihin liittyviä uhkia, jotka osin ovat jo toteutuneet. Runsastuneet sateet lisäävät maan pinnalla valuvaa vesimäärää, joka kuljettaa mukanaan eloperäistä ja elotonta jätettä sekä kemikaaleja. Päättyessään luonnonvesiin ne saastuttavat pintavesiä ja voivat pilata siitä suodatettavan juomaveden. Runsaat sateet kuormittavat kaupunkirakenteita ja hulevesi-

järjestelmää. Viemärijärjestelmien tulviminen voi aiheuttaa hulevesien päätyksen puhtaan veteen. Lisääntynyt rakentaminen ja yhä syvemmälle maaperään ulottuvat rakenteet vaarantavat kallioperässä kulkevan pohjaveden. Pahimmillaan ihminen saattaa toiminnallaan puhkaista peruskallion suojaaman pohjavesisuonen ja ikiaikaisen fossiilisen vesivaraston. Kerran sinne päässeiden kemikaalien tai epäpuhtauksien poistaminen on työlästä – ellei mahdotonta.

Sään ääri-ilmiöt testaavat terveydenhuoltoa ennennäkemättömällä tavalla. Yhdysvalloissa kesä 2023 oli silloisen mittaushistorian kuummin. Hellejaksoihin liittyvät terveydenhuollon päivystyskäynnit lisääntyivät merkittävästi (9). Työikäisten ja varsinkin ulkona työskentelevien miesten terveydentila pahentui äkillisesti. Helteen terveyshaittojen tiedetään kuitenkin kohdistuvan eniten hauraisiin väestöryhmiin, kuten pieniin lapsiin, ikääntyneisiin ja pitkäaikaissairaisiin. Vaikutus väestön terveyteen ja terveydenhuollon tarpeeseen on huolestuttavan laaja. Sään ääri-ilmiön aiheuttama terveyskriisi ja samanaikainen maailmanlaajuinen tautiepidemia

eli pandemia alueella, jolla on runsas sairaus-
taakka ja haavoittuvia väestöryhmiä, ruuhkaut-
taa terveydenhuollon päivystyspisteet ja sairaal-
lahoidon. Varautuminen kriiseihin on vaikeaa,
mutta välttämätöntä.

IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) on YK:n alaisuudessa toimiva hallitusten välinen riippumaton asiantuntijajärjestö. Se perustettiin vuonna 2012 etsimään yhteisiä, globaaleja keinoja ihmisen hyvinvoinnin ja kes-
tävän kehityksen edistämiseksi. Paneeliin kuu-
luu jäsenmaiden hallitusten edustajien lisäksi
tutkijoita, jotka edustavat parasta tietämystä
luonnon monimuotoisuuteen ja ekosysteemi-
palveluihin liittyvistä tieteiden aloista. Suomi on
kuulunut IPBES:ään heti sen perustamisesta
lähtien. Sen rinnakkaisjärjestö IPCC (Intergo-
vernmental Science-Policy Platform on Cli-
mate Change) keskittyy ilmastomuutokseen
liittyvään päätöksentekoon.

Ilmastomuutosta pakoon

Kuumeneva kaupunki-ilmasto ja helteen kor-
ventamat alueet, ruoan ja käyttöveden vähäi-
syys tai loppuminen johtavat väistämättä ilmas-
topakolaisuuteen. Rankkasateiden aiheuttamat
tulvat ja maanvyörymät tuhoavat koteja, jolloin
tautiepidemioita paetaan toisaalle. Koditto-
muus, nälkä, jano ja kelvollisen elintilan puute
rapauttavat yhteiskuntia ja aiheuttavat levotto-
muuksia. Sodat puhkeavat herkimmin alueille,
joilla on puutetta ja kurjuutta. Ekologisia kriise-
jä voidaankin pitää ihmisen näkökulmasta sekä
terveyskriiseinä että ihmisoikeuskriiseinä, jot-
ka koettelevat etenkin heikoimmassa asemassa
olevaa maailman väestöä. Maailmanpankki on
arvioinut, että vuoteen 2050 mennessä 140 mil-
joonaa ihmistä joutuu muuttamaan ilmaston-
muutoksen seurausten vuoksi omasta maastaan.

