



Универзитет у Београду
Шумарски факултет

Ерозија земљишта и превенција од бујичних поплава

МАСТЕР РАД
РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА ВРЕДНОВАЊЕ
УСЛУГА ЕКОСИСТЕМА

Ментор

Др Мирјана Тодосијевић

Студент

Гордана Крсмановић

Београд, септембар 2022.



Универзитет у Београду
Шумарски факултет

University of Belgrade

Faculty of Forestry

Soil erosion and torrential flood prevention

MASTER THESIS

**DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR THE
EVALUATION OF EKOSYSTEM SERVICES**

Mentor

Dr Mirjana Todosijević

Candidate

Gordana Krsmanović

Belgrade, september 2022.

Извод

Одрживост природног ресурса и заштита животне средине је примарни задатак наше друштвене заједнице. Услуге екосистема су предности које екосистеми пружају друштву. Обухватају услуге снабдевања, регулисања и подршке и културе. Сервиси екосистема или екосистемски сервиси (услуге) су сваки вид користи које човечанство има из устаљеног система процеса у екосистему. Производи екосистема су ресурси који потичу из екосистема, а човек их користи у природном или измењеном облику. Од виталног су значаја за живот људи. У Србији овај природни капитал је занемарен, а мониторинг је једва присутан.

Услуге које екосистем пружа човеку је веома тешко валоризовати. Да би се сагледали ефекти који се адекватним управљањем могу добити од природе, неопходно их је и новчано представити. Развијени су модели који квантификују и картирају вредности еколошких услуга. Валоризација услуга екосистема кроз развој методологије уз примену модела, пружа управљање екосистемом и укључивање у процес планирања и одлучивања. Модели су просторно експлицитно интегрисане алатке за моделирање које квантификују промене у услугама екосистема, нпр. различите начине коришћења земљишта, количине угљеника у земљишту и сл. Углавном се користе карте и табеларни подаци о коришћењу ресурса, управљању природним ресурсима и функцији заштите животне средине, што се комбинује са економским подацима.

Развојем методологије за валоризацију услуга екосистема, предлажу се механизми и предузимају одређене акције за могуће новчане накнаде појединих услуга екосистема, као и „казне“ услед деградације или неадекватног начина управљања природним ресурсима.

Концепт одрживости је реалан, само уколико је друштво спремно да инвестира у очување и обнављање природног капитала, за одржавање екосистема и његових услуга.

Кључне речи: услуге екосистема, корист, модел, одрживост

Abstract

Sustainability of natural resources and environmental protection is the primary task of our community. Services of ecosystem are the benefits that ecosystems provide to the society. It covers the supply, regulation and support services and culture. Ecosystem services are all kinds of benefits that humanity has from an established process system in the ecosystem. Ecosystem products are resources derived from ecosystems, and humans use them in a natural or altered form. They are vitally important for people's lives. In Serbia, this natural capital is neglected, and monitoring is barely present.

Services that the ecosystem provides to a human is very difficult to value. In order to understand the effects that can be obtained from an adequate management by nature, it is necessary to present them in a monetary way. Models have been developed that quantify and map the values of environmental services. Validating ecosystem services through the development of the methodology using the Invests model, provides ecosystem management and involvement in the planning and decision-making process. The models are a spatially explicitly integrated modeling tool that quantifies changes in ecosystem services, e.g. different ways of using soil, the amount of carbon in the soil, and so on. Usually uses maps and tables on the resources, natural resource management in the function of environmental protection, for example, which can be combined with the economic data.

By developing a methodology for valorization of ecosystem services, mechanisms would be proposed and actions undertaken for possible monetary compensation of individual ecosystem services, as well as "penalties" due to degradation or inadequate soil management. The concept of sustainability is real, only if the company is ready to invest in the preservation and restoration of natural capital to maintain the ecosystem and its services.

Keynote: ecosystem services, benefit, models, sustainability

САДРЖАЈ:

1. Резиме	1
2. Увод.....	2
3. Услуге екосистема (УЕ)	3
4. Земљишни ресурси као извор услуга екосистема.....	12
5. Картирање (мапирање) услуга екосистема.....	14
5.1. Пример картирања студије случаја у Бугарској.....	18
6. Валоризација услуга екосистема	22
7. Модели за процену услуга екосистема	29
7.1. InVEST модел.....	32
7.1.1 InVEST SDR модел и пример Топчидерске реке	34
8. Методологије вредновања услуга екосистема	40
9. Закључак	43
10. Литература:.....	44

1. Резиме

Услуге природе, односно екосистемске услуге, дефинишу се „као предности које екосистеми пружају људима“. Правилним управљањем, екосистеми пружају проток услуга које су од виталног значаја за човечанство, укључујући производњу робе, процесе животне подршке, животне услове који испуњавају живот и очување.

Овај природни капитал је занемарен, мониторинг је једва присутан и у многим случајевима се јавља деградација. Да би се боље ускладило очување екосистема са економским снагама, развијени су модели који квантификују и картирају вредности еколошких услуга. Валоризација услуга екосистема кроз развој методологије, пружа управљање екосистемом и укључивање у процес планирања и одлучивања. Почетни корак у развоју методологије је картирање услуга екосистема. Препознавање и идентификација услуга који екосистем може да пружи човеку је од круцијалне важности за његову валоризацију, а у исто време и за очување екосистема, које се огледа кроз одрживо управљање. Чињеница је да не можемо све услуге валоризовати у исто време, али је у почетку довољно да се одлучимо за неке од њих и детаљно их представимо. Економски приказ је најкомплекснији јер поједине услуге нису новчано мерљиве. Због тога остаје отворено питање: да ли је услуге екосистема и потребно новчано исказати?

Дугогодишња истраживања су показала да не постоји једноставно и универзално решење за управљање природним ресурсима и природним капиталом. Тако да се процена и предлог управљања природним ресурсима и услугама које се од њих очекују ради за свако подручје. У овом мастер раду, предлаже се методологија вредновања услуга екосистема која је усаглашена са методологијом која се користи у Европи, али је прилагођена еколошким, економским и друштвеним односима Републике Србије.

