



METODOLOGIJA ZA SPREMLJANJE STANJA IN SPREMEMB POKROVNOSTI/RABE TAL TER OCENE OGLJIKA PO KOMPONENTAH

LIFE IP CARE4CLIMATE (LIFE17 IPC/SI/000007)



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR



GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE
SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE

Metodologija za spremljanje stanja in sprememb pokrovnosti/rabe tal ter ocene ogljika po komponentah

C8.1: Vzpostavitev sistema spremljanja emisij in ponorov v sektorju LULUCF

Avtorja: Marko Kovač, Boštjan Mali

Urednik: Boštjan Mali

Ljubljana, 22. februar 2022

LIFE IP CARE4CLIMATE (LIFE17 IPC/SI/000007) je integralni projekt, sofinanciran s sredstvi evropskega programa LIFE, sredstvi Sklada za podnebne spremembe in sredstvi partnerjev projekta.

Za več informacij obiščite www.care4climate.si.

Vsak partner v projektu LIFE IP CARE4CLIMATE je odgovoren za strokovnost vsebin in sporočila v dokumentih in stališčih, ki jih pripravi ali izrazi v okviru navedenega projekta.

Metodologija za spremljanje stanja in sprememb pokrovnosti/rabe tal ter ocena ogljika po komponentah

Povzetek

Dokument je predlog metodologije za spremljanje stanja in sprememb pokrovnosti in rabe tal ter drugih lastnosti zemljišč. Dokument sestavljajo štiri vsebinski deli. V uvodnem delu so opisani razvoj, pomen in stanje evidentiranja zemljišč v Sloveniji in svetu. Sledita mu predstavitev metodoloških izhodišč evidentiranja zemljišč. V tretjem delu je predstavljena splošna metodologija za inventarizacijo zemljišč, v zadnjem delu pa sta opisani dve mogoči smeri razvoja slovenske prostorske informatike, primerni za usmerjanje trajnostnega razvoja kmetijstva, gozdarstva in okolja v državi ter za mednarodna poročanja v okviru UNFCCC, Uredbe (EU) 2018/841 Evropskega parlamenta in Sveta, FAO, procesa Forest Europe in Habitatne direktive.

Methodology for monitoring the status and changes of land cover/use and carbon assessment by componets

Abstract

The document contains a proposal for a methodology for monitoring the status and changes in land cover and land use and other land characteristics. The document consists of four substantive parts. The introductory part describes the development, importance and situation in the field of land monitoring in Slovenia and in the world. This is followed by a presentation of the methodological starting points for land monitoring. The third part presents the general methodology for land inventory and the last part describes two possible directions of development of Slovenian spatial informatics, which are suitable to guide the sustainable development of agriculture, forestry and environment in the country and to support international reporting under the UNFCCC, Regulation (EU) 2018/841 of the European Parliament and of the Council, FAO, Forest Europe process and Habitat Directive.

Kazalo vsebine

1	UVOD	8
2	STANJE IN RAZVOJ EVIDENTIRANJA ZEMLJIŠČ	9
2.1	Splošni zgodovinski oris	9
2.2	Pomen spremljanja pokrovnosti in rabe tal ter njihovih sprememb	10
2.3	Razvoj in stanje nacionalne inventarizacije pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji	10
2.4	Nacionalne inventarizacije pokrovnosti in rabe tal v Evropi	12
3	METODOLOŠKA IZHODIŠČA EVIDENTIRANJA ZEMLJIŠČ	13
3.1	Polnopršinsko vektorsko in vzorčno statistično (rastrsko) snemanje	13
3.2	Slučajnostno in sistematično vzorčenje	14
3.3	Centrično in necentrično sistematično vzorčenje	15
3.4	Enotna večnamenska nomenklatura in različne nomenklature	16
4	SPLOŠNA METODOLOGIJA ZA INVENTARIZACIJO POKROVNOSTI IN RABE TAL 17	
4.1	Stanje prostorske informatike v Sloveniji	17
4.2	Metodološke zahteve	18
4.3	Predlog nomenklature	20
4.4	Statistični model	20
4.4.1	Splošno	20
4.4.2	Cenilke za površinski delež, skupno površino in število potrebnih enot	20
4.4.3	Cenilke za merjene (kvantitavne) znake	23
4.4.4	Poststratifikacija vs. stratifikacija	23
4.4.5	Točnost ocen	24
4.5	Pridobivanje podatkov	25
4.5.1	Fotointerpretacija	25
4.5.2	Terensko snemanje	25
5	SMERI RAZVOJA ZA POTREBE LULUCF	26
5.1	Stanje podatkovnih virov	26
5.2	Integrirana inventura pokrovnosti tal na centrični mreži	27
6	VIRI	30

Kazalo preglednic

Preglednica 1. Osnovni statistični kazalniki za kategorije pokrovnosti tal	24
Preglednica 2. Ocene za kategorije zemljišč in potrebnega števila ploskev pri $\pi = 0,80$ in razliki v aritmetičnih sredinah 15 % med dvema zaporednima meritvama (odvisni vzorec – iste ploskve)	25
Preglednica 3. Povzetek lastnosti integrirane inventure	28

Kazalo slik

Slika 1. Vzorčna (levo) in polnopršinska (desno) inventura traktov z velikostjo 500 x 500 m; G = gozd, K = kmetijstvo, P = poseljeno, Dgz = drugo gozdno zemljišče. V prikazanem primeru je ploskovna inventura oziroma inventura površinskih deležev v traktu. Če so trakti ocenjeni tudi točkovno, med ocenama na ravni trakta lahko nastanejo pomembne razlike. Ploskovno ocenjevanje se navadno uporablja za kartiranje in ocenjevanje struktur, točkovno pa za statistično ocenjevanje deležev pokrovnosti (rab) tal.....	14
Slika 2. Centrični in necentrični sistem. Rumeni kvadranti in merska skala prikazujejo osnovni centrični sistem in hierarhično mrežo (levi spodnji kvadrant: ista točka je središče kilometrskega, 500-metrskega in 100-metrskega kvadranta oziroma 500-metrskega in 100-metrskega kvadranta). Rdeči kvadranti (1 x 1 km) prikazujejo panele necentričnega sistema. Necentrični sistem ne omogoča ustvarjanja pravilne mreže. Nastajajo bodisi prazni prostori bodisi prekrivanja osnovnih in podkvadrantov (traktov). Op.: Trakt je lahko določen s središčno (kot je prikazano) ali vogalno koordinato.	16

Seznam kratic in okrajšav

Kratica/simbol	Beseda ali besedna zveza	Slovenski prevod angleških izrazov
BAFU	<i>Bundesamt für Umwelt (ang. Federal Office for the Environment)</i>	Zvezni urad za okolje (Švica)
BF	<i>Biotehniška fakulteta</i>	
BFS	<i>Bundesamt für Statistik (ang. Federal Statistical Office)</i>	Zvezni statistični urad (Švica)
BUWAL	<i>Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (ang. Federal Office for the Environment, Forest and Landscape)</i>	Zvezni urad za okolje, gozdove in krajino (Švica)
CAS	<i>ciklično aerofotografiranje Slovenije</i>	
CIR	<i>colour-infrared</i>	barvni infrardeči
CLC	<i>CORINE (Coordination of information on the environment) Land Cover</i>	program usklajevanja informacij o okolju/pokrovnosti tal
DMR	<i>digitalni model reliefa</i>	
DOF	<i>digitalni ortofoto</i>	
Eurostat	<i>statistical office of the European Union</i>	statistični urad Evropske unije
EU	<i>European Union</i>	Evropska unija
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>	Organizacija za prehrano in kmetijstvo
GERK	<i>grafična enota rabe kmetijskega gospodarstva</i>	
GIS	<i>Gozdarski inštitut Slovenije</i>	
IAKS		
LBM-DE	<i>Digitales Landbedeckungsmodell Deutschland</i>	Digitalni model pokrovnosti tal Nemčija
LISA	<i>Land Information System Austria</i>	Zemljiški informacijski sistem Avstrija
LIDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>	metoda za zaznavanje in določanje svetlobe

LCMGB	<i>Land Cover Map of Great Britain</i>	Zemljevid pokrovnosti tal Velike Britanije
LRTAP	<i>(Convention) on Long-range Transboundary Air Pollution</i>	(Konvencija) o onesnaževanju zraka na velike razdalje
LUCAS	<i>Land use/Cover Area frame Survey</i>	(evropski) statistični popis rabe in pokrovnosti tal
LULUCF	<i>Land Use, Land Use Change and Forestry</i>	raba zemljišč, sprememba rabe zemljišč in gozdarstvo
MGGE	<i>Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov</i>	
MKGP	<i>Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano</i>	
NGI	<i>nacionalna gozdna inventura</i>	
OZN	<i>Organizacija združenih narodov</i>	
PAN	<i>panchromatic</i>	pankromatski
SPOT	<i>Satellite Pour l'Observation de la Terre (ang. Satellite for observation of Earth)</i>	satelit za opazovanje Zemlje
SQRT	<i>square root</i>	kvadratni koren
SURS	<i>Statistični urad Republike Slovenije</i>	
WUR	<i>Wageningen University and Research</i>	Univerza in raziskovalni center Wageningen (Nizozemska)
UNFCCC	<i>United Nation Framework Convention on Climate Change</i>	Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja
ZGS	<i>Zavod za gozdove Slovenije</i>	

1 UVOD

Pomen sprotnih in doslednih podatkov o pokrovnosti in rabi tal je že dolgo poznan. Spremembe rabe in pokrovnosti tal so ene najočitnejših in najhitrejših procesov, ki spreminjajo tako lastnosti površine kopnega kakor tudi potencial naravnih ekosistemov za zagotavljanje okoljskih storitev (Herold in sod., 2009). Poznavanje sprememb v rabi in pokrovnosti tal je pomembno predvsem z vidika prostorskega načrtovanja in gospodarjenja z zemljišči (Švab Lenarčič in Oštir, 2015). Netrajnostna raba zemljišč lahko privede do dolgotrajnih posledic, kot so opustošenje gozdov, degradacija tal, erozija in podobno. Raba zemljišč pa lahko povzroča tudi emisije toplogrednih plinov, odvisno od vrste oziroma smeri spreminjanja.

Za izračun emisij in ponorov v sektorju raba zemljišč, sprememba rabe zemljišč in gozdarstvo (LULUCF) so potrebni podatki o površinah za tako imenovane zemljiške kategorije in podatki o spremembah zalog ogljika. Kmetijska zemljišča imajo zaradi uvedbe Identifikacijskega sistema za zemljišča (IAKS) zelo dobro vodeno evidenco rabe tal po posameznih obdelovalnih enotah in s tem tudi evidenco zgodovine rabe. Vendar je ta sistem namenjen kontroli subvencij v kmetijstvu (Valenčak, 2010) in neprimeren za ugotavljanje sprememb v rabi zemljišč (Miličič in Udovč, 2012).

Podatki o zalogah ogljika se zbirajo v okviru nacionalnih monitoringov, kot je na primer nacionalna gozdna inventura, s katero se pridobijo podatki o gozdovih. Slovenija na kmetijskih površinah do zdaj še ni vzpostavila uradne inventure (Mali in Ferreira, 2016), ki bi omogočala spremljanje in oceno zalog ogljika v nadzemni biomasi in tleh. Pomanjkljivosti v nacionalnem poročanju za sektor LULUCF in vrzeli v podatkih, ki se zbirajo v okviru nacionalnih inventur, so bili nedavno že opisani (Mali in sod., 2015).

Namen tega dokumenta je predstaviti predlog metodologije za spremljanje stanja in sprememb pokrovnosti tal, rabe tal ter drugih lastnosti zemljišč v državi. Sestavni del metodologije sta sedanja fotointerpretacijska ključa in predlagana nomenklatura (Kovač, 2021; Skudnik in sod., 2020). Nekatere pomembne teme so bile prepoznane v spletnih seminarjih, ki so obravnavali nomenklaturu pokrovnosti in rabe tal, in v anketi, ki je bila v času nastajanja metodologije izvedena med okoljskimi sektorji. Predlog metodologije upošteva vse okoljske sektorje (kmetijstvo, gozdarstvo, varstvo narave in okolja, urbanizem), zato dokument obravnava tudi osnovna vsebinska vprašanja, ki bi jih bilo treba pred dokončnim oblikovanjem metodologije in začetkom njenega operativnega izvajanja urediti v odprtem pogovoru različnih deležnikov (sektorjev, uporabnikov, odločevalcev).