Hallitustenvälisen IPBES-paneelin hurjimmissa
laskelmissa luku on peräti 700 miljoonaa pako-
laista. Se tarkoittaisi hallitsematonta väestön lii-
kettä, josta seuraisi köyhyyttä, tautiepidemioita
ja väkivaltaisuuksia. Luonnon kantokyky mur-
tuisi väestöliikkeen kohteena olevilla alueilla. Il-
mastomuutoksen ja luontokadon torjumisella
on siis kiire.

Katoava routa ja lajikato

Vuonna 1988 Yhdysvallat toteutti unelmaansa
universumin valloituksesta ja uusien elinkel-
poisten planeettojen löytämisestä lähettämällä
uuden sukulan, Discoveryn, avaruuteen. Liki
200 miljardia dollaria maksanut 40-vuotinen
avaruusohjelma oli puolessavälissä. Miehite-
tyn aluksen oli määrä viedä maata kiertävälle
radalle rahtia satelliittien seuraksi. Suomessa
kunnianhimoista ohjelmaa oli seurattu vuosien
mittaan kiinnostuneena, ja sukulan laukaisu
näytettiin pääuutisissa. Samana iltana suosi-
tussa television ajankohtaisohjelmassa keskus-
teltiin vakavasta maapallolla käynnissä olevasta
muutoksesta nimeltä kasvihuoneilmiö. Ilma-
kehän pahimmiksi vihollisiksi tiedettiin teolli-
suuden ja fossiilisten polttoaineiden tuottama
hiilidioksidi, kloorifluorihiilet eli freonit ja me-
taani. Tuoreessa kansainvälisessä selvityksessä
oli arvioitu, että Euroopan sääolosuhteet muut-
tuisivat seuraavina vuosikymmeninä ihmisen
toiminnan seurauksena merkittävästi. Sateet,
tuulet ja muut sääilmiöt poikkeaisivat aiem-
masta ja keskilämpötilat nousisivat vuoteen
2050 mennessä 1,5–4,5 astetta. Suomessa talvet
lämpenisivät jopa 4–7 astetta, mikä tiedettiin jo
tuolloin mahdolliseksi haasteeksi luonnon so-
peutumiskyvylle.

Neljä vuotta avaruussukkula Discoveryn
laukaisusta Rio de Janeirossa solmittiin YK:n
ilmastosopimus. Tästä kului kuitenkin 23 vuot-
ta, ennen kuin havahduttiin päästösopimusten
tarpeeseen. Pariisin ilmastositomuksessa 2015
yhteensä 127 maata sitoutui rajoittamaan pääs-

töjään, jotta maapallon lämpeneminen jäisi 1,5 asteeseen. Todellisuus on toinen, ja uusista kansainvälisistä sopimuksista huolimatta lämpeneminen jatkuu. Pahimmissa skenaarioissa vuoteen 2100 mennessä Suomen tasolla vuoden keskimääräinen lämpötila on noussut jopa 6 astetta. Vuonna 1988 ydinsodan uhkan ollessa vielä todellinen Yhdysvallat piti mahdollisena, että ihminen voisi paeta avaruuteen, mikäli maapallo tuhoutuisi. Nykypäivän maapallolla ydinaseuhka on edelleen olemassa, mutta WHO:n mukaan suurin uhka terveydelle on ilmastomuutos.