2. Увод

Миленијумска процена екосистема представља нови концептуални оквир који у центар ставља услуге екосистема и повезује људско благостање са утицајима промена у природним ресурсима. Велику пажњу је привукла иницијатива о економској користи од очувања екосистема и биодиверзитета, подржавајући идеју да економски инструменти, ако се на одговарајући начин примењују, развијају и тумаче, могу утицати на процесе доношења политике и одлука. Међутим, само неколико услуга екосистема имају експлицитну тржишну вредност и њима се тргује на отвореним тржиштима. Многе услуге екосистема остају невидљиве и ретко се узимају у обзир у традиционалним економским системима. Мисли се првенствено на услуге екосистема које имају вредност „пасивног коришћења“.

Неуспех да се на одговарајући начин размотри потпуна економска вредност услуга екосистема у доношењу одлука омогућава наставак деградације и губитак екосистема и биодиверзитета. Већина услуга екосистема се сматра јавним добром и имају тенденцију да их друштво претерано искоришћава. Услуге које екосистем пружа човеку је веома тешко валоризовати. Да би се омогућило укључивање управљања екосистемом у процес планирања и доношења одлука, неопходно је еколошке параметре исказати у новчаним јединицама. На тај начин ће екосистеми имати ефикаснију употребу, односно монетарне вредности еколошке робе и услуга ће побољшати процес управљања и конзервације (Aznar-Bellver and Estruch-Guitart 2012), а концепт одрживости, очувања природних ресурса ће бити постигнут.

Основни циљ је утврдити предлог методологије која би поједине параметре (услуге) екосистема валоризовала. Концепт одрживости је реалан, само уколико је друштво спремно да инвестира у очување и обнављање природног капитала за одржање екосистема и његових услуга (Blignaut et al. 2013, Greiner and Stanley 2013).

На основу дугогодишњег истраживачког рада, дошло се до закључка да не постоји једноставно и универзално решење за управљање природним капиталом. Сваки појединачан „случај“ мора бити разматран уз укључивање еколошких, економских, политичких и друштвених параметара. Процена утицаја екосистемских услуга је врло осетљива и комплексна проблематика. За комплетно сагледавање и валоризацију услуга екосистема неопходна су дугогодишња и опсежна истраживања.

3. Услуге екосистема (УЕ)

Екосистем је заједница живих (биотичких) организама – животиња, биљака и микроорганизама, која је у интеракцији са физичким окружењем (ваздух, вода, минерали и земљиште) као међузависни систем (Одум, 1971). Екосистеми представљају динамички комплекс живог света, биотички фактор, који са својим неживим окружењем, абиотичка компонента, чини функционалну целину. Као последица изграђене структуре у интеракцији живе и неживе компоненте, јављају се функције екосистема, кроз промет материје, проток енергије и информација. Производи функционисања екосистема од којих човек има директу и непосредну корист су означене као екосистемске услуге. Екосистеми могу бити копнени или водени, унутрашњи или приобални, урбани или рурални. Могу бити глобалног обима или веома локалног карактера, и често се преклапају и међусобно делују.

Појам екосистемских услуга је први пут обрађен у чланку „Колико вреде услуге природе“ (How Much Are Nature's Services Worth?, Walter Westman, 1977), а биле су и експлицитни део истраживачке агенде еколошке економије од почетка (Costanza et al., 1991). Састанак октобра 1995. године у New Hampshire (Pew Scholars in Conservation and the Environment) је резултирао објавом књиге о услугама природе: друштвена зависност од природних екосистема (Daily, 1997) ком је предходила радионица 1996. године са 13 учесника радног назива „Укупна вредност светске услуге екосистема и природни капитал“ праву експлозију стручне јавности на ову тему је изазвао чланак у часопису Nature (Costanza et al., 1997). Коначно Миленијумском проценом је успостављен концепт услуга екосистема (МЕА, 1999).

Услуге екосистема су еколошке карактеристике, функције или процеси који директно или индиректно доприносе људском благостању: користи које људи остварују функционисањем екосистема (Costanza et al., 1997; Millennium Ecosystem Assessment (МЕА), 2005).

Током протеклих 50 година, људи су брже мељали екосистеме него у било ком упоредивом периоду људске историје, углавном да би се суочили са растућом потребом за храном, слатком водом, дрветом, влакнима и горивом. Ово је резултирало значајним и углавном неповратним губитком биодиверзитета.

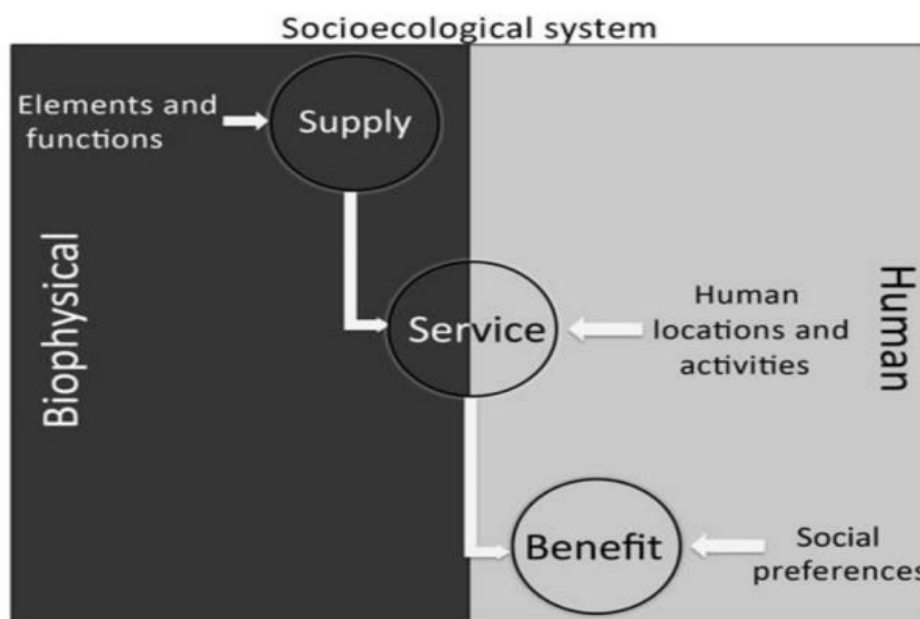
Природни свет, његов биодиверзитети његови саставни екосистеми су од кључне важности за људско благостање и економски просперитет, али су доследно потцењени у конвенционалној економској анализи и доношењу одлука (UK, NEA 2011). Недавно, покренуто је неколико глобалних, регионалних и националних иницијатива у циљу заштите биодиверзитета и услуге које екосистеми пружају кроз процене екосистема (Schröter et al. 2016).