2 STANJE IN RAZVOJ EVIDENTIRANJA ZEMLJIŠČ

2.1 Splošni zgodovinski oris

Evidentiranje zemljišč je v Evropi dolgo poznano in je bilo do nedavnega tesno povezano s popisi prebivalstva in nepremičnin, zemljiškimi knjigami in zemljiškimi katastri (zgodovinsko pomembni so Terezijanski, Jožefinski in Franciscejski kataster Habsburških dednih dežel). Zaradi dolgotrajnih izmer, zbiranj podatkov in urejanj evidenc, ki so potekale vzporedno s spremembami zemljišč v naravi in lastništvu, so taka evidentiranja potrebe držav po podatkih o zemljiščih praviloma zadovoljevala le kratek čas. Predvsem v povojnem času, ki je sprožil velike spremembe na področju zemljišč, so popisi pogosto postali zastareli še pred začetkom njihove veljavnosti. Zaradi teh razlogov so evropske države do konca 70. let prejšnjega stoletja večinoma imele netočne zemljiške evidence (Meyer, 1982).

Prelomnica v prehodu na boljše evidence o zemljiščih je bil razvoj daljinskega zaznavanja od sredine sedemdesetih do konca osemdesetih let prejšnjega stoletja. Njegovo najmočnejše orodje so bili analitični stereokartirni instrumenti (računalniško podprti analogni, optični stereoploterji), ki so izpodrinili mehansko-optične instrumente, in prvi satelitski senzorji, kot sta bila Landsat in pozneje SPOT. Odločilen korak v razvoju je v začetku 90. let prejšnjega stoletja sprožil razvoj računalniške tehnologije (predvsem grafike, na primer digitalizacije slike), ki je poleg razvoja računalnikov in programske opreme sprožil tudi razvoj digitalnih senzorjev in računalniških postaj ali instrumentov. Prehod v digitalno fotogrametrijo sta najbolj zaznamovala nadomestitev filma in optike s svetlobno občutljivimi tipali in mediji, na katere se zapisujejo svetlobni signali (kamere, digitalne slike), ter razvoj računalniških stereokartirnih postaj. Te s pomočjo programiranega postopka (ki vzpostavlja kolinearna razmerja med stanjem na sliki in naravnim zemeljskim površjem) digitalizirane stereoposnetke pretvarjajo v 3D modele zemeljskega površja, ki jih je na ekranih (ki delujejo kot polarizacijski filtri svetlobe) mogoče opazovati in na njih izvajati meritve. Poleg tega omogočajo različna procesiranja, kot so izračun digitalnega modela reliefa, površja, rektificiranega DOF in drugo.

Vzporedno je potekal tudi razvoj novih pasivnih (Landsat, Spot, Soyuz, Ikonos, Sentinel) in aktivnih senzorjev (radarske slike, LIDAR), ki so zelo izboljšali možnosti za najrazličnejše analize zemeljskega površja ter nadaljnji razvoj programske opreme.

Močni podporniki takega tehnološkega razvoja so vseskozi bili v prostoru delujoči sektorji, ki so zaradi boljšega poznavanja naravnih virov, potekajočih procesov in spremljanja njihovih sprememb v času in prostoru izražali potrebe po prostorskih podatkih. Še zlasti so se potrebe po njih povečale s sprejetjem paradigme o trajnostnem razvoju okolja in družbe. Ker so površinsko točna vektorska snemanja pokrovnosti in rabe tal na ravni večjih prostorskih enot (dežele, regije, države) večinoma neizvedljiva, je razvoj prostorskega evidentiranja obsegel tudi statistična zbiranja podatkov. Ta snemanja so najbolj poznana in razvita predvsem v gozdarstvu in kmetijstvu.

2.2 Pomen spremljanja pokrovnosti in rabe tal ter njihovih sprememb

Spremljanje pokrovnosti in rabe tal in njunih strukturnih sprememb je najpomembnejše orodje politike in je namenjeno usmerjanju trajnostnega razvoja sektorjev, ki gospodarijo z naravnimi viri, kot so gozdne, kmetijske, pozidane in druge površine (površinske bilance virov, stanje virov z vidika kakovosti, varovanje virov), ter prostorskemu razvoju države kot celote (policentrični razvoj, širjenje sektorjev, umeščanje infrastrukture in urbanih struktur v prostor). Konceptualno temelji spremljanje na periodičnih ali stalnih popisih stanj, s katerimi se pridobivajo ocene o i) površinah vrst zemljišč, ii) spremembah površin vrst zemljišč v času in prostoru, iii) različnih vidikih kakovosti zemljišč, iv) donosih različnih vrst zemljišč (lesna zaloga gozdov, donosi kmetijskih zemljišč) in v) njihovih kemijskih (na primer nitrifikacija), fizikalnih (sposobnost tal za zadrževanje vode) in drugih lastnostih. Kolikor so taka snemanja podprta še s terenskimi anketnimi popisi kmetijskih in gozdarskih obratov in posesti, je z vsemi informacijami mogoče precej zanesljivo spremljati stanje in kakovost virov (površina, donosi, zdravje ekosistemov in tal), ocenjevati tendence potekajočih procesov (urbanizacija, deagrarizacija, intenzivnost in ekonomika gospodarjenja) in usmerjati prostorski in gospodarski razvoj sektorjev (širitev, krčitev dejavnosti, uresničevanje prehranske samozadostnosti, dohodek).

Z vidika trajnostnega razvoja okolja je spremljanje pokrovnosti tal pomembno predvsem zaradi trajnostne rabe obnovljivih naravnih virov, razvoja in ohranjanja naravne in kulturne krajine ter ohranjanja in izboljšanja stanja ekosistemov za zagotavljanje njihovih ekosistemskih storitev družbi. Sestavna dela teh dejavnosti sta ohranjanje habitatnih tipov in habitatov rastlinskih in živalskih vrst ter krepitev vlog naravnih, polnaravnih in umetnih ekosistemov pri blaženju vplivov podnebja in njegovih sprememb.

V povezavi s trajnostnim razvojem je treba opozoriti še na poročanja o stanju in razvoju virov. Med pomembnejša sodijo mednarodna poročanja o stanju gozdov (Forest Europe, 2015, 2020; FAO, 2000; ICP Forest, 2018), habitatov in vrst (Direktiva, 1992), letna poročanja Statističnega urada Republike Slovenije (SURS), Evropskega statističnega urada (EUROSTAT), poročanje z naslova Okvirne konvencije OZN o podnebnih spremembah in številna druga. V povezavi s slednjo je tudi Uredba EU št. 2018/841 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 30. maja 2018 o "vključitvi emisij toplogrednih plinov in odvzemov zaradi rabe zemljišč ..." (Uredba, 2018), ki v okviru sektorja LULUCF gozdarstvu in kmetijstvu narekuje, da na ravni države ugotavljata pokrovnost in rabo tal, spremljata spremembe ter ocenjujeta delež ogljika po komponentah, kot so živa lesna masa, mrtva lesna masa, opad in tla. Za vsa ta poročanja je značilno, da brez sprotih in točnih informacij ni izvedljivo.

2.3 Razvoj in stanje nacionalne inventarizacije pokrovnosti in rabe tal v Sloveniji

V Sloveniji sistematično spremljanje pokrovnosti in rabe tal nima omembe vredne tradicije, niti ni dobro razvito. Z vidika metodologije in tehnologije sta bila obetavna koraka v smeri sodobne nacionalne inventarizacije narejena v letih od 1970 do 1990, ko je bil metodološko zasnovan celostni prostorski informacijski sistem in je bil izdelan digitalni model reliefa (DMR 500 in DMR 100), ki je bil zamišljen kot nosilec informacij o prostoru (Banovec in Lesar, 1975;

Banovec, 1976; Kralj, 1987). Vzporedno je potekal tudi razvoj digitalizacije prostora in daljinskega zaznavanja (Kralj in sod., 1985). Opisani dosežki so bili v prakso preneseni le deloma.

Zaradi potreb MKGP se je po letu 2000 zasnovala metoda za vektorsko kartiranje pokrovnosti tal in kartiranje zemljišč (MKGP, 2002). Njegove najpomembnejše značilnosti so bile periodično kartiranje na DOF, ki so bili izdelani s posnetki cikličnih aerosnemanj (CAS), neuravnoteženo število zemljiških kategorij, nagnjeno v prid kmetijskim zemljiščem, in neenakost minimalnih površin za snemane kategorije.

Drugače je potekala velikoprostorska (državna) inventarizacija gozdov. Med letoma 1985 in 2000 so potekala preučevanja različnih vzorčnih snemanj za lokalne, srednje velike in velike prostorske ravni. Vzporedno je potekal razvoj daljinskega zaznavanja, ki je obsegel interpretacijo pankromatskih (PAN) in barvnih infrardečih (CIR) zračnih posnetkov vključno z računalniško podprtim kartiranjem oziroma digitalno monorestitucijo (Hladnik, 1986; Kovač, 1991), digitalne fotogrametrije (prvi DOF v državi je bil izdelan v okviru skupine na GIS/BF – gozdarski oddelek, Hočevar in sod., 1994), prostorskih informacijskih sistemov in satelitske interpretacije (Kovač, 1991; Hladnik in sod., 1993; Hočevar in sod., 1992). V okviru teh dejavnosti je GIS v sodelovanju z več slovenskimi partnerji konec 90. let prejšnjega stoletja v okviru projekta Corine Land Cover (CLC) začel fotointerpretirati satelitske posnetke ozemlja Slovenije ter pripravljati prvo nacionalno karto zemljišč (Hočevar in sod., 2001).

Leta 1985 je bila za potrebe Konvencije LRTAP na sistematični vzorčni mreži 4 x 4 km (in 16 x 16 km) prvič uvedena nacionalna statistična inventarizacija gozdov s poudarkom na zdravstvenem stanju gozdov (Šolar, 1988; Božič in sod., 2015). Ta periodična inventura je bila leta 1995 najprej dopolnjena s kotno-števno metodo za izračun lesne zaloge in je tako dobila značaj nacionalne gozdne inventure (Hočevar, 1997), leta 2000 pa je po uvedbi koncentričnih stalnih vzorčnih ploskev in z združitvijo z inventuro zdravstvenega stanja gozdov dobila značaj integrirane inventure gozdnih ekosistemov (Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov – MGGE; Kovač in sod., 2009; Kušar in sod., 2010). Na isti mreži so se izvajale tudi enkratne inventure tal ter inventure žive in odmrle lesne biomase (Božič in sod., 2015) na negozdnih zemljiščih. Inventarizacija na sistematični mreži ploskev (centrični sistem) je bila zadnjč izvedena leta 2018.

Leta 2020 je bila inventarizacija gozdov preoblikovana. Osrednje novosti so bile zgostitev mreže na 2 x 2 km, uvedba petletnega stalnega snemanja ter prehod na necentrični sistem. S tem so se pretrgale vezi z vsemi časovnimi vrstami, ki so bile posnete na sistematični mreži 4 x 4 km. Odpraviti jo bo mogoče samo, če bodo za izbrane znake (na primer lesna zaloga, lastnosti tal, zdravstveno stanje dreves, odmrta lesna biomasa v gozdu in zunaj njega) izvedena potrebna vzporedna snemanja (Skudnik, 2020).

