



# Kuidas leida seda, mida ei ole?

## Välitööd taimede tumeda elurikkuse leidmiseks

Meelis Pärtel, Riin Tamme,  
Kersti Riibak

**K**uidas paremini elurikkust ja elupaiku kaitsta? Mismoodi aimata ette muutusi, mis meie planeedi loodust ees ootavad? Mil viisil saada uut teavet selle kohta, kuidas ja miks elurikkus paiguti erineb ja miks paljud elupaika sobivad liigid sealt siiski puudu on?

**Tänu looduse elurikkusele püsib ka inimühiskond.** Kui elurikkus väheneb, väheneb meie heaolu: häiruvad aineringed, väheneb ökosüsteemide võime panna vastu halbadele aegadele ja taastuda häiringutest. Eriti oluline on elurikkuse puhverduvõime kliimamuutuste oludes, kus ökosüsteemid peavad üha rohkem ja tõhusamalt suutma uute tingimustega kohaneda.

Kuid lisaks ökosüsteemis olemasolevale elurikkusele, mis tagab ökosüsteemi teenused (näiteks kliimaregulatsiooni, mullaviljakuse, tolmeldamise), on oluline ka see elu-

### Tumeda elurikkuse võrgustiku uurimisalad tänavu veebruaris



rikkus, mis on ökosüsteemist puudu. Justkui ühed ja nullid annavad informatsiooni arvutiteaduses, kannab nii liikide olemasolu kui ka puudumine infot ökoloogias. Sellist puuduvat, kuid oodatud elurikkuse osa nimetavad Tartu ülikooli teadlased tumedaks elurikkuseks. Tume elurikkus on see osa võimalikust elurikkusest, mida sobivatest tingimustest hoolimata ökosüsteemis praegu ei ole. Põhjuseid, miks osa liike ökosüsteem-

ist puudu on ja moodustavad tumeda elurikkuse, on mitu: alates looduslikust varieeruvusest kuni häiringute ja parasitideni. Teadmine tumedast elurikkusest ehk vastus küsimusele, miks ei ole mingil alal elurikkus nii suur, kui võiks ideaaltingimustes olla, on oluline looduse kaitsmiseks.

Alale omase liigifondi – võimalike liikide hulga – moodustavad just olemasolev ja tume elurikkus koos. Kuidas aga leida seda, mida ei ole?

Tumeda elurikkuse puhul arvatakse puuduvate liikide hulka vaid need, kes uuritavas kohas võivad esineda. See tähendab, et nende liikide keskkonnanõudlused peavad vastama vaadeldava ala omadustele ja need liigid peavad levimiskauguses olemas olema. Kuigi selline elupaigale eriomane liigifond on kindlasti väiksem kui regioonis leitud liikide hulk kokku, on just see liikide komplekt uuritava ala kohta olemuslik.

**Tumemat elurikkust vahetult mõõta ei saa**, küll aga on võimalik see välja arvutada vaadeldava ala ümbruskonnas tehtud taimkattekirjelduste kaudu. Neli aastat tagasi löid Tartu ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituudi botaanikud koordineeritud hajutatud välivaatluste võrgustiku DarkDivNet (ingl *dark diversity network*, tumeda elurikkuse võrgustik) ning alustasid taimekoosluste olemasoleva ja ka tumeda elurikkuse uurimist üle kogu maailma. Kui Charles Darwin tegi viieaastase reisi ümber maailma ja töötas kogutud materjaliga kogu järgneva elu, siis tänapäevased välitööd on võtnud hoopis teise kuju. Kuna kõiki maailma elupaiku üks teadlane ega ka teadusrühm uurida ei jaksa – piire seavad aeg, raha ja teadmised kohalikust floorast –, uuritakse tumemat elurikkust ülemaailmse koostööna.