Одрживи развој представља глобалну политику која се локалним акцијама брине о одрживости ресурса што директно утиче на економију. На тај начин је природни капитал, који не подразумева само природне ресурсе већ у суштини основу нашег свакодневног живота, веома значајан.

МЕА (Миленијумска процена екосистема) дефинише услуге екосистема као „вишеструке користи које екосистеми пружају људима“. Услуге екосистема обухватају

све производе и услуге које екосистеми испоручују људима и доприносе људском благостању, било директно, обезбеђивањем хране, материјала и воде, или индиректно, осигурањем заштите од опасности, ублажавањем климатских промена.

Сервиси екосистема или екосистемски сервиси (услуге) су сваки вид користи које човечанство има из устаљеног система процеса у екосистему. Производи екосистема су ресурси који потичу из екосистема, а човек их користи у природном или измењеном облику. Из економске перспективе, услуге екосистема су описане као „доприноси природног света који ствара добра која људи цене“ (Bateman et al., 2011). Тако, екосистеми и њихове функције генеришу услуге које стварају добра и услуге које људи цене јер од њих извлаче користи (Haines-Young and Potschin, 2011a) (Слика1).



Слика 1. Ланац снабдевања екосистемским услугама, повезивање еколошких функција екосистемских услуга и користи које човек добија од њих (Извор: Tallis et.al, 2012, Bioscience)

О класификацији услуга екосистема се увелико расправљало последњих година (De Groot, Vilson i Boumans, 2002; Boid i Banzhaf, 2006; Fisher et al., 2008; Costanza, 2008), а предложене су многе шеме класификације. Концепт услуга екосистема је успостављен Миленијумском проценом екосистема (Millenium Ecosystem Assessment, 1999) који се заснива на процени промена које би екосистеми имали на добробит људи (МЕА, 2005). Глобално призната шема уведена је у МЕА (2005) и усвојена у неколико студија и иницијатива и чини језгро већине других класификација. МЕА (2005) је дефинисала четири категорије услуга екосистема (Слика 2, Табела 1):



Слика 2. Услуге екосистема (УЕ)

Основне категорије екосистемских услуга су :

- Услуге снабдевања – производи које добијамо од екосистема: храна биљног и животињског порекла, фосилна горива, вода за пиће, дрвна маса, генетички ресурси;
- Услуге регулације – услуге засноване на капацитету екосистема да регулишу важне процесе: регулација климе, регулација и пречишћавање воде (поплаве), контрола болести, оprašивање;
- Културне услуге – нематеријалне користи које произилазе из очуваних екосистема: духовне и религиозне, рекреација и туризам, естетски доживљај, образовни, културно наслеђе и
- Помоћне услуге – услуге које стварају неопходне предуслове за одвијање свих осталих функција екосистема: формирање земљишта, фотосинтеза, кружење хранљивих материја, нутријената, примарна продукција.

Табела 1. Међународна класификација екосистемских услуга

Usluge		
Oblast	Klasa	Grupa
Snabdijevanje	Ishrana	Kopnene biljke i hrana za životinje
		Vodene biljke i hrana za životinje
		Morske bilje i hrana za životinje
		Pijača voda
	Materijali	Biotički materijali
		Abiotički materijali
	Energija	Obnovljiva biogoriva
Obnovljivi abiotski izvori energije		
Regulisanje i podrška	Regulacija otpada	Bioremedijacija
		Razređivanje i skladištenje
	Regulacija protoka	Regulacija protoka vazduha
		Regulacija protoka voda
		Regulacija protoka mase
	Regulacija abiotske sredine	Regulacija atmosfere
		Regulacija kvaliteta voda
		Pedogeneza i regulacija kvaliteta zemljišta
	Regulacija biotske sredine	Održavanje životnog ciklusa i zaštita staništa
		Kontrola štetočina i bolesti
		Zaštita genofonda
	Kultura	Simbolična
Religiozno i duhovo		
Intelektualna i eksperimentalna		Rekreaciono i aktivnosti zajednice
		Informacije i znanje

Izvor: The Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) Classification (V3, 2011), modifikovano

Важна карактеристика природних и култивисаних екосистема је да нису уједначено распоређени у времену и простору. Услуге екосистема се генеришу еколошким процесима на конкретном подручју и утицајима као што су сливови, станишта, природни региони или јединице коришћења земљишта.

Основне категорије услуга екосистема су повезане са људским благостањем и у међусобној су интеракцији.