Zaradi neusklajenega usmerjanja prostorske informatike in pomanjkljivega sektorskega sodelovanja danes v Sloveniji ni nobene redno vzdrževane standardizirane podatkovne baze o zemljiščih na državni ravni. Obstajajo le posamezne podatkovne baze, ki jih na ravni celotne države ali drugih prostorskih enot (na primer gozdnogospodarskih enot) za svoje potrebe izdelujejo posamezni sektorji (gozdarstvo na primer sestojno karto in vzorčno gozdno inventuro gozdnogospodarskih enot ter velikoprostorsko inventuro gozdov; kmetijstvo na

primer karto pokrovnosti in rabe tal). Njihove skupne lastnosti so medsebojna neprimerljivost zaradi nedefiniranih pravil kartiranja, neuskklajenih definicij snemanih kategorij in dinamik posodabljanja (reambulacije). Poudariti je sicer treba, da v zadnjih letih prihaja do usklajevanja karte sestojev (ZGS, 2021) in pokrovnosti tal (MKGP, 2002, 2013), ki ju izdelujeta ZGS in MKGP (uskklajevanje zunanjih meja gozdov, prikaz sestojev v bazi GERK kot poseben sloj), ki pa zaradi nepremostljivih razlik med kartama z vidika zajemanja podatkov (različna dinamika posodabljanja, različne oblike prostorskega zajema) ter načina kartiranja kategorij ne pripomore k izboljšanju njunih kakovosti.

2.4 Nacionalne inventarizacije pokrovnosti in rabe tal v Evropi

Med evropskimi državami Švica podatke o prostoru s periodično inventuro zbira že več kot 40 let (Kölbl, 1982). Snemanje se izvaja s sistematičnim vzorčenjem na mreži 100 x 100 m, položeni preko 3D aeroposnetkov (Kölbl, 1982; BFS, 2018, 2019a, 2019b).

Za švicarsko inventarizacijo pokrovnosti tal je značilna hierarhičnost pravih kvadratnih mrež, ki pokrivajo občinsko, kantonalno in državno raven ter povezujejo različne prostorske sektorje (površinska statistika, biotska pestrost, gozdni viri; Mahrer in Vollenweider, 1983; Fischer in sod., 2019). Podatke zbirata in obdelujeta službi za statistiko (BFS) in okolje (BAFU).

Nizozemska pokrovnost in rabo tal periodično spremlja s satelitskimi posnetki, podprtimi s kartografskimi in drugimi podatki (Thunnissen in sod., 2000). Podatkovna baza LGN nastaja v okviru univerze (WUR, 2022). Rezultati snemanja (stanje, spremembe v času) so odvisni od uporabljenih klasifikacijskih algoritmov in kakovosti satelitskih posnetkov (Hazeu 2006). Kmetijska statistika se posebej spremlja z anketiranjem z določeno metodologijo (FAO, 2010), ki se naslanja tudi na karte rabe tal in pokrovnosti ter druge vire.

Norveška je za spremljanje naravnih površinskih virov po zgledu prvotnega statističnega modela LUCAS razvila sistem vzorčenja v traktih. V središču vsakega izmed 18 x 18 km velikih kvadrantov, ki prekrivajo celotno državo, leži pravokotni trakt velikosti 1500 x 600 m, ki vsebuje 10 sekundarnih vzorčnih enot (med seboj oddaljenih 300 m). Te enote (ploskve) ustrezajo podrobnim (tudi terenskim) snemanjem. Zaradi površinskih popravkov so vsi trakti tudi polnopravšinsko vizualno fotointerpretirani in kartirani (Strand, 2013). Vzporedno s tem snemanjem poteka tudi računalniška interpretacija satelitskih posnetkov.

Avstrija razvija sistem LISA (Banko in sod., 2014), ki vključuje različne načine pridobivanja podatkov, potrebnih za prostorske sektorje, ki delujejo na različnih političnih in prostorskih ravneh. Podobno Nemčija razvija sistem za pokrovnost tal LBM-DE, Velika Britanija pa sistem LCMGB. Pri ugotavljanju pokrovnosti tal in donosov v gozdovih države uporabljajo podatke nacionalnih gozdnih inventur (na primer Norveška, Švedska, Švica, Avstrija).

Na ravni skupnosti EU27 potekata v povezavi s spremljanjem pokrovnosti in rabe tal dva programa. S programom CLC (Eurostat, 2001) se s standardizirano vizualno polnopravšinsko interpretacijo satelitskih slik spremljajo pokrovnost tal in spremembe v vseh državah članicah. Pri izdelavi kart se upoštevajo navodila, ki vključujejo enotno minimalno kartirano površino (25 ha), minimalno širino in dolžino kartirane površine ter pravila generalizacije. S projektom LUCAS (Eurostat, 2009, 2018) pa se z vzorčnim snemanjem pridobivajo podatki o pokrovnosti

tal, njenih spremembah, kakovosti tal in številnih drugih lastnostih zemljišč. Statistični model temelji na dvofaznem vzorčenju, pri čemer prva faza obsega fotointerpretacijsko snemanje pokrovnosti tal na točkah sistematične mreže 2 x 2 km (1.100.000 točk), položene preko vse EU (master grid), druga pa (v okviru zemljiških stratumov) podrobne fotointerpretacijske in terenske meritve na podmnožici točk prve faze (približno 337.000 točk) (Ballin in sod., 2018).

Z vidika inventarizacije prostora primerljivejši je gozdarski sektor. Predvsem za potrebe notranjih gozdarskih politik velika večina držav že več desetletij izvaja statistične nacionalne gozdne inventure. V njihovem okviru se z različnimi tehnikami (daljinsko zaznavanje, terenska snemanja) zbirajo kvantitativni in kvalitativni podatki. Te inventure se metodološko med seboj razlikujejo z vidika statističnih modelov. Najpogostejša modela sta sistematično vzorčenje s stalnimi vzorčnimi ploskvami in sistematično vzorčenje v grozdih (traktih) ter njune izpeljanke. Ker so snemani znaki v pretežni meri harmonizirani, so rezultati inventur na državnih ravneh med seboj primerljivi (Tomppo in sod., 2010).

Zelo grob pregled nad razvojem področja kartiranja pokrovnosti in rabe tal v Evropi omogoča delo Manakosa in Brauna (2014).

3 METODOLOŠKA IZHODIŠČA EVIDENTIRANJA ZEMLJIŠČ

3.1 Polnopršinsko vektorsko in vzorčno statistično (rastrsko) snemanje

V prostorski informatiki odločanje v prid vektorskim oziroma statističnim podatkom narekujejo zahtevana kakovost podatkov (točnost, popolnost, veljavnost, ažurnost podatkov ...) in vrsta uporabe (problema). Zato se statistični podatki večinoma uporabljajo za ocenjevanje stanj in sklepanj o razvoju prostora ter usmerjanje prostorske politike na vseh prostorskih ravneh (država, regija, lokalne ravni), vektorski pa za prikazovanje stanj na podrobnih in izvedbenih prostorskih ravneh.

Število (na primer atributov, kategorij) in podrobnost prostorskih podatkov/informacij, ki se zbirajo v obeh omenjenih sistemih, nista primerljiva. Vektorski sistem je z vidika atributov zemljišč zelo omejen. Osredotočen je na ploskovne podatke o zemljiščih, kot so vrsta pokrovnosti, lokacija, površina in oblika zemljišča. Vektorsko snemanje (kartiranje) je praviloma omejeno s številom kategorij pokrovnosti tal in najmanjšo velikostjo interpretirane površine. Zaradi teh omejitev, ki hkrati omogočajo njegovo izvedbo, je vektorska podatkovna baza največkrat pristranska in zato neprimerna za uradna poročanja. Na primer baza CLC je zaradi enotnih minimalnih dimenzij (površina 25 ha, širina 100 m, površina spremembe 5 ha) in generalizacije primerna za raven EU27 in velike države, precej manj pa za majhne (Kovač, 2005; OFS, BFS BUWAL, 1998).

Če vektorsko razmejevanje površin poteka na DOF, je treba opozoriti tudi na velike pozicijske napake. Zaradi narave centralne projekcije so klasični DOF primerni samo za kartiranje ravnih terenov, brez objektov s pomembno višino. Če so ti prisotni (gozd, drevje, stavbe), prihaja do njihove nagnjenosti in zakritja elementov, ki jih nagnjeni objekti prekrivajo. Zato so pozicijsko točna samo kartiranja na 3D stereokartirnih instrumentih in DOF, ki so rektificirani z modeli

višin objektov. Drugi pomožni viri, kot so karte zračnega laserskega skeniranja, lahko točnost povečajo, ne morejo pa je zagotoviti.

Nasprotno je vzorčni (rastrski) sistem osredotočen na pridobivanje atributnih podatkov in informacij o prostoru. Način zbiranja podatkov je s točkovnega zlahka mogoče razširiti na ploskovno. Ploskovni podatki se v tem primeru nanašajo na prostorsko omejene trakte (kvadrante, rastrske celice). V primeru velike gostote mreže in majhne velikosti rastrskih celic (na primer 100 x 100 m, 250 x 250 m) lahko vzorčni sistem preide v polnopršinski rastrski sistem, ki je v primeru še sprejemljive velikosti celic dober približek polnopršinskemu vektorskemu kartiranju (Slika 1).



Slika 1. Vzorčna (levo) in polnopršinska (desno) inventura traktov z velikostjo 500 x 500 m; G = gozd, K = kmetijstvo, P = posejano, Dgz = drugo gozdno zemljišče. V prikazanem primeru je ploskovna inventura oziroma inventura površinskih deležev v traktu. Če so trakti ocenjeni tudi točkovno, med ocenama na ravni trakta lahko nastanejo pomembne razlike. Ploskovno ocenjevanje se navadno uporablja za kartiranje in ocenjevanje struktur, točkovno pa za statistično ocenjevanje deležev pokrovnosti (rab) tal.

Dobri lastnosti rastrskega (vzorčnega) sistema sta še enostavnost algebraičnih operacij (pomembno pri modeliranju) in skladnost s podatkovnimi viri, ki prihajajo z daljinskim zaznavanjem (rastrska satelitska in snemanja iz zraka). Ker se monitoring izvaja na točki ali rastrski celici, je sistem prost napak razmejevanja zemljišč in je podvržen le napaki klasificiranja, ki jo je mogoče skržiti na minimum. Sistem seveda omogoča tudi izračun napak (statistična napaka, matrika interpretacijskih napak).

Pomembni lastnosti vzorčnih sistemov sta še enostavna ponovljivost in večnamenskost. Medtem ko njihove ažurne informacije podpirajo politike različnih sektorjev na različnih prostorskih ravneh, so vektorski sistemi obvladljivi predvsem na majhnih prostorskih ravneh. Na vseh, še posebej če so namenjene več sektorjem, morajo tudi biti podvrženi standardizaciji zajemanja podatkov. Za nacionalno karto rabe tal (MKGP) velja, da so podrobno razdelane in razmejene samo kmetijske površine, da so kategorije zemljišč določene z različno velikimi minimalnimi površinami in da najmanjše dimenzije snemanih kategorij kakor tudi načini njihove generalizacije ostajajo nedoločeni (MKGP, 2013).

3.2 Slučajnostno in sistematično vzorčenje

Metodološko gledano obstajajo med enostavnim slučajnostnim in sistematičnim vzorčenjem prostora velike razlike. Osrednje so (Kleinn, 2007):

- oba modela temeljita na principih slučajnostnega izbora enot (vzorčenje brez ponavljanja). V prvem primeru je slučajnostno izbrana vsaka enota, v drugem pa celoten niz enot, določen s prvo enoto in intervalom premika oziroma predpisom. V drugem primeru je število neodvisnih enot enako 1 in je vse naslednje, s prvo določeno enoto, mogoče imenovati podenote.
- Varianca vzorca na sistematični mreži je zaradi optimalnejše razporeditve enot praviloma manjša od tiste izračunane z naključnim vzorcem enake velikosti, zato so ocene statistik točnejše (Magnussen, 2020; številni viri). Varianca vzorca s sistematične mreže je v primeru pojava periodičnosti ali kopičenja enot s podobnimi vrednostmi lahko tudi večja od variance vzorca z naključno izbranimi enotami.
- Zaradi neobstoja neodvisnih vzorčnih enot, v primeru sistematičnega vzorčenja nepristranska cenilka za izračun variance ne obstaja. Zato se za njen izračun uporablja obrazec, veljaven v slučajnostnem vzorčenju (Köhl in Schlaepfer, 1994), ki večinoma daje previsoke ocene, in posebej razviti obrazci, kot so drseče sredine, križne difference, formiranje grozdov in podobni (Thompson, 2012; Magnussen, 2020; Matern, 2013; De Vries, 1986; Kleinn, 2000, 2007).