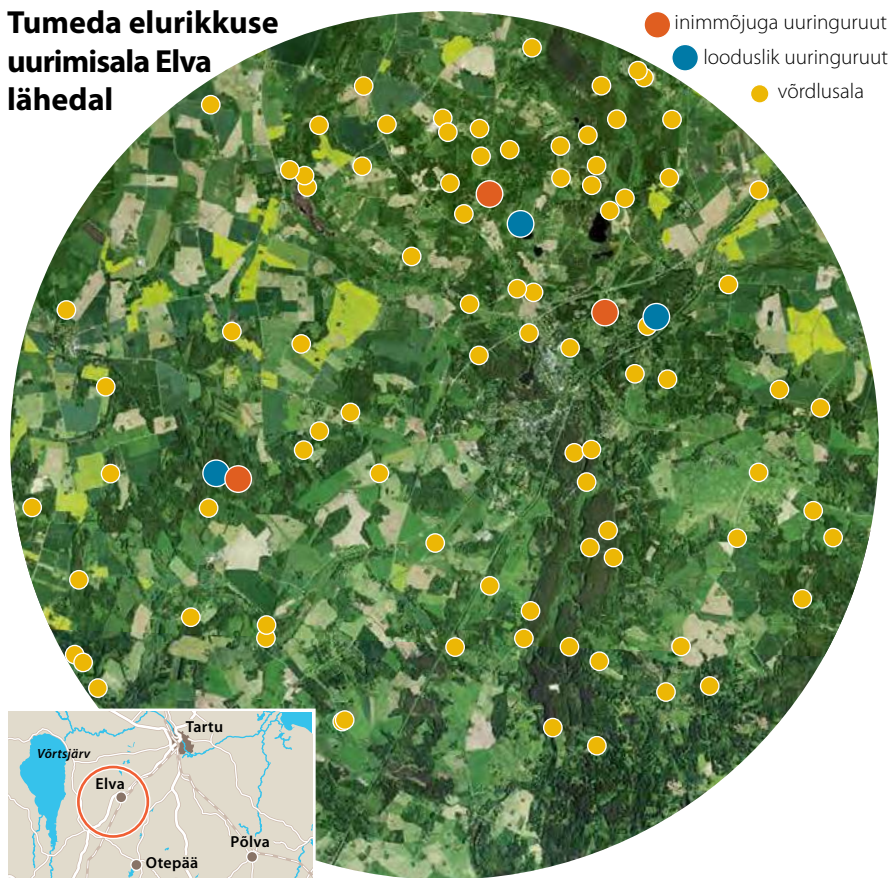
Viis, kus taimeteadlased üle kogu maailma teevad ühiste juhiste järgi oma piirkonnas välitööd ning hiljem võtavad tulemused kokku ja koos avaldavad need, on ökoloogias suhteliselt uus teadusuuringute tegemise meetod. Sellise globaalse haardega, kus välitöösse on kaasatud kõik taimestunud mandrid (peale ülimalt taimevaese Antarktise), eri kliimavöötmel ja eri evolutsioonikäiguga regioonid, püütakse DarkDivNetis teada saada, millised ökoloogilised seaduspärad on samad igal pool maailmas ning millised sõltuvad evolutsioonilisest ajaloost või regiooni kliimast. Kuna on teada, et olemasolev ja tume elurikkus varieeruvad piki looduslike gradiente, soovivad teadlased

## DarkDivNet võimaldab uurida muudki peale tumeda elurikkuse

**T**artu ülikooli teadlaste ellu kutsutud DarkDivNeti, s.o tumeda elurikkuse uurimise võrgustiku liikmed on algatanud võrgustikku kuuluvatel uurimisaladel kaks lisauuringut. Üks neist, mida juhivad Austraalia teadlased, vaatleb mullabakterite aktiivsust. Uuringualadelt kogutud muld kuivatatakse nii, et bakterid jäävad ellu. See võimaldab uurida mulla aineriinget laboris ja selgitada, kuidas see on seotud eri bakterirühmadega.

Teine lisauuring, kus juhtroll on Saksa teadlastel, uurib seemneleevi tähtsust. Uurimisalade ümbrusest kogutakse eri liikide seemneid külvatakse need uuringualadele prooviruutudesse ja jälgitakse kahe aasta jooksul taimede tärkamist. Osas prooviruutudes on taimkate enne eemaldatud. Sellest lisauuringust saab teada, kas arvutuste järgi tumeda elurikkuse hulka arvatud liigid saavad ka tegelikult uurimisaladel kasvada ning kui suur roll on taimedevahelisel konkurentsil.

### Tumeda elurikkuse uurimisala Elva lähedal



täpsemalt teada saada ka seda, kuidas mõjutavad elurikkust inimene ja mitmesugused loodusnähtused ning -protsessid. Peale otseste taimevaatluste kogutakse suur osa liikidest eDNA-na – mullaproovides leiduva pärilikkusainena (vt lisakasti) –, et teada saada, milliste mikroorganismidega taimed koos elavad ja millised praeguseks kadunud taimed on kunagi uurimisalal elanud.

**Tumeda elurikkuse üleilmsete välitööde meetodika** on üldjuhul lihtne ja täpselt sama igal pool – nii saadakse meetoodiliselt võrrelda-



Taimede elurikkust otsitakse nii kasvavate taimede kui ka mullas leiduva DNA järgi, mida peab koguma steriilsete kummikinnastega

## Keskkonna-DNA ehk eDNA (ingl *environmental DNA*) abil saab teha kindlaks ökosüsteemide varjatud elurikkuse

**O**rganismide elutegevuse käigus jääb keskkonda maha nende pärilikkusainet ehk geneetilist materjali. Viimastel aastatel on üha hoogsamalt asutud keskkonna-DNA-d analüüsima, kuna see võimaldab ökosüsteemides tuvastada ka silmaga nähtamatut elurikkust. Maismaal tasub eDNA proove koguda eelkõige mullast.