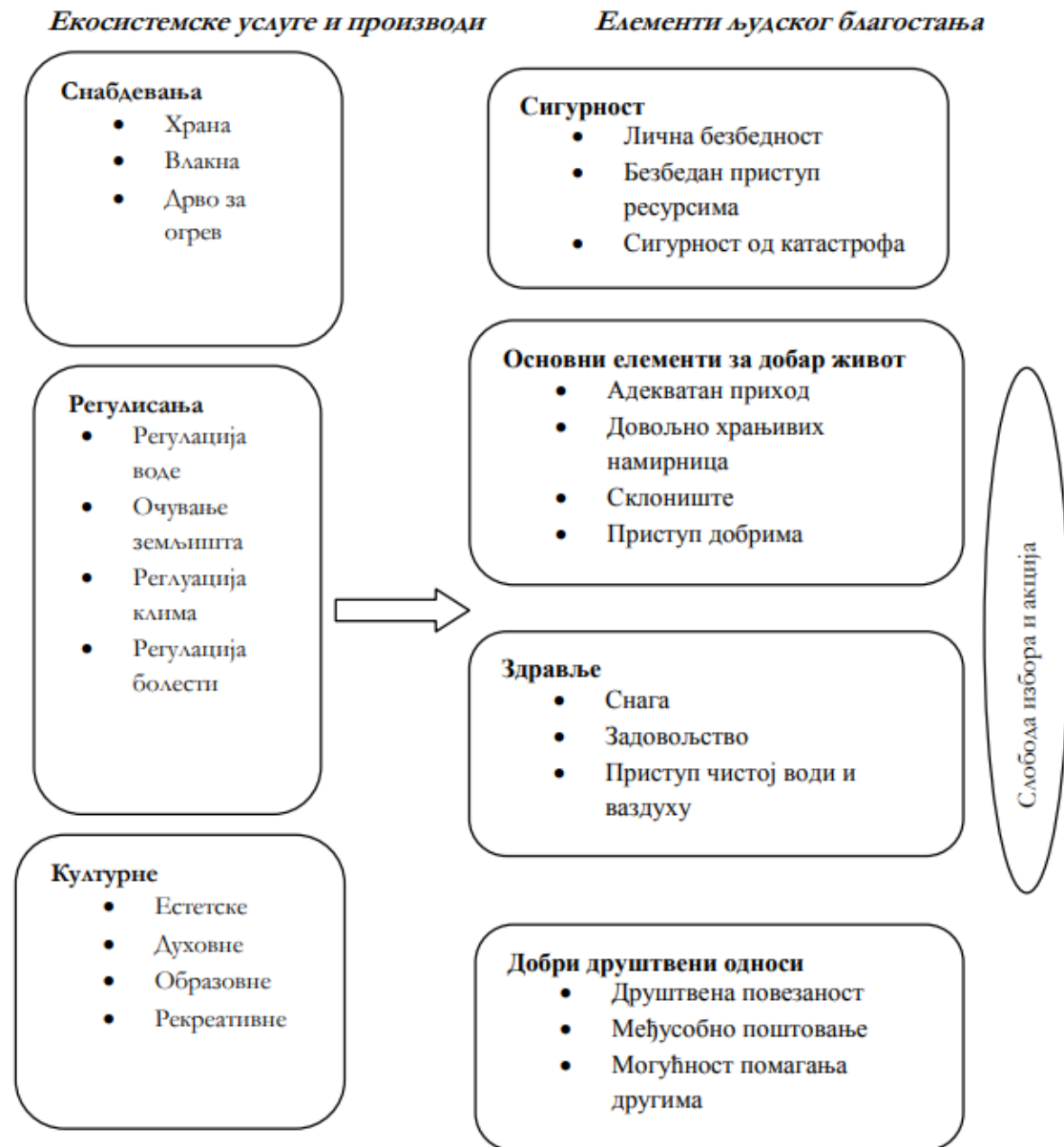


Слика 3. Веза између услуга екосистема и користи за човека
Извор: МЕА, 2005

Као што је приказано на слици 3, благостање има више чинилаца, укључујући следеће:

- Основе квалитетног живота, као што су сигурна и адекватна средства за живот и задовољавајућ приступ храни, склоништу и одећи;
- Здравље, укључујући добро осећање и здраво физичко окружење, као и чист ваздух и приступ чистој води;
- Добри друштвени односи, укључујући социјалну кохезију, узајамно поштовање и способност да се помогне другима, посебно деци;
- Безбедност, укључујући сигуран приступ природним и другим ресурсима, лична безбедност и сигурност од природних катастрофа и катастрофа које је проузроковао човек;
- Слобода избора и акција, укључујући могућност да се постигне оно што појединац тежи да ради и буде.

На слободу избора и деловање утичу други чиноци благостања, пре свега образовање, које је предуслов за постизање свих осталих компоненти благостања, посебно у погледу једнакости и правичности (МЕА, 2005).



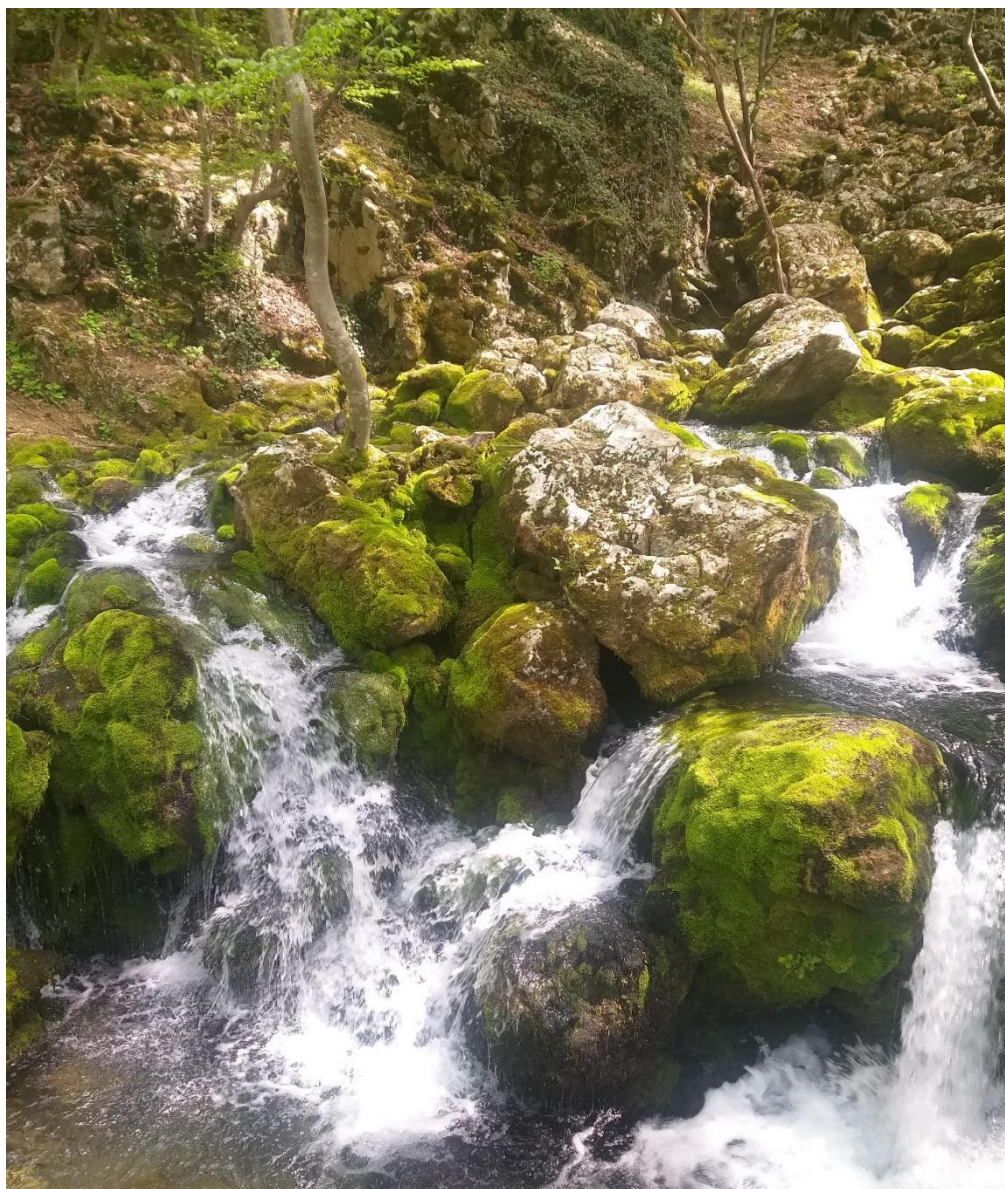
Слика 4. Екосистемске услуге и њихова веза са људским благостањем (прилагођено Извор: Pramova et al., 2012)