Zaradi navedenih lastnosti in predvsem preproste izvedbe se v prostorski inventarizaciji sistematično vzorčenje pogosteje uporablja.

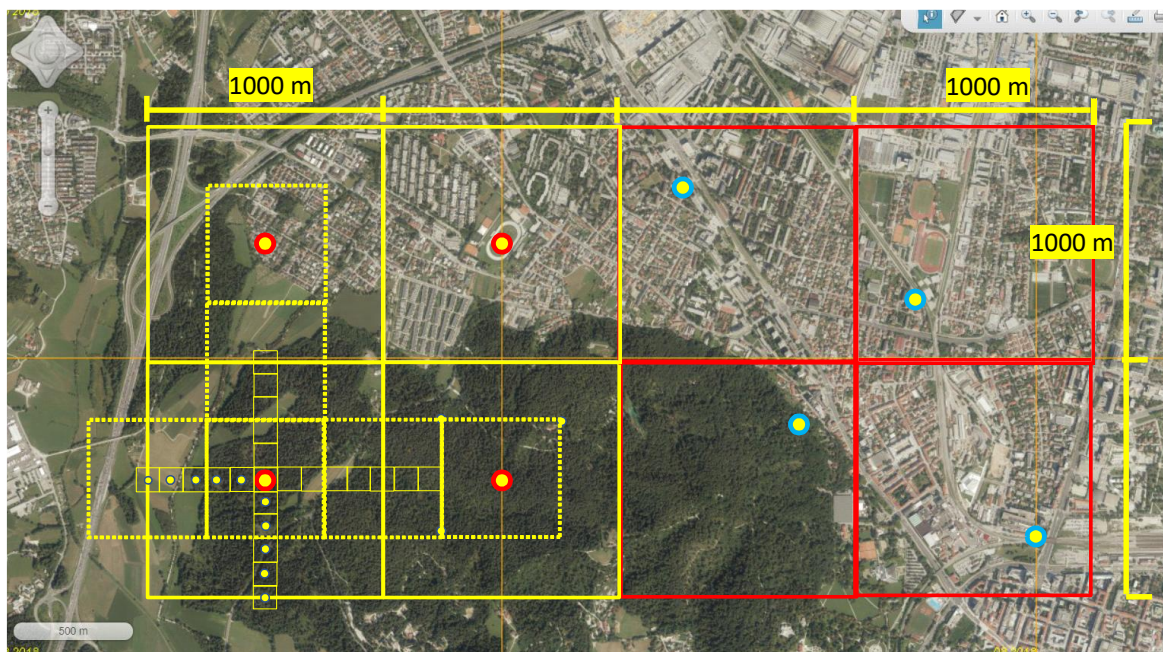
3.3 Centrično in necentrično sistematično vzorčenje

Sistematično vzorčenje v prostoru loči centrični in necentrični način porazdelitve vzorčnih enot (Slika 2). Pri centričnem je porazdelitev določena z naključno izbiro prve koordinate in intervalom premika. Zato imajo vse vzorčne enote (točke, središča ploskev, oglišč ali središč traktov, središč linij), ki ležijo na istih oseh X in Y, zaradi enakih medsebojnih oddaljenosti enake teoretične in dejanske površinske uteži. Takšna porazdelitev enot omogoča tudi oblikovanje geometrijsko pravilnih hierarhičnih vzorčnih mrež (glej: Mahrer in Vollenweider, 1983), ki populacije v prostoru enakomerno prekrivajo; fiksne razdalje med (pod)enotami zagotavljajo največjo heterogenost vzorca in odpravljajo različen vpliv avtokorelacije med sosednjimi točkami. Enakost razdalj med enotami tudi preprečuje, da bi pri zgoščevanju prišlo do delnih prekrivanj vzorčnih enot ali do z enotami nepokritih predelov. Tako je mogoče oblikovati podatkovne mreže za različne prostorske ravni (od države do občinske planerske cone ali celo parcele) in zagotavljati povezljivost med njimi. Zato je primeren za integrirane inventure, v katerih sodelujejo različni sektorji, vsak s svojimi zahtevami po podatkih (na primer kmetijstvo, varstvo narave, gozdarstvo, urbanizem).

Pravilna oblika mreže omogoča vzorčenje v traktih (oziroma kvadrantih ali rastrskih celicah), ki se uporablja za študij prostorskih struktur (homogenost in kompaktnost prostora, različnost kategorij pokrovnosti, površinski deleži). Z uravnavanjem velikosti celic je vzorčna snemanja mogoče prevesti v polnopravšinska (slika 1, desno). Ta lastnost je pomembna predvsem za prostorske sektorje, ki poleg statističnih potrebujejo tudi polnopravšinske ploskovne ocene in uporabljajo rastrska modeliranja (kmetijstvo, prostorsko planiranje, krajinska ekologija in arhitektura).

Pri necentrični sistematični porazdelitvi so enote v prostoru porazdeljene v skladu z nekim predpisom (koraki po smereh X in Y). Ker sistem ni ekvidistanten, nista mogoča neomejeno zgoščevanje mreže niti prehod v polnopršinsko snemanje. Različne so tudi dejanske prostorske uteži enot. Necentrični sistemi se oblikujejo predvsem zaradi preprečevanja morebitnih periodičnosti v populacijah (Kleinn, 2007; Thompson, 2012; Lohr, 2010). Če te obstajajo, so izračunane ocene statistik (aritmetična sredina) manj točne (večja standardna napaka), vendar ne pristranske. Ta oblika vzorčenja je z vidika lastnosti blizu slučajnostnemu vzorčenju.

Tako kot ostali vzorčni sistemi tudi necentrični omogoča vzpostavitev omrežij enot na več prostorskih ravneh in v omejenem obsegu omogoča snemanje v traktih. Zgoščevanje na ravneh je omejeno z velikostjo traktov, saj v tem postopku ne sme priti do njihovih prekrivanj niti do njihovih različnih velikosti. Sistem ne omogoča prehoda v polnopršinsko snemanje (slika 2, desno).



Slika 2. Centrični in necentrični sistem. Rumeni kvadranti in merska skala prikazujejo osnovni centrični sistem in hierarhično mrežo (levi spodnji kvadrant: ista točka je središče kilometrskega, 500-metrskega in 100-metrskega kvadranta oziroma 500-metrskega in 100-metrskega). Rdeči kvadranti (1 x 1 km) prikazujejo panele necentričnega sistema. Necentrični sistem ne omogoča ustvarjanja pravilne mreže. Nastajajo bodisi prazni prostori bodisi prekrivanja osnovnih kvadrantov in podkvadrantov (traktov). Op.: trakt je lahko določen s središčno (kot je prikazano) ali vogalno koordinato.

3.4 Enotna večnamenska nomenklatura in različne nomenklature

Na podlagi analiz sedanjih podatkovnih baz in različnih poročanj izhaja, da so različne definicije znakov in nomenklature najpogostejši vzrok neuporabnosti oziroma neprimerljivosti podatkov (Tomppo in sod., 2010). Zato je za okoljske sektorje oblikovanje nomenklatur smiselno. Samo tako zasnovani prostorski informacijski sistemi bi poleg poročanja lahko koristili sektorjem tudi pri kartiranjih naravnih virov in razvoju njihovih podrobnejših nomenklatur.

4 SPLOŠNA METODOLOGIJA ZA INVENTARIZACIJO POKROVNOSTI IN RABE TAL

4.1 Stanje prostorske informatike v Sloveniji

Kljub zavezanosti trajnostnemu usmerjanju razvoja obnovljivih naravnih virov Republika Slovenija nima izdelanega koncepta za spremljanje njihovega stanja in razvoja ter podporo sektorske politike na različnih ravneh odločanja. Za pridobitev vpogleda v stanje prostorske informatike v državi so sočasno s pripravo predlagane metodologije potekali tudi seznanitev deležnikov z nomenklaturu na video-seminarjih ter oblikovanje in izvedba spletne ankete, ki je bila odprta od sredine decembra 2020 do sredine marca 2021. Vprašalnik je obsegel 17 vprašanj, naprej razčlenjenih v podvprašanja. Obravnavala so poznavanje prostorske informatike ter nacionalnih in mednarodnih podatkovnih baz o prostoru in nomenklatur, stanje prostorske informatike v Sloveniji, obliko najprimernejše enotne podatkovne baze za Slovenijo in odziv na predlagano enotno nomenklaturu pokrovnosti in rabe tal. Povezava do ankete je bila poslana na več kot 40 naslovov institucij (ministrstva, inštituti, agencije, zavodi, fakultete) in posameznikov, zaposlenih v teh institucijah.

Odziv na anketo je bil slab, saj je bilo le 11 odzivov. Večinske odgovore na posamezna vprašanja je bilo mogoče povzeti takole:

- stanje razvoja in delo na področju prostorske informatike v državi sta razmeroma ugodna,
- na ravni države sta potrebni enotna podatkovna zbirka o zemljiščih in enotna nomenklatura,
- v sedanjem trenutku država nima na voljo ustrezne podatkovne baze o zemljiščih niti ustrezne nomenklature,
- nacionalne in mednarodne klasifikacije o zemljiščih, podatkovne zbirke in poročevalski procesi so dokaj slabo poznani,
- za potrebe uporabnikov (ki so odgovorili na anketo) je najprimernejša vektorska podatkovna baza,
- prihodnja enotna podatkovna baza o zemljiščih v državi naj bi temeljila na vektorskem formatu,
- predlog nomenklature, ki je bil izdelan v okviru projekta, je primeren za usklajevanje.

Na podlagi nasprotujočih si odgovorov (stanje razvoja je ugodno, primerne nomenklature in podatkovne baze o prostoru pa ni!) je mogoče sklepati, da prostorska informatika v Sloveniji ni dobro poznana (zamenjevanje z geografskimi informacijski sistemi), ni metodološko razvita (nepoznavanje razmerij med statističnimi in polnopravšinskimi snemanji), ni operativna (ni kakovostnih podatkov niti nomenklatur), niti se ne razvija usklajeno (sektorske podatkovne baze). Čeprav zaradi majhnega števila prejetih odgovorov ni mogoče izpeljati nobenih sklepov, se vendarle zdi, da je v prid razvoju nujna vzpostavitev medsektorskega sodelovanja.

4.2 Metodološke zahteve

Pri zasnovi univerzalne metodologije so bile upoštevane naslednje minimalne zahteve:

- a) primernost metode za pridobivanje podatkov za potrebe vseh površinsko pomembnih prostorskih sektorjev,
- b) primernost podatkov za ugotavljanje stanja ter analiziranje sprememb v času in prostoru,
- c) primernost podatkov za uporabo na pomembnejših odločevalskih ravneh o prostoru (država, politične pokrajine, občine, drugo),
- d) združljivost podatkov inventarizacije s podatki, ki se pridobivajo z daljinskimi opazovalnimi sistemi (satelitska in druga snemanja) in prostorskimi modeliranjmi,
- e) združljivost s sedanjimi sistemi, primerljivost z mednarodnimi sistemi in primernost za mednarodna poročanja (nacionalno letno poročanje, poročanje FAO, Forest Europe, LULUCF) vključno z možnostmi njihove pretvorbe v kategorije poročevalskih sistemov (harmonizacija).