Proove tuleb koguda steriilsete vahenditega, et proovid ei saastuks mujalt pärit DNA-ga. Takistamaks pärilikkusaine lagunemist, tuleb niisked mullaproovid vahetult pärast kogumist toatemperatuuril kuivatada ja proovid hoiustada koos niiskust imava silikageeliga.

Selleks et proovivõtumetoodika oleks uurimisalati võimalikult ühtne ja tõhus, saadab uuringu juhtpartner Tartu ülikool DarkDivNetis kõigile osalistele ühesugused proovivõtu-

vahendid: steriilsed kummikindad, plastlusikad ja paberkotid mulla kogumiseks ning suletavad silikageeliga kilekotid, kus proove hoida.

Proove tuleb võtta 10 x 10-meetrise taimkatteruudu lähedalt (otse iga nurga ja külje tagant) kaheksast proovipunktist. Esmalt kogutakse proovid ühte suurde kilekotti, muld segatakse ja seejärel võetakse segatud mullast kaks identset proovi – nn A- ja B-proov – väiksematesse paberkottidesse. A-proov saadetakse Tartusse analüüsiseks, B-proov jääb proovivõtja kätte tagavaraks. Tartus eraldatakse molekulaarbioloogia laboris mullast DNA ja järjestatakse valitud kindlad geenilõigud (sekveneeritakse geneetilised markerid). Kuna eri liikidel on see lõik erisuguse järjestusega, saab sellise analüüsi abil teada nii bakterite, seente, loomade kui ka taimede taksonoomilise koosseisu uuritud ökosüsteemis.

koordinaadid annavad võimaluse seostada kogutud andmed ka maakasutuskaartidelt, satelliidipiltidelt ja andmebaasidest saadud teabega.

Kohalikke liike tundvad teadlased otsivad digikaartide abil uuringuala, lähevad seejärel kohale ja märgivad maha 10 x 10 meetri suuruse uuriguruudu taimkatte kirjeldamiseks. Kümnekilomeetrise raadiusega uurimisala koosneb vaadeldavast looduslikust taimekooslusest ja selle ümber olevast alast, mille taimkatte kohta on 30–90 kirjeldust, mis näitavad ära selles piirkonnas koos leiduvad liigid. Uurimisala suurus on valitud selliselt, et oleks mitmesuguseid elupaiku, aga samas võiks eeldada, et liigid suudavad need kümnekond kilomeetrit ka levida. Saamaks teada, millist rolli mängib inimese mõju elustikule (kas intensiivne metsamajandamine, ülekarjatamine rohumaal, liigne tallamine või hoopis mootorsõidukitega sõitmine), kirjeldatakse ka uuritava ala loodusliku taimekooslusega sarnanevat inim mõjuga ala.

**Taimkatet kirjeldades** pannakse 10 x 10-meetrises ruudus kirja kõik soontaimeliigid ja nende katvus (protsentides osakaal, kui suure osa uuriguruudu pindalast iga taimeliik katab). Selleks et hinnata iga liigi ökoloogilist rolli, mõõdetakse tema lihtsamad tunnused: taime kõrgus, lehe pikkus ja laius. Uuritavast ökosüsteemist võetakse mullaproovid, mis on vajalikud nii geokeemilise analüüsi kui ka eDNA-analüüsi tarbeks.

Aga siiski – kuidas teadlased kirjeldavad tumedat elurikkust ehk liike, mida juba definitsiooni kohaselt ökosüsteemis ei ole? Selleks kasutatakse kavalust: küsitakse olemasolevatelt liikidelt, kes on nende sõbrad. Kui kaks liiki kasvavad tihti koos, siis võib järeldada, et nad jagavad samu keskkonnaelistusi. Kui teame, millised uuriguruudu liigid kasvavad ümbruskonnas üldiselt koos olemasolevate liikidega, saab kasutada matemaatilisi valemeid, ennustamaks, millised liigid ja kui tõenäoliselt uuritava ala tumedasse elurikkusesse kuuluvad.

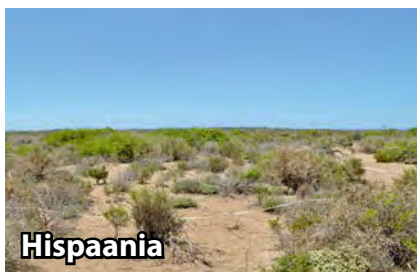
vad tulemused. Metoodikat on aidanud välja töötada ja kogu ettevõtmist kooskõlastada eri maade teadlastest koosnev nõukoda. Kõikidele üleilmse uuringu osalistele saadetakse ühtne välitööde juhend ja täpselt samasugused vahendid, millega koguda mulla-

proove. Hajutatud välitööde võrgustike puhul on väga tähtis kirja panna ka uurigupunktide täpsed GPS-koordinaadid, mis määravad nii uuritava ala ning võimaldavad need kohad hiljem uuesti leida, et vaadata, millised muutused on seal toimunud. Täpsed