Миленијумска процена екосистема показује да је животна средина и у њој садржани ресурси, знатно промењена у последњем временском периоду. Много више него у било ком периоду развоја људског друштва.

Негативан утицај људских активности је утицао на смањење биолошке разноврсности, промене у хидролошком циклусу, губитку плодног земљишта и промени климе. Екосистеми су се истрошили и више него што је њихов расположиви потенцијал и носиви капацитет, а услуге које екосистеми пружају човечанству су се смањили за више од 30%. Процеси ерозије земљишта су последица неадекватног начина коришћења земљишта (Cerde et al., 2010) и других поремећаја, попут пожара, рударства или интензивног коришћења у пољопривреди (Cerde i Doerr, 2005). Губитак земљишта може

имати озбиљне утицаје на количину и квалитет услуга екосистема земљишта, са озбиљним економским, социјалним и политичким последицама (De Vente et al., 2013; Panagos et al., 2016). Основни постулат одрживости има смисао само ако: екосистеми омогућавају живот одржавајући свеукупну равнотежу у природи.

Екосистемске услуге су јавна добра, јер у њима може уживати било који човек без утицаја на уживање других људи. На пример уживање у лепим пределима и погледу на њих је чисто јавно добро. Без обзира колико људи уживало у погледу, други неће бити ускраћени, и они такође могу уживати у лепоти предела (слика 5). Остале услуге могу бити условно речено „јавно добро“, где ће на одређеном нивоу коришћења уживање других бити умањено. На пример јавно рекреационо подручје може бити отворено за све. Међутим гужва може смањити уживање људи на том подручју. Проблем јавних добара је у томе што, иако их људи цене, нико нема подстицај да плати да би одржао добро. Стога је потребна колективна акција и свако повећање свести људи о значају добра, која би водила просперитету.



Слика 5. Врело Велики Бук (извор Крсмановић Г.)

Шумски генетички ресурси су велики резервоар услуга које човек може имати добити (слика 6). Вредности екосистемских услуга шумских генетичких ресурса варирају у зависности од других карактеристика простора и времена у којима се вреднују (Трифуновић, Орловић, 2016).



Слика 6. Састојина Панчићеве оморике на Тари (преузето из Национални програм козервације и усмереног коришћења шумских генетичких ресурса)

На пример, 100 хектара нетакнуте шуме може обезбедити веома малу директну вредност људима ако је она на великој удаљености од становништва, а поготову ако је у земљи где политичка нестабилност одвраћа туристе од доласка. Међутим, ако би се шума налазила у горњим деловима густо насељеног слива, или у земљи атрактивној за екотуризам и са добрим приступним путевима, вредност би била много већа. Тачније, антропоцентрична природа екосистема значи да њихова вредност зависи не само од услуга које пружају, већ и од присуства људи којима те услуге користе, а то је пресудно. Fisher и сарадници (2009), због тога праве разлику између екосистемских услуга и екосистемских погодности. Услуге су еколошки феномени попут регулације климе или пречишћавања воде што казује да се оне могу, а и не морају, користити директно. Погодности су начини на које људи користе екосистемске услуге како би побољшали своје благостање. Ово обухвата употребу чисте пијаће воде за водоснабдевање или рекреацију, употребу водних токова за стварање струје или наводњавање, или предност стабилне или погодне климе у смислу повећања производње усева. Количина погодности очито зависи од обима у ком људи користе услуге. Стицање предности углавном зависи од доступности капитала или радне снаге који се морају користити заједно са екосистемским услугама како би се побољшало благостање (Pratova и сар., 2012).

Са економске тачке гледишта, токови услуга екосистема могу се посматрати као „дивиденда“ коју друштво добија од природног капитала. Одржавање залиха природног капитала омогућава одрживо постојање будућих токова услуга екосистема и на тај начин је могуће обезбедити трајну добробит за човека.

Из свега проистиче да екосистеми регулишу нашу околину тако што контролишу или модификују залихе и токове материјала и енергије који чине наше амбијентално окружење. Екосистеми помажу да се обезбеди чист ваздух и вода уклањањем загађивача. Регулишу глобалну и локалну климу путем евапотранспирације или једнаставно пружајући сенку. Они одржавају станишта за инсекте и птице које подржавају производњу усева или који потискују штеточине и болести. Екосистеми складиште угљеник, тампонују токове воде или одржавају плодност земљишта. Све ове услуге људи не конзумирају директно као добра, већ регулишу услуге екосистема задржавањем директне користи кроз подршку екосистему производње или прераде хране и уклањање отпада и загађења.

Не смемо заборавити ни на ризике који утичу на услуге које екосистеми могу да пруже. Ти ризици свакако могу да смање квалитет самих услуга или да их занемаре. Ризик је функција опасности (хазарда) и рањивости и услуга екосистема (слика 7).



Слика 7. Концептуални однос ризика услуга екосистема

Тако на пример неке услуге укључују ерозију и поплаве које могу оштети пољопривредне екосистеме, а тиме и пружање услуга, у том случају хазард су екстремне падавине, као што и високо таложјење азота омета шумске екосистеме, инвазивне врсте мењају структуру и биоиверзитет, док загађење може изазвати неуспех водених екосистема. Покретачи ризика и њихова интеракција са екосистемима у реалности су веома сложени. Када је присутан ризик услуге екосистема ће бити умањене. Присуство ризика, више опасности, даје нам брз увид да је на таквим места потребна више пажње, јер комбинација различитих опасности може довести до опадања квалитета услуга екосистема.