Ad a, b) V Sloveniji za zdaj ni izstopajoče sektorske politike, informacijsko ustreznega prostorskega informacijskega sistema (podatkovne baze) na državni ravni ali poročevalskega sistema, ki bi prostorskim sektorjem veleval zbiranje podatkov z določeno metodo in določenim podatkovnim formatom, zato kmetijski sektor za lastne potrebe izvaja vektorsko snemanje zemljišč. Interpretacijski ključ (MKGP, 2013) določa tipe in najmanjše površine kategorij, a so te informacije za kakovostno kartiranje nezadostne (standard: širina, dolžina, višina, prednosti rab, način generalizacije). Enako karto za svoje potrebe izdeluje tudi gozdarstvo (ZGS, 2021) in jo z MKGP usklajuje. Kljub temu ta karta s karto MKGP ni primerljiva – nastaja namreč v drugačnem prostorskem in časovnem okviru (v mejah gozdnogospodarskih enot, raztresenih po vsej državi, s skupno površino 1/10 letno nasproti zaokroženim delom države vsakih pet let) in z nedefiniranimi fotointerpretacijskimi pravili (brez generalizacij).

Dolgotrajnejša kot v kmetijstvu je inventarizacija v gozdarstvu. Poleg že omenjenega kartiranja gozdnih sestojev v gozdnogospodarskih enotah sektor izvaja še vzorčne gozdne inventure gozdnogospodarskih enot in države. Z njimi pridobiva informacije o kvalitativnih lastnostih gozdov (Kovač in sod., 2009; Skudnik in sod., 2020; ZGS, 2021).

Zato je za edino nacionalno pomembno podatkovno bazo mogoče šteti statistično velikoprostorsko podatkovno bazo MGGE in nastajajočo NGI, katere protokoli za snemanje znakov in znaki so usklajeni z mednarodnimi priporočili za nacionalne gozdne inventure po državah (Tomppo, 2010) in so predstavljeni v več priročnikih (Kovač in sod., 2009, 2014). Gozdarstvo je za zdaj tudi edini prostorski sektor, ki podatke o gozdnih virih sistematično zbira s statističnimi inventurami. V drugih sektorjih se te metode uporabljajo v zelo omejenem obsegu (lokalni monitoringi vrst Natura 2000, LUCAS).

Mednarodna poročanja ne predpisujejo metod snemanja. Priporočajo le, da se pri zbiranju podatkov v čim večji meri uporablja metodologija TIER III (UNSTATS, 2021), ki poleg zahtev po popolnem terenskem pokrivanju prostorske ravni z večjim številom variabel vključuje tudi temporalna snemanja na isti lokaciji in s tem omogoča preučevanje procesov.

Ker so za celostne analize, ki so podlaga trajnostnemu razvoju naravnih obnovljivih virov, potrebni površinski in atributni podatki, ki jih je večinoma mogoče pridobivati z vzorčnimi terenskimi snemanji (ekološki dejavniki, vrsta pokrovnosti, donos, zdravstveno stanje, vrsta tal, sestava tal), bi bilo za ocenjevanje pokrovnosti tal in rabe tal ter drugih prostorskih atributov na državni ravni najprimernejše sistematično statistično vzorčenje, podprto z daljinskim zaznavanjem. Inventarizacijo bi bilo smiselno zasnovati kot integrirano inventuro, v katero bi se vključevali vsi prostorsko pomembni sektorji v državi.

Vzorčni sistem bi bil primeren z vidika izvedljivosti. Za zagotavljanje točnosti bi moral obsegati pozicijsko in atributno komponento. Medtem ko sta z vzorčno inventarizacijo, temelječo na stereoopazovanju in terenskem snemanju, realno dosegljiva oba pogoja, bi že enkratno polnopršinsko stereokartiranje pokrovnosti tal celotne države z enotnimi fotointerpretacijskimi standardi pomenilo izziv, ki ne bi upravičil vloženih naporov niti po vsebinski niti po finančni plati.

Ad c, d) Ker so številni sektorji države zavezani h krepitvi trajnostnega razvoja in uresničevanju različnih mednarodnih zavez (trajnostno gospodarjenje z gozdovi, ohranjanje biotske pestrosti, ohranjanje krajine in trajnostno kmetijstvo, ogljična nevtralnost), ki vsaka zase zahteva številne kakovostne podatke in informacije, je sedanje stanje inventarizacije prostorskih naravnih virov neustrezno. S ciljem, da se zagotovi zadostnost kakovostnih informacij, s katerimi bi država in sektorji na različnih političnih in prostorskih ravneh sploh lahko usmerjali nadaljnji razvoj, naj bi predlagano sistematično vzorčenje temeljilo na geometrično pravilni hierarhični vzorčni mreži, ki omogoča neomejen pretok podatkov navzdol in navzgor in bi s tem ostalo odprto do novih, danes še neznanih zahtev. Taka zasnova ne predpostavlja gradnje centraliziranega državnega prostorskega informacijskega sistema, ampak le vzpostavlja metodološko-tehnične temelje za gradnjo decentraliziranih sistemov na različnih prostorsko-političnih ravneh. Konkretno, če bi se s podatki vzorčne mreže 1 x 1 km lahko zadovoljevale potrebe prostorsko obsežnejših sektorjev (kmetijstvo, gozdarstvo, prostorsko planiranje) na ravni države, bi podatki mreže 500 x 500 m zadovoljevali potrebe morebitnih političnih pokrajin ali regij, podatki še gostejših mrež (pod 250 ali 200 m) pa potrebe lokalnih skupnosti. Z rastrskimi podatki mreže 100 x 100 m bi se v poseljenih predelih najverjetneje lahko pokrivalo tudi potrebe prostorskega in gospodarskega razvoja. Podatki mreže bi se, kjer bi to bilo smiselno, kombinirali z morebitnimi lokalnimi vektorskimi podatki. Pravilne oblike mrež se uporabljajo tudi v krajinskih inventurah (Groom in Reed, 2001; Ståhl in sod., 2011), pri popisih kmetijskih in drugih gospodarstev in biotske pestrosti. Drugi razlog za razvoj hierarhičnih mrež je geometrijska skladnost (konformnost) z rastrskimi podatki o okolju, katerih število z daljinskim zaznavanjem narašča.

Ad e) Izmed prostorskih sektorjev samo gozdarstvo razvija obsežne vzorčne inventure. Ker sta z vidika statistične teorije kot osnovi za nacionalni prostorski sistem ustrezna oba modela (centrični, necentrični), vsak s svojimi prednostmi in pomanjkljivostmi, bi morali pri odločanju o izbiri za nacionalni prostorski sistem prevladati predvsem dejavniki, kot so uporabnost za sektorje, pretok podatkov med različnimi prostorskimi ravnimi, skladnost s podatki daljinskega zaznavanja in odprtost za reševanje še neznanih problemov.

4.3 Predlog nomenklature

Nomenklatura (Kovač, 2021) je bila oblikovana s pomočjo domačih in tujih nomenklatur (BFS, 2019a; EUROSTAT, 2009). Vanjo so bile smiselno vključene tudi zahteve mednarodnih poročanj. Nomenklatura za določanje prostorskih kategorij vsebinsko obsega dimenziji "pokrovnost tal" in "raba tal". Obe sta hierarhično organizirani na treh ravneh (L1, L2, L3). Pokrovnost tal je določena z osmimi glavnimi kategorijami (L1), ki so naprej razdeljene v 39 podkategorij (L3), raba tal pa s štirimi glavnimi (L1) in 47 podrobnimi (L3) kategorijami. Nomenklatura je odprta in omogoča nadgradnjo z drugimi dimenzijami, kot so cone, varovalni status in podobno. Kategorije nomenklature je mogoče dopolnjevati oziroma usklajevati s potrebami sektorjev, SURS in mednarodnimi statistikami.

Predlagana nomenklatura je neodvisna od oblike kartiranja (snemanja) in je osnova rastrskega in vektorskega snemanja. Pri uporabi v vektorskih sistemih bo poseben izziv določitev minimalnih dimenzij posameznih kategorij, ki morajo odražati kompromis med potrebami, kakovostjo, izvedljivostjo snemanja in nepristranostjo podatkov. V primeru vzorčnih snemanj je za nepristranost ocen predlagano snemanje brez minimalnih dimenzij, razen če predpisi ali priporočila narekujejo drugače. Zato je dimenzijsko omejen le gozd, katerega minimalna površina 0,25 ha je določena z zakonom (in seveda ekološkimi lastnostmi). Za večino (izjema so umetne površine) kategorij sicer velja priporočilo, da naj bi imele najmanjšo površino 0,04 ha (400 m² oziroma 20 x 20 m).

4.4 Statistični model

4.4.1 Splošno

Zaradi izvedljivosti ponavljajočega se snemanja pokrovnosti in rabe tal je kot najenostavnejši statistični model predlagano točkovno vzorčenje (ang. *dot sampling*) na sistematični centrični mreži. Sistem se lahko uporablja tudi v kombinaciji s snemanji v traktih.

4.4.2 Cenilke za površinski delež, skupno površino in število potrebnih enot

Ocenjevanje pokrovnosti tal s točkovnim rastrom praktično poteka tako, da se vsaki točki pripiše ena kategorična spremenljivka (gozdni sestoj, travnik, orno zemljišče). Na podlagi tega podatka se ocenjujejo površinski deleži kategorij, homogenost, variance deležev kategorij, skupna površina kategorij in podobno.

Površinski delež p_G kategorije G se ugotavlja z razmerjem med številom točk n_G , ki pripadajo izbrani površinski kategoriji G (na primer gozd), in skupnim številom točk mreže n . Cenilka za varianco (binomski obrazec) površinskega deleža je izpeljana s konvencionalnim obrazcem za varianco znaka, pri čemer se za matematično upanje upošteva p_G , ki se ga izračunava kot vsoto vseh Bernoullijevih variabil $Z = 1$. Obrazec je prirejen za neskončno populacijo (gozd /površina/ je končna populacija, število vzorčnih enot (točk) pa je neskončno; superpopulacija: gozd je končna populacija, variabla "raba" je stohastična => neskončna populacija).

Cenilke:

$$n = n_G + n_{NG} \quad (1.1)$$

$$p_G = \frac{A_G}{A} = \frac{\sum(n_G 1 + n_{NG} 0)}{n} = \frac{n_G}{n} \quad (1.2)$$

$$p_{NG} = 1 - p_G \quad (1.2a)$$

$$s_{p_G}^2 = \sum \frac{(y_i - p_G)^2}{n-1} = p_G (1 - p_G) \frac{n}{n-1} \quad (1.3)$$

$$\text{var}(p_G) = \frac{s_{p_G}^2}{n} = p_G (1 - p_G) \left(\frac{n}{n-1}\right) \left(\frac{1}{n}\right) = \frac{p_G (1 - p_G)}{n-1} \quad (1.4)$$

$$se_{p_G} = \sqrt{\text{var}(p_G)} = \sqrt{\frac{p_G (1 - p_G)}{n-1}} \quad (1.4a)$$

$$CV\% = \frac{100 se_{p_G}}{p_G} \quad (1.5)$$

Obrazec 1.4a oziroma 1.5 je mogoče preoblikovati v obrazec 1.6 za izračunavanje standardne napake v % (Kölbl, 1982). V njem je namesto imenovalca (n-1) uporabljen n. Ta cenilka ni nepristranska. Kot konstanti k se uporabljata t in Z (standardizirana normalna porazdelitev).

$$\begin{aligned} se_{p_G}\% &= \pm k \sqrt{\frac{(p_G (1 - p_G))}{n} \frac{100}{p_G}} = \pm k \sqrt{\frac{p_G (1 - p_G)}{n} \frac{10000}{p_G^2}} = \pm k \sqrt{\frac{(100 - 100p_G)100}{n_G}} = \\ &= \pm k \sqrt{\frac{(100 - p_G\%)100}{n_G}} \end{aligned} \quad (1.6)$$

kjer je:

Σ = vsota

n = skupno število točk ($n_G + n_{NG}$) v ocenjevanem območju (država, regija ...)

n_G = število točk ocenjevane kategorije

n_{NG} = število točk drugih kategorij

A_G = površina ocenjevane kategorije v preučevanem območju (na primer gozda; izražena v ha)

A = površina preučevanega območja (na primer države; izražena v ha)