Epämiellyttävä lämpö

Nyt yli kolmekymmentä vuotta lähempänä vuotta 2050 poikkeuksellinen kasvihuoneilmiö eli ilmastomuutos on entistä ajankohtaisempi aihe. Päästöt ovat lisääntyneet. Aiemmin ilmiön kieltäneet tutkijat ovat myöntäneet mannerjäätiköiden sulavan ilmaston lämpenemisen seurauksena. Ilmastomuutos näkyy selkeimmin arktisilla alueilla, joilla tapahtumaketjut etenevät hämmäntävällä vauhdilla, joka on kolmin- tai nelinkertainen muuhun maapalloon verrattuna (10). Mannerjäätiköiden ja ikiroutan sulamisen vaikutusten laajuus on yllättänyt asiantuntijat, mutta niiden lopullista vaikutusta ihmisten, eläinten ja kasvien terveyteen ei pystytä kunnolla hahmottamaan. Useiden ympäristömyrkköjen, kuten elohopean ja dioksiinin, tiedetään varastoituneen ikiroutaan, mutta roudasta vapautuvien ympäristömyrkköjen todellista määrää ja vaikutusta on mahdotonta arvioida. Routaan on myös aikanaan hautautunut eloperäistä ainesta, kuten kasvijätteitä ja eläinten raatoja, jotka voivat roudan sulaessa nousta pintaan ja levittää niiden sisältämiä mikrobeja (11). Vuonna 2016 Länsi-Siperian helteiset säät ja sulavan roudan kosteus nostivat vuosikymmeniä sitten pernaruttoon kuolleiden eläinten ruhoja maan pintaan. Niistä levinneet pernarut-toitit kykenivät aiheuttamaan tautia ja käyn-

nistivät sairastumisketjun. Toistakymmentä ihmistä joutui sairaalahoitoon, ja alueen asukkaita evakuoitiin. Ihmisuhreilta vältyttiin, mutta laaja epidemia vaati tuhansien porojen hengen. Vastaavaa voi tapahtua tulevaisuudessa ikiroutan sulaessa.

Tavallisessa suomalaisessa kaupunkiarjessa ilmastomuutoksen tai luontokadon vaikutuksia on vaikea havaita. Napapiirin pohjoispuolinen Suomi on kuitenkin osa arktista aluetta, jonka ekosysteemit ovat erityisen herkkiä ihmisen aiheuttamille muutoksille (3). Kylmyys, lyhyt kasvukausi ja ankarat talvet ovat luoneet omaleimaisen lajiston. Maaperässä on muistutus talven alituisesta läheisyydestä. Enontekiön ja Utsjoen laaka- ja palsasoilla (kuva 3) maa-aines pysyy 30 sentin syvyydellä jäätyneenä ympäri vuoden. Suomessa jäätyneenä pysyvää maakerrosta eli ikiroutaa on enimmillään parikymmentä prosenttia pohjoisimman Lapin pinta-alasta. Kylmimmässä Arktiksessa ikiroutaa on kaikkialla jopa kilometrin syvyyteen asti.

Jäisessä maaperässä on metaanivarastoja. Maa-aineksen lämpötilan noustessa mikrobitoiminta vilkastuu ja routasydän alkaa sulaa. Vaikka pintakerros jäätyisikin, ei kylmyys ulotu enää kerran sulaneeseen kerrokseen. Mikrobit pääsevät esteettä yhä syvemmälle maakerrokseen ja vapauttavat sinne varastoitunutta metaania ilmakehään. Metaani, jota on normaalisti hyvin vähän ilmakehässä, on hiilidioksidiin verrattuna 23-kertainen kasvihuonekaasu. Ikiroutan alla on myös ilokaasua eli typpioksiduulia kätkevä kerros. Se on yli 300 kertaa hiilidioksidia voimakkaampi kasvihuonekaasu. Länsi-Siperiassa, jossa ikiroutan sulaminen on edennyt erityisen nopeasti, maanalaiset kasvihuonekaasuvarastot ovat purkautuneet rajusti räjähtämällä ja jättäneet jälkeensä laajoja maavajoamia. Tällaiset kaasupurkaukset vauhdittavat peruuttamattomasti ilmastomuutosta.