4. Земљишни ресурси као извор услуга екосистема

У проценама услуга екосистема земљиште игра значајну улогу као део сваког екосистема. Земљиште је кључна платформа која представља темељ за остварење многих услуга екосистема, иако није препозната у довољној мери. У овом раду земљиште као извор услуга екосистема је посебно извојено, јер има велики значај и заузима велики простор у процени услуга екосистема.

Земљиште је у основи необновљив ресурс са могућом високом стопом деградације и изузетно ниском стопом регенерације. Деградација директно утиче на квалитет земљишта и нарушавање, делимично или потпуно, једне или више функција, а самим тим и услуга екосистема. Последице у перманентном опадању потенцијала земљишних функција, што је утицало, и даље ће утицати на његову способност да обезбеди услуге и добра екосистема (Lal, 2010). Процеси деградације земљишта као што су: ерозија, губитак плодности, салинитет, ацидификација, смањење садржаја земљишног органског угљеника и збијање, већ дуго су препознати и прихваћени као претња од стране Европске Уније (СЕС, 2006). Наведени процеси имају штетне последице на пољопривредну продукцију, обезбеђење воде, повећане емисије GHG и губитак биодиверзитета (Koch et al., 2013).

Користи које човек добија од земљишта директно су или индиректно повезане са чистим ваздухом и водоом и производњим хране, а кључне су за ублажавање сиромаштва и климатских промена (Тодосијевић et al, 2022)

Земљиште представља спону између ваздуха, воде, стена и организама, и одговорно је за многе функције у природном свету које називамо услугама екосистема. Шире гледано, земљиште чини основу предела и екосистема, која обезбеђују бифизичке, економске, културне и духовне услуге човечанству. Услуге екосистема које пружа земљиште укључују: регулацију атмосфере и климе (кроз секвенцију угљеника у земљишту), пољопривредну производњу, прераду отпада, разградњу, очување и извор ослобађајућих хранљивих материја, пречишћавање воде, побољшање квалитета и складиштење воде, контролу ерозије, ублажавање утицаја екстремних временских прилика (поплаве), медицинске ресурсе, контролу штетних ублажавање болести (Wall et al., 2004; Bardgett, 2005; de Deyn & Van Der Putten, 2005; Wall et al., 2015).

Вредновање земљишта зависи од природних карактеристика и начина управљања (Pereira et.al, 2018). Тип, количина, и квалитет екосистемских услуга земљишта зависи од специфичних карактеристика животне средине, које ће одредити својства и функције земљишта. Сигуран проток екосистемских услуга има потенцијал за смањење друштвене осетљивости на климатске промене и варијабилности (Turner et al., 2009).

Неодржви начини коришћења земљишта у пракси подстичу деградацију земљишта, док одрживи начини коришћења и пракса попут конзервационе пољопривреде (контурна обрада земљишта, контурна садња култура, примена противерозионих плодореда и др.), у будућности могу да имају позитиван утицај на плодност земљишта, као и на принос засађених култура (Лазаревић et al., 2016; Michler et al., 2019). Дугогодишњим истраживањима, дошло се до закључка, да се деградацијом земљишта, услед неадекватне пољопривреде и урбанизације, у океане годишње уноси око 46 милијарди

тона наноса (Milliman & Farnsworth, 2011). Уклањање вегетације, чиста сеча за потребе дрвне индустрије или урбанизације, као и физички поремећаји на земљишту интензивирају ове процесе. То је погубно и за бидиверзитет и за услуге које ови екосистеми могу да пруже.

Земљишне услуге су повезане са услугама које пружају и водни ресурси. Углавном су везане за регулисање поплава и могу имати функцију спречавања или ублажавања. У првом случају екосистеми (шуме) преусмеравају или апсорбују део надлазеће воде (од падавина) смањујући на тај начин површинско отицање, а самим тим има за последицу смањење количине протицаја у водотоку.

Битно је нагласити да се механизми који покрећу земљиште разликују од механизма у сливу (Sharpley et al., 2002; de Vente & Poesen, 2005; Pietron et al., 2017), који у комбинацији са широко распрострањеним недостатком података о праћењу (Milliman & Farnsworth, 2011) стварају несигурност око ефеката управљања на процесе таложења наноса и отицања (Baer & Birgé, 2018). Због тога је брзо успостављање вегетационог покривача веома пожељно (Vjedov et al., 2011).

Процена услуга земљишних и водених екосистема базирана је на коришћењу многих модела и метода. Тако се у Бугарској користи метод прорачунских табела за процену услуга екосистема који се заснива на приступу земљишног покривача и УЕ матрице (Burkhard et al. 2009, 2012, 2014). У Србији се користи InVEST SDR model који ће бити обрађен у једном од наредних поглавља.

5. Картирање (мапирање) услуга екосистема

Картирање услуга екосистема омогућава екосистемима да доприносе добробити људи, што је директна подршка политика доносиоца одлука, а доносиоци одлука имају утицај на заштиту и очување природних ресурса. Политичке одлуке и планирање у друштву треба да иде у правцу „правилног управљања“ услугама екосистема што води благостању човека. Иницијатива за картирање и процену екосистема и њихових услуга (MAES) покренула је Европска Унија 2013. године кад је основана посебна радна група држава чланица, научних експерата и релевантних заинтересованих старна. Развој политике у Европи, али и у многим другим земљама и на глобалном нивоу подстакло је научну заједницу да картира услуге екосистема, да развије нове методе и пружи практичне примере употребе карата у разним одлукама и процесима. Картирање екосистемских услуга је важан део имплементације, а истовремено изузетно захтеван задатак. Природни капацитет за пружање екосистемских услуга, предности и притисци који утичу на тај капацитет, као и потражња за тим услугама су током времена различити. То значи да постоји много променљивих са различитим степеном међузависности у процени услуга екосистема, што захтева детаљну и критичку анализу. Због тога су данас пред нама велики изазови попут побољшања картирања и процене стања екосистема и интеграције процене стања екосистема са услугама екосистема, као и валоризација екосистема.