A_{prava} = prava izmerjena površina (na primer uradna statistika)

p_G = površinski delež ocenjevane kategorije (na primer gozd; 0,52 namesto 52 %)

$Z = 1, 0 =$ Bernoullijeva variabla ($Z = 1 =$ je ocenjevana raba; $Z = 0 =$ ni ocenjevana raba)

$s_{p_G}^2$ = varianca deleža ocenjevane kategorije

$\text{var}(p_G)$ = varianca aritm. sredine deleža ocenjevane kategorije

se_{p_G} = standardna napaka deleža

$se_{CH} = l$ = standardna napaka deleža izračunana z obrazcem 1.6

$CV\%$ = koeficient variacije, izražen v %

$se_{pG}\%$ = standardna napaka deleža, izražena v %

A_{Gtot} = skupna površina kategorije (total)

k = konstanta za tveganje (t ali Z)

$$A_{Gtot} = p_G k A_{prava} \quad (2.1)$$

$$var(A_{Gtot}) = A^2 s_{pG}^2 \quad (2.2)$$

$$se_{AGtot} = \sqrt{var(A_{Gtot})} \quad (2.2a)$$

kjer je:

$var(A_{Gtot})$ = varianca skupne površine kategorije

$se(A_{Gtot})$ = standardna napaka skupne površine kategorije

$k = A_{prava} / A_{točkovna}$ (oboje v enaki površinski enoti) = koeficient reprezentante površinske vrednosti točke

$$n_{wofpc} = \frac{Z^2 p_G (1-p_G)}{\delta^2} \quad (3.1)$$

$$n_{wfp} = \frac{1}{1/n_{wofpc} + 1/n} \quad (3.2)$$

kjer je:

n_{wofpc} = število potrebnih enot v vzorcu za neskončno populacijo (without finite population correction)

n_{wfp} = število potrebnih enot v vzorcu za končno populacijo; se običajno ne rabi (with finite population correction)

δ = razlika do pravega deleža

Z = vrednost standardizirane normalne porazdelitve

Primer:

$$n_G = 12047$$

$$n_{SLO} = 20253$$

$$A_{prava} = 20273 \text{ km}^2$$

$$k = 20273 \text{ km}^2 / 20253 = 1,0009 \text{ km}^2 / 1 \text{ točka}$$

$$p_G = 12047 / 20253 = 0,59$$

$$se\% = \pm Z \cdot \text{SQRT} (0,59 (1 - 0,59) / 20252) \cdot 100 / 0,59 = 0,585\%$$

$$se\%(CH) = \pm Z \cdot \text{SQRT} ((100 - 100 \cdot 0,59) \cdot 100 / 12047) = 0,583\%$$

Površina slovenskih gozdov:

$$P_G = 1,0009 \cdot 100 \text{ ha} \cdot 12047 \pm 1,96 \cdot 0,58 \% = 1205784 \text{ ha} \pm 1,13 \% = 1205784 \text{ ha} \pm 13625 \text{ ha}$$

$$n_{\text{wofpc}} = 1,96^2 \cdot 0,59(1-0,59)/(0,059^2) = 452 \text{ (tu je } p_G \text{ znan; če pravi delež } p_G \text{ ni znan, se uporabi } p = 0,5)$$

4.4.3 Cenilke za merjene (kvantitavne) znake

Vrednosti kvantitativnih znakov se ugotavljajo s konvencionalnimi cenilkami za aritmetično sredino in varianco:

$$\bar{y} = \sum \frac{y_i}{n} \quad (4.1)$$

$$s_y^2 = \sum \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad (4.2)$$

$$\text{var}(\bar{y}) = \frac{s_y^2}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right) \quad (4.3)$$

$$\text{se}(\bar{y}) = \sqrt{\text{var}(\bar{y})}$$

kjer je:

\bar{y} = aritmetična sredina znaka

s_y^2 = varianca znaka

$\text{var}(\bar{y})$ = varianca aritmetične sredine znaka; če populacija neskončna, korekcijski faktor =>1

$\text{se}(\bar{y})$ = standardna napaka znaka

4.4.4 Poststratifikacija vs. stratifikacija

Cilja stratificiranega vzorčenja oziroma statistične stratifikacije podatkov sta oblikovanje homogenih stratumov in znižanje variabilnosti ocen v primerjavi z ocenami, izračunanimi na ravni vzorca. Na državni ravni so bila zemljišča z vidika pokrovnosti tal inventarizirana enkrat, in sicer z mrežo 1 x 1 km oziroma s približno 20.250 točkami. Pokritje ozemlja z dejansko površino 20.273 km² je znašalo 99,99 %; vsak kvadrant tako predstavlja teoretično površino 100,0987 ha. Na podlagi te mreže je bilo ugotovljeno, da znašajo deleži gozdov 59,5 %, kmetijskih površin 32,5 % (od tega 25,3 % njiv in travnikov), umetnih površin 5,7 %, barij 0,06 % in drugih površin (sušna rastišča, neplodno) 2,3 %.

Ker v Sloveniji porazdelitev kategorij zemljišč dobro sledi orografiji terena, prostorsko zaokroženih stratumov po kategorijah zemljišč ni mogoče oblikovati. Mogoče je le oblikovanje ekoregij, s katerimi pa se ne bi dosegel osnovni cilj statistične stratifikacije – zmanjšanje

variabilnosti znakov. Edino smiselna je zato poststratifikacija, ki je bila uporabljena tudi med prvo inventarizacijo.

4.4.5 Točnost ocen

Zaradi neuravnoveženih prostorskih deležev kategorij pokrovnosti tal (Preglednica 1, koloni n in p) so razlike med njihovimi vzorčnimi napakami ocen (Preglednica 1, v %) velike; če znaša vzorčna napaka za površino gozda 1,16 %, znašajo za površine s skupno površino, manjšo od 35000 ha, od približno 11 % do 65 %. Iz teh ocen izhaja, da spremljanje sprememb površinsko majhnih kategorij s sedanjo koordinatno mrežo ni zanesljivo. Za spremljanje 10-% sprememb deležev med dvema obdobjema ($\delta = \bar{y}_2 - \bar{y}_1 = 10\%$) bi v njihovem primeru potrebovali tako velika števila točk (preglednica 1, n_z), da jih tako rekoč ni mogoče dosežati.

Preglednica 1. Osnovni statistični kazalniki za kategorije pokrovnosti tal

Kategorija pokrovnosti	n_G	p_G	vn %	n_z (za $\delta = 10\%$)
gozd	12047	0,5948	1,16	262
kmetijstvo	6583	0,3250	2,03	798
umetno	1148	0,0567	5,73	6393
barja	12	0,0006	63,49	647982
neplodno	334	0,0165	10,85	22910
vode	129	0,0064	17,55	59929

Opomba: n_G = skupno število točk kategorije (vsaka obsega 100 ha); p_G = površinski delež kategorije; vn % = vzorčna napaka v %; n_z = potrebno število točk za ugotavljanje 10-% razlike med zaporednima meritvama.

Enaka težava se kaže tudi v povezavi z drugimi merskimi znaki. Izračuni za znak volumen žive lesne mase na izbranih kmetijskih površinah so pokazali, da je razmerje koeficienta variacije znaka med različnimi tipi površin 1 : 4 (0,3 za vinograd, 1,24 za kmetijska zemljišča z drevjem) (Preglednica 2). Na podlagi izmerjenih podatkov o volumnu lesnatih rastlin je bilo z "močjo testa" (power test) izračunano, da bi bilo za ugotavljanje 15-% razlike med dvema zaporednima aritmetičnima sredinama volumnov pri statistični moči $\pi = 0,80$ (80-% verjetnost, da do napake II reda β ne bo prišlo; običajno se rabi $\pi = 0,90$) treba na terenu premeriti veliko več ploskev, kot jih je bilo premerjenih ob prvi izmeri ($n_{Gvzorec}$ vs. n_{zaht}).

Na podlagi izračunov je mogoče predlagati, da bi bila za učinkovito spremljanje pokrovnosti in rabe tal ter njenih sprememb na eni strani in ekonomiko vzorčenja primerna mreža z gostoto 500 x 500 m. Na njej zbrani podatki bi omogočili zanesljivo oziroma precej zanesljivo spremljanje stanja in sprememb površinsko večjih kategorij. Za spremljanje površinsko majhnih kategorij bi kazalo uporabiti lokalne mreže ali celo druge sisteme.

Zaradi večje točnosti ocen bi bilo v skladu z ekonomskimi možnostmi smiselno postopno povečevati obseg terenskih snemanj. Začeti bi bilo smiselno s približno 20 % točk,

pripadajočih eni kategoriji, pri čemer bi najmanjše število ploskev za kategorijo morale znašati vsaj 30 (pogoj: centralni limitni teorem; glej $n_{\text{minpripor}}$). Po izvedbi prvega snemanja in pridobitvi ocen varianc bi se snemanje oziroma ugotavljanje sprememb postopno ustalilo pri tolikšnem številu enot, da bi se z njimi dosegla zadovoljiva točnost cenilk.

Preglednica 2. Ocene za kategorije zemljišč in potrebnega števila ploskev pri $\pi = 0,80$ in razliki v aritmetičnih sredinah 15 % med dvema zaporednima meritvama (odvisni vzorec – iste ploskve)

Kategorija	Koda	n_G	$n_{Gvzorec}$	ar. sr	sd	KV	n_{zaht}	$n_{\text{minpripor}}$
vinograd	1211	200	14	11,27	3,48	0,3084	28	30
int. sadovnjak	1221	34	9	24,91	19,58	0,7859	175	30
ekst. sadovnjak	1222	262	60	45,46	50,90	1,1197	348	52
kmet. zemlj. v zaraščanju	1410	210	55	48,98	58,31	1,1904	386	42
drevesa in grmičevje	1500	206	65	193,86	168,02	0,8667	208	41
kmet. zemlj., poraslo z gozdnim drevjem	1800	102	30	40,83	50,58	1,2390	427	30

Opomba: Glej tudi opombe Preglednica 1; $n_{Gvzorec}$ = število točk kategorije, na katerih so bile izvedene terenske meritve; KV = koeficient variacije, n_{zaht} = število potrebnih enot pri $\pi = 0,80$ in $\delta = 15\%$; $n_{\text{minpripor}}$ = priporočeno najmanjše število enot (prvo poskusno snemanje).

4.5 Pridobivanje podatkov

4.5.1 Fotointerpretacija

Zaradi zagotavljanja pozicijske in atributne točnosti bi se snemanje pokrovnosti in rabe tal izvajalo s fotointerpretacijo, v prvi fazi na DOF, po zahtevani vzpostavitvi stereokartirnih instrumentov pa samo na njih ali kombinirano. Zagotovljena bo morala biti kontrola kakovosti. Fotosnemanja se lahko po potrebi razširijo na pridobivanje ploskovnih informacij o kvadrantih oziroma traktih (strukture).

4.5.2 Terensko snemanje

Ta snemanja so namenjena predvsem zbiranju atributnih podatkov, kot so vegetacijska struktura pokrovnosti, donosi zemljišč, kemijske in fizikalne lastnosti tal in podobno. Protokoli za snemanja številnih kazalnikov so že dobro razviti (nacionalne inventure, projekt Lucas) in jih kaže prevzeti, manjkajoče pa razviti. Z vidika trajnostnega razvoja naravnih virov so ti podatki neobhodni.

5 SMERI RAZVOJA ZA POTREBE LULUCF

5.1 Stanje podatkovnih virov

Za kmetijstvo in gozdarstvo, ki podatkovno napajata poročanja za potrebe Konvencije UNFCCC in Uredbe (EU) 2018/841 Evropskega parlamenta in Sveta, so trenutno veljavni naslednji podatkovni viri:

Vektorska kmetijska podatkovna baza: od leta 2002 do 2021

- Baza/karta evidence dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč z lastnostmi: pokrita celotna država, periodično vzdrževana vektorska karta, neuravnoteženo število zemljiških kategorij, neenake minimalne površine in nedoločene minimalne širine, nedoločena pravila generalizacije, neznana pozicijska točnost karte, neznana točnost površin zemljiških kategorij.