## Näiteid tumeda elurikkuse võrgustiku uurimisaladest



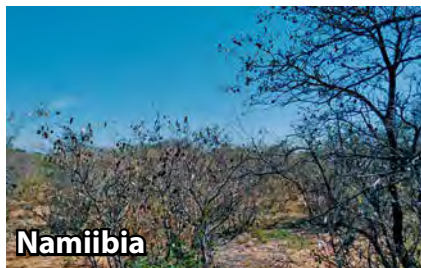
**Austraalia**



**Hispaania**



**Kanada**



**Namiibia**



**Argentina**



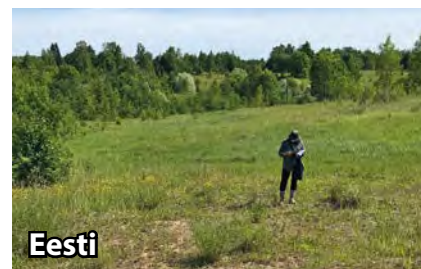
**Rootsi**



**Tadžikistan**



**Ukraina**



**Eesti**

**Tumeda elurikkuse uurimine on pidev** ning tuleb ette, et võrgustiku osalised pakuvad kas ühiskonna vajaduse või teadushuvi tõttu välja lisauuringud. Nende käigus mõeldakse uurimisaladel uusi parameetreid või mõjutatakse mingit osa uuritavast kooslusest kindlal viisil. DarkDivNeti võrgustikus on praegu ligikaudu 125 teadlast või teadusrühma 140 potentsiaalse uuringualaga, millest 110 alal on välitööd nüüdseks tehtud. Praegu hõlmab kogutud andmestik üle 4500 taimkattekirjelduse ning ligikaudu 100 ala DNA ja mullakeemia analüüsi. Kuna liikide koosleidumisi on väga töömahukas kirjeldada, uuritakse ka seda, kuidas kasutada maailma taimkattekirjelduste andmebaasides olevat teavet: kui tavaliselt koos elavad liigid on kirja pandud, aitab see mõnevõrra lihtsamalt leida iga uuritava ala tumedat elurikkust.

Kuigi üleilmsetest andmebaasidest võib leida peaaegu kaks miljonit taimkattekirjeldust, on need tehtud eri aegadel ja eri meetodikaga.

DarkDivNeti globaalne andmestik, kus liikide koosleidumiste teave on talletatud kõigis uuritavates regioonides täpselt sama meetodika järgi, on ökoloogiliste uuringute jaoks hindamatu väärtusega.

Mõistagi on tumeda elurikkuse üleilmsetes uuringutes vahel ette tulnud ka raskusi. Kuna osalus uurin-gus on suuresti õhinapõhine, jaotuvad uurimisalad üle maailma ebaühtlaselt ja globaalsed üldistused võivad olla sellevõrra piiratumad. On ilmnenud sedagi, et välja töötatud meetodika ei sobi nii edukalt mõnda kooslusesse. Teadustulemuste kõrval ongi välitööde oluline lisaeesmärk pidevalt kontrollida ja täpsustada tumeda elurikkuse uurimise meetodeid.

Teaduslikest küsimustest on praegu Tartu ülikooli botaanikute uuringutes esiplaanil see, kuidas mõjutab nii tegelikku kui ka tumedat elurikkust inimtegevus, milline roll on nende kujunemises võõrliikidel ja kuidas seostub taimede elurikkus mulla-elustikuga. Samuti on elurikkuse

se kao vähendamiseks vajalik teada, kui palju inimõjuga 10 x 10-meetrise uurimisruudu tumeda elurikkuse liike leidub selle lähiumbruses ja võiksid tagasi tulla, kui looduslik olukord taastada. Kohalikel teadlastel üle maailma on palutud oma senise kogemuse põhjal hinnata, millised piirkonnas leiduvad liigid kuuluvad uuritava taimekoosluse liigifondi. See aitab näiteks tehisintellekti võimalusi kaasates arendada matemaatilisi meetodeid eksperdiarvamuse sarnaseks. ■

*Võrgustikku DarkDivNet toetab Eesti teadusagentuur (PRG609) ja Euroopa Liidu regionaalarengu fond (teaduse tippkeskus EcolChange)*

**Meelis Pärtel** (1969) on TÜ botaanikaprofessor, uurinud elurikkuse saladusi.

**Riin Tamme** (1986) on TÜ makroökoloogia teadur, taksonoomilise ja funktsionaalse mitmekesisuse uurija.

**Kersti Riibak** (1987) on TÜ makroökoloogia teadur, taimede levimise uurija.