Картирање УЕ има смисла како би се квантификовале и сумирале залихе и токови услуга на просторној и временској скали. Картирање УЕ је моћна алатка за саопштавање и организовање података па је ту и интерес креатора политике да се прикажу „рачуни“ природног капитала на основу геореференцијалних података о екосистемима. Најчешће се мапирају услуге регулисања и снабдевања, за разлику од културних УЕ за које се често чује мишљење да није могуће мапирати све услуге екосистема. Што се тиче услуга регулисања најчешће су мапиране услуге регулисања климе, док је за услуге снабдевања фокус на храни, води и дрвету. Очигледно је да су за студије картирања у великој мери коришћена знања еколошких наука и истраживања у пољопривреди и шумарству. Посебан изазов у картирању је трансдисциплинарна природа услуга екосистема. Мапирање УЕ данас није ограничено на природне науке, обухвата друштвене и економске науке као добра. Најновије студије промовишу приступ вишеслојног мапирања што омогућава повећање нивоа просторних и еколошких детаља који ће бити укључени у мапирање УЕ, који су упоредиви. Ово је битно јер што се више располаже скуповима података генерисаним на различитим просторима и у различитим временским скалама, користећи различите тиове података, добиће се кохерентнија слика „здравља“ глобалних екосистема, биодиверзитета и користи од њих за друштво. Различити тематски и методолошки изазови повезани са квантификацијом картирања УЕ су извор неизвесности чије превазилажење ће помоћи да се затвори јаз између теорије и праксе.

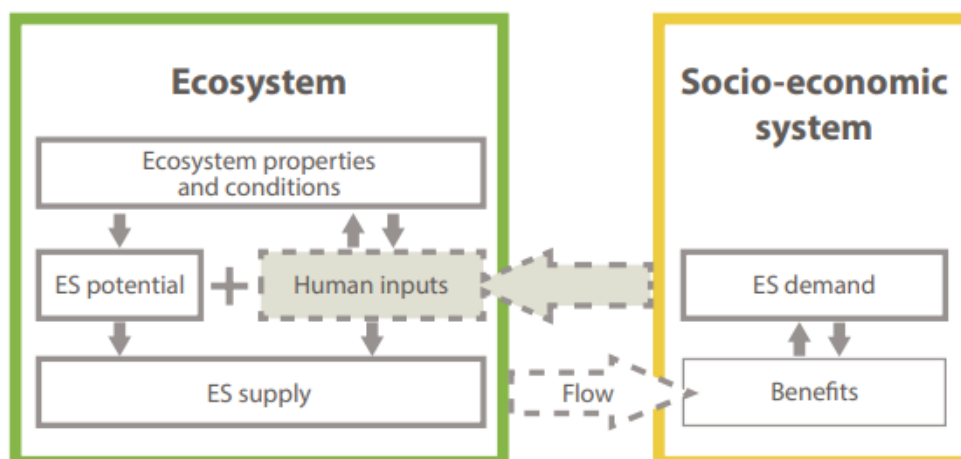
Стратегија ЕУ о биодиверзитету до 2020. године је имала за циљ да одржава и унапређује услуге екосистема (УЕ) у Европи. У складу са стратегијом се захтева да све државе чланице картирају и процене стање екосистема и њихових услуга у свом националном окружењу. Пројекат ESMEERALDA који финансира ЕУ (Побољшање картирања услуга екосистема за политике доношење одлука), има за циљ да формира

„флексибилну методологију која може истовремено да обезбеди иновативне градивне блокове за паневропско, национално и регионално картирање и процену услуга екосистема“ (ESMERALDA, 2015). Пројекат ESMEALDA анализира методе и приступе картирања и процене УЕ у њиховим биофизичким, друштвеним и економским перспективама, као и њихову примену у различитим студијама случаја. Пројекат такође има за циљ развој интегрисаног и доследног оквира за процену. На тај начин се анализирају методе и приступи услуга екосистема картирања и процене њихове биофизичке, социјалне и економске перспективе, као и њихову примену кроз тестирање у различитим студијама случаја (Burkhard, 2018). Вишестепени приступ се промовише као инструмент који структурише различите методе применом на различите нивое сложености (Grêt-Regamey, et al., 2015, Sieber et al., 2017). Ради се на развоју интегрисаног и конзистентног оквира за оцењивање, у коме су различити приступи и технике картирања уграђени у различите контексте политика.

У процес картирања пожељно је укључити алате као што је вишекритеријумска анализа која препознаје приоритетне услуге екосистема, тј. услуге које на најбољи начин у датом тренутку и на датом месту, користе човеку. Такође, учешће локалне заједнице, кроз систем упитника, игра велику улогу у картирању услуга екосистема. Сам корисник услуга може пружити најрелевантније информације, које ће омогућити и најмеродавније картирање, а у крајњем случају и вредновање услуга екосистема.

Основно питање када се крене у процес картирања су: Шта картирати? Где картирати? Зашто картирати?

Слика 8 наглашава аспекте услуга екосистема који се може сматрати релевантним за картирање. Услуге екосистема се генеришу у контексту различитих аспеката или компоненти, који су међусобно повезани, али се могу посебно картирати (Burkhard, Maes, 2017).

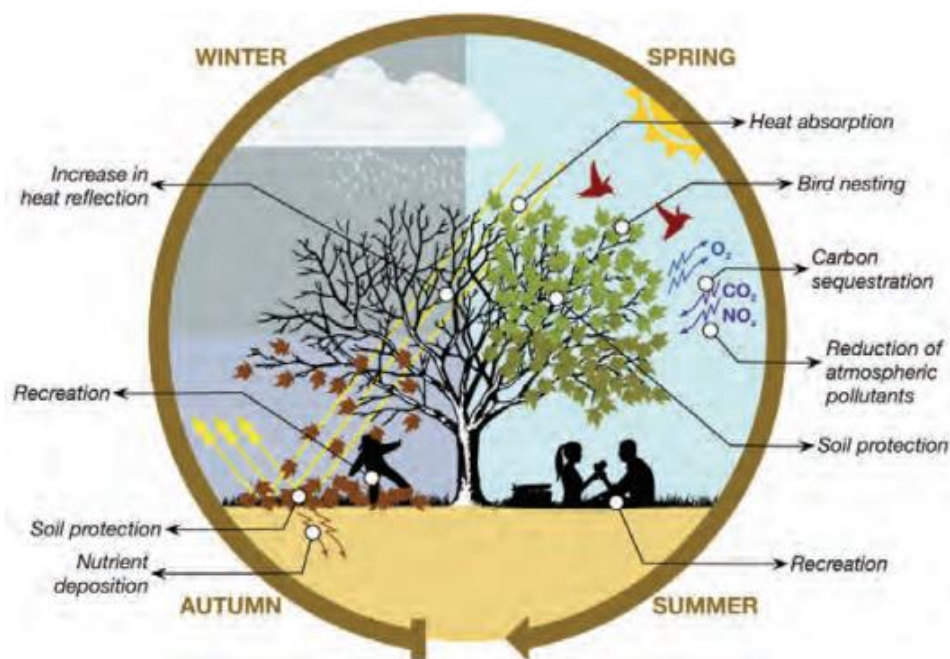


Слика 8. Картирање аспеката УЕ (подебљано сиво: релевантне теме за мапирање; испрекидано: може бити мапирано; танки: додатни аспекти за које би се мапирање могло развити (Volf et al. 2015, Bastian et al. 2013).