Vzorčna gozdarska podatkovna baza sistema MGGE od leta 2000 do 2018

Podatkovna gozdarska baza na mreži 4 x 4 km z lastnostmi: pokrita celotna gozdna površina, centrični sistem, periodično snemanje od leta 2000 naprej (2000, 2007, 2012, 2018), znana pozicijska točnost, znana točnost ocen znakov;

- podatkovna baza o gozdnih tleh na mreži 8 x 8 km z lastnostmi: izdelana na centrični mreži, pokrita celotna gozdna površina, enkratno snemanje, znana lokacijska točnost, točnost ocen znakov je mogoče izračunati;
- podatkovna baza rabe tal na mreži 1 x 1 km z lastnostmi: izdelana na centrični mreži z osnovo, pokrita celotna država, enkratno snemanje, neuravnoteženo število zemljiških kategorij (privzet ključ od karte MKGP), znana pozicijska točnost, znana točnost ocen površin zemljiških kategorij (Mali in sod., 2016);
- podatkovna baza o živi in odmrli lesni biomasi zunaj gozdnih zemljišč na podzorcju mreže 1 x 1 km z lastnostmi: izdelana na podlagi izbranih ploskev z negozdnimi kategorijami, enkratno namensko snemanje, znana lokacijska točnost, znana točnost ocen znakov (Mali in sod., 2018).

Nova vzorčna gozdarska podatkovna baza sistema NGI od leta 2020 → 1/4 ploskev letno, cikel snemanja dokončan v štirih letih.

- Podatkovna gozdarska baza na mreži 2 x 2 km z lastnostmi; pokrita celotna gozdna zemljišča, necentrični sistem, končanih 50 % snemanj. V letu 2024 bodo predvidoma ponovno izmerjene ploskve MGGE, s čimer bo vzpostavljena povezava med sistemom MGGE in NGI.

Upošteva je dosedanje izkušnje in podatkovne vire je inventarizacijo pokrovnosti in rabe tal za potrebe LULUCF mogoče razvijati na dva načina: z zasnovo integrirane prostorske inventure na sistematični, centrični mreži z gostoto 500 x 500 m (začeti z 1 x 1 km in narediti oceno) ali s priključitvijo sektorjev (ki bi to želeli) k nacionalni gozdni inventuri na necentrični mreži z enako gostoto kot v prvem primeru.

5.2 Integrirana inventura pokrovnosti tal na centrični mreži

Ker v Sloveniji doslej še ni vzpostavljena redno vzdrževana in standardizirana podatkovna baza, katere podatki bi bili namenjeni spremljanju stanja in sprememb v prostoru, oblikovanju ukrepov trajnostnega razvoja za naravne vire, preverjanju njihove učinkovitosti, oblikovanju in preverjanju politik okoljsko pomembnih sektorjev, se zdi najprimernejša in najracionalnejša uvedba integrirane prostorske inventarizacije. Njene bistvene značilnosti bi bile:

- statistična zasnova;
- enotna nomenklatura pokrovnosti in rabe tal;
- hierarhična zasnova vzorčnih mrež s ciljem zasnovanja različnih nizov vzorčnih enot, na katerih se bodo izvajala raznovrstna snemanja in meritve lastnosti zemljišč in ekosistemov;
- vključenost vseh okoljskih sektorjev, kot so kmetijstvo, prostorsko načrtovanje, varstvo narave in okolja ter gozdarstvo;
- tesna povezava z drugimi viri o okolju (aeroposnetki cikličnih snemanj, podatki laserskih snemanj, podatki satelitske klasifikacije).

Izhajajoč iz domačih in tujih izkušenj je statistična inventura najprimernejša tehnika za zadovoljevanje zgornjih potreb. Omogoča pridobivanje kakovostnih podatkov, ki so z vidika lokacije in atributov zanesljivi, izračunavanje in uravnavanje vzorčne napake, preprečuje nastajanje napak ob ponavljajočih se snemanjih na parnih vzorčnih enotah ter snemanje velikega števila zemljiških kategorij z brezdimenzijskim pragom, ne da bi pri tem trpela izvedljivost same inventarizacije. Z vidika kakovosti bi podatki ustrezali standardu TIER III.

Enotna nomenklatura do nujne, a dogovorjene ravni, je prvi pogoj za gradnjo konsistentnih podatkovnih zbirk, uporabnih v več sektorjih. Šele od dogovorjene ravni naprej bi posamezni sektorji za lastne potrebe razvijali podrobnejše nomenklature. Z uporabo nomenklatur in hierarhične mreže bi bile postopoma zgrajene decentralizirane, vendar medsebojno povezljive podatkovne zbirke, namenjene odločanju na različnih ravneh (od države do občine).

Za sedanje stanje pri pridobivanju prostorskih podatkov so značilne velika razdrobljenost, neprimerljivost in nepovezanost. Z dogovornim vstopom okoljsko pomembnih sektorjev v inventarizacijo bi bila ta ovira premagana. Bistvo integrirane inventarizacije je namreč, da se vsi znaki, ne glede na sektor, snemajo na enotnem, vnaprej predvidenem sistemu vzorčnih enot (točk, ploskev, podploskev in traktov), ki pripadajo istemu vzorcu. Tak inventurni model ne bi le preprečeval podvajanja snemanj istih znakov v različnih sektorjih, ampak bi dovoljeval izvajanje vzročno posledičnih in kavzalnih analiz med raznovrstnimi podatki. Dobra stran tako zasnovanega statističnega sistema je tudi odprtost do prihodnjih (še neznanih) potreb in zahtev in do morebitnega postopnega vstopanja drugih sektorjev v sistem.

Posebno mesto v tem sistemu bi imelo gozdarstvo. Ker je nedavno prešlo na necentrični sistem (drugačen način izbora, zato drug vzorec), njegovi podatki (razen če bi jih opustilo in se vključilo v sistem) ne bi bili del sistema in skupne podatkovne baze, ampak bi se neodvisno uporabljali. Podatki bi se lahko uporabljali za obračune splošnih ocen (gostote, deleži), ne bi pa se mogli uporabljati skupaj s podatki centričnega sistema za korelacijske študije in analize. Vsi podatki bi seveda koristili vsem okoljskim sektorjem in poročanju (Preglednica 3).

Preglednica 3. Povzetek lastnosti integrirane inventure

Lastnost	Predlog*
Statistični model	Sistematično vzorčenje na mreži, polnopolvršinsko ocenjevanje znotraj kvadrantov.
Vrsta modela	Centrični ali necentrični, hierarhična mreža.
Gostota mreže	Osnovna mreža: 1000 x 1000 m in 500 x 500 m. Posebna mreža: 250 x 250 m. Na posebni mreži bi se naključno izbirale dodatne ploskve za redke kategorije. Ob potrebi po večjem številu ploskev bi lahko dodali vzorčenje v grozdih (cluster)
Vzorčne enote	Točka, koncentrična stalna vzorčna ploskev, grozd (trakt).
Točnost podatkov	Odkrivanje 10–15-% sprememb med meritvama za pomembnejše prostorske kategorije (glej poglavje 3).
Izhodišče mreže	Navezava na mrežo gozdarske velikoprostorske inventure ali na mrežo LUCAS.
Način obnavljanja	Stalno snemanje zaradi letnega poročanja. O dinamiki se je treba dogovoriti z drugimi sektorji (cikel: okvirno 4–5 let; štiriletni primeren predvsem zaradi mreže).
Stratifikacija	Možno oblikovanje ekoregij. Poststratifikacija podatkov.
Vrste podatkov	<p><u>Podatkovne zahteve LULUCF (podatki o gozdovih neodvisni):</u></p> <p>Pokrovnosti tal/raba tal</p> <p>Živa in odmrta nadzemna in podzemna lesna masa na gozdnih in negozdnih zemljiščih</p> <p>Opad in humusni sloj gozdnih in negozdnih tal</p> <p>Kemijska sestava gozdnih in negozdnih tal (profil)</p> <p>Podatkovne zahteve gozdarstvo (procesi Forest Europe, FAO), varstvo narave, krajinska ekologija (podatki o gozdovih neodvisni):</p> <p>Rastiščni kazalniki (lega, tla, združba ...)</p> <p>Drevesna sestava gozdov, gozdni tip, habitatni tip</p> <p>Lesna zaloga, prirastek, vrast, mortaliteta, posek</p> <p>Zdravstveno stanje dreves (defoliacija, bolezni, insekti, veter, sneg, drugo)</p> <p>Naravnost vegetacije, velikost gozdnega kompleksa</p> <p><u>Podatkovne zahteve kmetijstva:</u></p> <p>Rastlinski pokrov, raba tal</p> <p>Kultura, donos</p> <p>Kemijska sestava tal</p> <p><u>Podatkovne zahteve prostorskega planiranja:</u></p> <p><u>Zahteve drugih področij:</u></p>
Ravni uporabe	Država, regije, večje občine; občine s $P < 100 \text{ km}^2$ bi za svoje potrebe morale mrežo zgostiti
Povezave na druge baze	Direktna navezava na gozdarsko podatkovno bazo na mreži 2 x 2 km.

*Opomba: ta sistem bi bil smiseln samo, če bi vanj bili vključeni vsi navedeni negozdarski sektorji.

5.3 Inventura pokrovnosti tal na necentrični gozdarski mreži

Druga oblika razvoja inventarizacije, predvsem za potrebe LULUCF, je mogoča z razširitvijo sedanje nacionalne gozdne inventure na negozdna zemljišča in povabilom pomembnim okoljskim sektorjem, da se vključijo vanjo. V tem primeru bi sektorji zbirali podatke na necentričnem nizu točk, veljale bi tudi vse omejitve, povezane s tem sistemom (glej 3.3). Ker ta inventurni sistem generično izhaja iz panelov 500 x 500 m, bi se do te gostote lahko izvajala točkovna snemanja. Bolj omejena bi bila zaradi nevarnosti prekrivanja snemanja v traktih, ki bi, upoštevaje njihovo smiselno velikost (250 x 250 m, 500 x 500 m), lahko potekala samo na ravni panelov 1 x 1 km ali celo 2 x 2 km.

Glede kakovosti bi tudi ti podatki izpolnjevali standard TIER III (preglednica 3). Za pridobitev podatkov o gozdnih in drugih tleh bi bilo treba snemanje na novo organizirati ali vzpostaviti povezavo s podatki, posnetimi na pravilni geometrijski mreži 4 x 4 km.

6 VIRI

Ballin, M., Barcaroli, G., Masselli, M., Scarno, M. 2018. Redesign sample for Land Use/Cover Area frame Survey (LUCAS) 2018. Eurostat.

Banko, G., Mansberger, R., Gallaun, H., Grillmayer, R., Pruller, R., Riedl, M., Stemberger, W., Steinnocher, K., Walli, A. 2014. Land Information System Austria (LISA). V: Land Use and Land Cover Mapping in Europe. Manakos I, Braun M (eds.). Springer, Dordrecht: 237–254.

Banovec, T. 1976. Prenos informacij preko lokacij. Ljubljana, IGZ SRS.

Banovec, T., Lesar, A. 1975. Prostorski informacijski sistem SRS (II. faza) in DMR kot sestavni del PIS. RSS.

BFS. 2018. Arealstatistik Nomenklatur, Standardkategorien, Standardnomenkatur NOAS04. Bundesamt für Statistik Neuchâtel.

BFS. 2019a. Arealstatistik Nomenklatur, Bodenbedeckung, Bodenbedeckungsnomenklatur NOLC04. Bundesamt für Statistik Neuchâtel.

BFS. 2019b. Arealstatistik Nomenklatur, Bodennutzung, Bodennutzungsnomenklatur NOLU04. Bundesamt für Statistik Neuchâtel.

Božič, G., Vilhar, U. 2015. 30 let spremljanja stanja gozdov v Sloveniji. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica.

De Vries, P. G. 1986. Sampling theory for forest inventory: a teach-yourself course. Springer Science & Business Media.

Direktiva. 1992. Direktiva o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst. 1992. The Council Directive 92/43/EEC on the Conservation of Natural Habitats and of Wild Fauna and Flora – "The Habitat Directive". 21. maj 1992, spremembe leta 1995.

Eurostat. 2001. Manual of concepts on land cover and land use information systems. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.

Eurostat. 2009. LUCAS 2009 (Land Use / Cover Area Frame Survey). Technical reference document C-3: Land use and Land Cover: Nomenclature. Eurostat, European Commission.

Eurostat 2018. LUCAS 2018 (Land Use / Cover Area Frame Survey). Technical reference document S1. Eurostat.

FAO. 2000. <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/past-assessments/fra-2000/en/>

FAO. 2010. Netherlands 2010. Census of Agriculture 2010.

https://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/ess_test_folder/World_Census_Agriculture/Country_info_2010/Explanatory_notes/Validated/Metadata_Netherlands.pdf

Fischer, C., & Traub, B. (Eds.). 2019. Swiss National Forest Inventory-methods and models of the fourth assessment. Springer.

Forest Europe. 2015. <https://www.foresteurope.org/docs/SoeF2015/OUTPUTTABLES.pdf>

Forest Europe. 2020. https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf

Groom, G., Reed, T. 2001. Strategic landscape monitoring for the Nordic countries. Nordic Council of Ministers. Final Report from the NordLaM Project. Nordic Council of Ministers.

Hazeu, G. W. 2006. Land use mapping and monitoring in the Netherlands (LGN5). V: Proceedings of the second workshop of the EARSeL SIG on remote sensing of land use & land cover; application & development. Braun M. (ed.). EARSeL: 323–329.

Herold, M., Achard, F., deFries, R., Mollicone, D. 2009. Earth observation and political negotiations: Linking requirements and capabilities in the context of the UNFCCC/REDD process. V: Proceedings of the 33rd International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE). Stresa, Italija: 1–4.

Hladnik, D. 1986. Ocena zdravstvenega stanja jelovo-bukovih gozdov na Visokem Krasu. Dipl. naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

Hladnik, D., Hočevar, M. 1993. Monitoring of a forested landscape - from tree to region. V: Anko, B. (ur.). The role of landscape ecology in forestry : proceedings of IUFRO Working Party Landscape Ecology (S1.01-05), konferenca, 13.–17. september, 1993, Radovljica, Planina, Kočevje, Slovenija. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 99–106.

Hočevar, M., Hladnik, D. 1988. Integralna foto-terestrična inventura kot osnova za smotno odločanje in gospodarjenje z gozdom. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 31: 93-120. <http://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?id=7911>

Hočevar, M., Hladnik, D., Kovač, M., 1992. Zasnova prostorskega informacijskega sistema (PIS/GIS) kot podlage za večnamensko gospodarjenje z gozdom in gozdnato krajino. Dela, 9: 153–167. <https://doi.org/10.4312/dela.9.153-167>

Hočevar, M. 1997. Možnosti in zanesljivost ocene lesne zaloge in prirastka na podlagi popisa propadanja gozdov 1995. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 52: 93–118.

Hočevar, M., Hladnik, D., Kovač, M. 1994. Digitalne ortofoto karte za kartiranje gozdnih sestojev. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 44: 149–177.

Hočevar, M., Kobler, A., Vrščaj, B., Poljak, M., Kušar, G. 2001. CORINE karta rabe tal in pokrovnosti Slovenije. Corine land cover Phare Project Slovenia, podprojekt: fotointerpretacija in rezultati. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

ICP Forest. 2018. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-executive-report>

Kleinn, C. 2000. Estimating metrics of forest spatial pattern from large area forest inventory cluster samples. Forest Science, 46: 548–557.

Kleinn, C. 2007. Lecture Notes for the Teaching Module Forest Inventory. Department of Forest Inventory and Remote Sensing. Faculty of Forest Science and Forest Ecology, Georg-August-Universität.

Köhl, M., Schlaepfer, R. 1994. Statistisches Design für das zweite Schweizerische Landesforstinventar: Ein Folgeinventurkonzept unter Verwendung von Luftbildern und terrestrischen Aufnahmen. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.

Kölbl, O. 1982. Stichprobenweise Luftbildauswertung zur Erneuerung der Arealstatistik: Geometrische Aspekte und Genauigkeitsanalyse. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 10/82.

Kovač, M., 1991. Zasnova prostorskega informacijskega sistema za spremljanje stanja in gospodarjenja z gozdnato krajino – primer na velikoprostorski ravni. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo.

Kovač, M. 2005. Uporabnost baze o pokrovnosti tal CLC 2000 – Slovenija. (Ekspertiza za službo za poročanje EU, Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova 1b, SI-1000 Ljubljana). Rokopis.

Kovač, M. in sod. 2009. Kontrolna vzorčna metoda v Sloveniji – zgodovina, značilnosti in uporaba. Studia forestalia Slovenica/ Strokovna in znanstvena dela 134.

Kovač, M., Skudnik, M., Japelj, A., Planinšek, Š., Vochl, S., Batič, F., Kastelec, D., Jurc, D., Jurc, M., Simončič, P., Kobal, M. 2014. Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov – Priročnik za terensko snemanje podatkov. Kovač M. (ur.) Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica.

Kovač, M. 2021. Fotointerpretacijski priročnik za klasificiranje pokrovnosti in rabe tal v skladu z nomenklaturou. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Kralj, A. in sod. 1985. Digitalna interpretacija slovenskega prostora. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti.

Kralj, A. 1987. Izpopolnitev sistema DMR-100. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Kušar, G., in sod. 2010. Methodological bases of the forest and forest ecological condition survey = Metodološke osnove monitoringa gozdov in gozdnih ekosistemov. V: Planinšek, Š. (ur.), in sod. Control sampling method in Slovenia - history, characteristic and use = Kontrolna vzorčna metoda v Sloveniji – zgodovina, značilnosti in uporaba. Ljubljana: Slovenian Forestry Institute, Silva Slovenica, Studia forestalia Slovenica, 136: 11–22.

Lohr, S. L. 2010. Sampling: design and analysis (advanced series). Brooks/Cole Cengage Learning.

Magnussen, S., McRoberts, R. E., Breidenbach, J., Nord-Larsen, T., Ståhl, G., Fehrmann, L., in Schnell, S. 2020. Comparison of estimators of variance for forest inventories with systematic sampling-results from artificial populations. Forest Ecosystems, 7: 1–19.

Mahrer, F., Vollenweider, C. 1983. Das Landesforstinventar der Schweiz. Eidgen. Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Berichte EAFV 247.

Mali, B., Žižek Kulovec, L., Simončič, P. 2015. Monitoring emisij toplogrednih plinov zaradi rabe tal, spremembe rabe tal in gozdarstva in njegova prihodnost. V: Monitoring v gozdarstvu,

lesarstvu in papirništvu: zbornik prispevkov znanstvenega srečanja Gozd in les. Kraigher H., Humar M. (ur.). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 75–78.

Mali, B., Ferreira, A. 2016. Izhodišča za pripravo besedilnih informacij o sistemih, ki so uvedeni in se razvijajo, za oceno emisij in odvzemov zaradi gospodarjenja s polji in pašniki. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Mali, B., in sod. 2016. Izhodišča za izboljšanje metodologije poročanja o emisijah toplogrednih plinov v povezavi z rabo tal, spremembo rabe tal in gozdarstvom. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Mali, B., in sod. 2018. Vzorčenje in ocena zalog ogljika v odmrli organski snovi in nadzemni lesni biomasi na kmetijskih zemljiščih v l. 2018. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Manakos, I., Braun, M. 2014. Land use and land cover mapping in Europe. Springer London.

Matérn, B., 2013. Spatial variation. Lecture notes in statistics, 36. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Meyer, B. 1982. Arealstatistik-Rückblick und Ausblick. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 82: 310–317.

Miličič, V., Udovč, A. 2012. Uporabnost prostorskih podatkov kmetijskega sektorja za analize sprememb rabe kmetijskih zemljišč na primeru izbranega območja varovanja narave v Sloveniji. Geodetski vestnik, 56: 83–104.

MKGP. 2002: Projekt posodobitve evidentiranja nepremičnin. Podprojekt D: Zajem in spremljanje rabe kmetijskih zemljišč. Baza podatkov o rabi zemljišč 2002. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

MKGP. 2013. Interpretacijski ključ. Podroben opis metodologije zajema dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

OFS, BFS, BUWAL. 1998. Swiss Land Use in the European Context. Integration of Swiss Land Use Statistics with CORINE Land Cover. Neuchatel.

Särndal, C. E., Swensson, B., Wretman, J. 2003. Model assisted survey sampling. Springer Science & Business Media.

Skudnik, M. 2020. Predlog prehoda iz MGGE na NGI panelni sistem – predlog posodobitve nacionalnega inventurnega sistema. Rokopis.

Skudnik, M., Grah, A., Kovač, M., Pintar, A., Planinšek, Š. 2020. Sistem opredelitve rabe tal na ploskvah nacionalne gozdne inventure 2020 (gozd/drugo gozdno zemljišče/negozd): navodila za kabinetno delo. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije. <http://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?id=13660>

Skudnik, M., Jevšenak, J., Poljanec, A., Kušar, G. 2021. Stanje in spremembe slovenskih gozdov v zadnjih dveh desetletjih – rezultati velikoprostorskega monitoringa gozdov. Gozdarski vestnik, 79: 151–170.

Ståhl, G., Allard, A., Esseen, P. A., Glimskär, A., Ringvall, A., Svensson, J., ... Inghe, O. 2011. National Inventory of Landscapes in Sweden (NILS) - scope, design, and experiences from establishing a multiscale biodiversity monitoring system. *Environmental monitoring and assessment*, 173: 579–595.

Strand, G. H. 2013. The Norwegian area frame survey of land cover and outfield land resources. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography*, 67: 24–35.

Šolar, M. 1988. Črna knjiga o propadanju gozdov v Sloveniji leta 1987 – nadaljevanje. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo.

<https://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?id=6668>

Švab Lenarčič A., Oštir K. 2015. Uporaba lidarskih podatkov za klasifikacijo pokrovnosti. Ljubljana, Založba ZRC. <https://repositorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=84252&lang=slv>

Thompson, S. 2012. *Sampling*, 3rd ed. Wiley.

Thunnissen, H. A. M., De Wit, A. J. W. 2000. The national land cover database of the Netherlands. V: *Geoinformation for all; XIXth congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)*. Beek, K. J. de Witt A. J. W. (eds.). GITC: 223–230.

Tomppo, E., Gschwantner, T., Lawrence, M., McRoberts, R. E., Gabler, K., Schadauer, K., ... Cienciala, E. 2010. *National Forest Inventories. Pathways for Common Reporting*. European Science Foundation, 1: 541–553.

UNSTATS. 2021. Tier Classification for Global SDG Indicators.

<https://unstats.un.org/sdgs/iaeg-sdgs/tier-classification/>

Uredba 2018. Uredba (EU) 2018/841 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 30. maja 2018 o vključitvi emisij toplogrednih plinov in odvzemov zaradi rabe zemljišč, spremembe rabe zemljišč in gozdarstva v okvir podnebne in energetske politike do leta 2030 ter spremembi Uredbe (EU) št. 525/2013 in Sklepa št. 529/2013/EU.

Valenčak, M. 2010. *Kontrola površin zemljišč za namen subvencij v kmetijstvu v Republiki Sloveniji*. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG, Oddelek za geodezijo, Prostorska informatika.

WUR. 2022. LGN2018, LGN2019 and LGN2020. Wageningen University & Research 2022. <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Research-Institutes/Environmental-Research/Facilities-Tools/Kaarten-en-GIS-bestanden/Land-use-database-of-the-Netherlands/Different-Versions-of-Databases/LGN2018-LGN2019-and-LGN2020.htm>

ZGS. 2021. Pregledovalnik podatkov o gozdovih. Zavod za gozdove Slovenije. <https://prostor.zgs.gov.si/pregledovalnik/>