Важна карактеристика природних и култивисаних екосистема је да нису уједначено распоређени по пејзажима, обалама или морским подручјима и такође варирају током времена. Услуге екосистема (УЕ) се обично генеришу еколошким процесима на њиховом подручју и утицајима као што су сливови, станишта, природни региони или јединице коришћења земљишта. Ово сугерише потреба за проценама услуга специфичним за сваку локацију. Дакле, свака екосистемска услуга не треба само бити оцењена кроз разматрање основних типова екосистема, већ и у погледу:

- основни природни регионални услови (геологија, конфигурација рељефа, тло, клима, итд.),
- његове позиционе односе према главним типовима пејзажа (урбаног, аграрног, близу природе),
- конфигурација (пејзажна структура) одговарајућих јединица (сливови, природни региони, итд.) са природним ресурсима или коришћењем земљишта,
- односи између екосистема пружаоци услуге и групе од људи који га користе (тј. корисници) и
- коришћење, управљање и одржавање дотичног екосистема.

Често се виђају услуге мапирања екосистемских услуга (УЕ) као статички тродимензионални проблем где простор (k, i) и вредност датог екосистема услуга (z) се помињу као главни фактори анализа. Проблем са овим проценама је што се често сматра да је вредност датог екосистема на одређеном месту стабилна у времену или већ обухвата ефекте основних еколошких процеса/циклуса. Еколошки процеси/циклуси варирају током времена „ t “, јер већина услуга екосистема (наиме, производња и регулисање услуга) зависе од специфичних еколошких процеса/циклуса. Ова динамика се може илустровати фокусирањем на конкретну услугу екосистема нпр. Листопадно дрво (слика 9) у различитим временским циклусима, годишње доба, различито утиче на заштиту земљишта и корисника (људи, птице), даје различите резултате депоновања нутијената, корекције загађења, регулисања температуре и др..



Слика 9. Пример циклуса пружања услуга екосистема током године кроз листопадно дрво

Карте за услуге екосистема (УЕ) су урађене за широк спектар услуга. То укључује заступање (подизање свести, оправдање, одлуке подршке), процена екосистема, постављање приоритета, дизајн инструмента, рачуноводство екосистема, економска одговорност и научну просторну анализу. Многе тренутне апликације за картирање су фокусиране на квантитативно вредновање и рачуноводство, што је многим неразумљиво, али ове карте нису ни замишљене да их разуме широк спектар заинтересованих страна.

Веома интересанто поглавље је и картирање специфичних услуга екосистема. Користе се различите методе и модели за картирање специфичних услуга екосистема (обезбеђивање, регулисање и услуге културног екосистема). Процена регулисања услуга екосистема се обично заснива на различитим еколошким процесима који су основа услуга екосистема - регулација или избегавање догађаја, као што су ерозија или поплаве, и сродним опасностима. Индикатори за културну услугу екосистема су углавном ограничени на рекреацији и туризам и екотуризам који су квантификовани за понуду, као што су популарни екосистеми за посету, и потражњу, тј. број посетилаца. Стварно коришћење треба картирати на основу анкета, националних рачуна и прикупљања података (нпр. статистика посетилица националних паркова или улазница). Ови подаци се могу комбиновати са просторним подацима који могу да пруже детаљне информације о томе како екосистеми доприносе рекреацији и туризму.

Картирање екосистема је први корак у процесу картирања и процене услуга екосистема. Користе се подлоге ГИС (Географски информациони систем) система за управљање просторним подацима и њима придруженим особинама, као и карте земљиног покривача које су израђене на основу сателитских снимака високе резолуције доступних из програма CORINE Land Cover које могу бити повезане са стаништем, а самим тим и екосистемима, коришћењем европског информационог система за природу, подацима за надморску висину и геолошку подлогу. Европска агенција за заштиту животне средине је рецимо комплетирала карте европских екосистема.

Европска Унија се суочава са проблемима дефинисања услуга екосистема и то кроз: конкретну, координирану, методолошки доследну социо-економску евалуацију услуга екосистема и увођење добијених вредности у националне статистичке системе и планирање и системе управљања на свим геопросторним нивоима (Koulov, Borisova, 2018). Стога је потребан интегрисани и оперативни оквир за подршку и координацију ових активности (Burkhard et al. 2014, Burkhard et al. 2018). Срж интегрисане процене је заједнички оквир, који укључује картирање екосистема, процену стања екосистема и услуга које они пружају (Maes et al. 2013). Овај оквир пружа смернице корак по корак и укључује их у политике и процес доношења одлука.

5.1. Пример картирања студије случаја у Бугарској

У Бугарској је процес картирања и процене екосистема спроведен у складу са Националним методолошким оквиром. Како је дефинисано у Стратегији бодиверзитета до 2020. године, ово је свеобухватан процес који се заснива на различитим појединачним задацима и њиховој систематској интеграцији.

У Бугарској су припремљени методолошки водичи за евалуацију и мапирање услуга које пружају девет главних типова екосистема заједно са одговарајућим предлозима за њихову примену у националној процени. Бугарски истраживачки тим је анализирао и тестирао различите аспекте мапирања и процене услуга екосистема, као што су алтернативне економске процене, вишекритеријумске анализе и приступи биофизичке процене, изазови мапирања и истраживања локалног становништва. Рад се односи на процене тестиране у области студија случаја Централног Балкана. Он пружа релевантне примере за имплементацију интегрисаног картирања и процене услуга екосистема на локалном и регионалном нивоу, где су различити приступи и технике картирања уграђени у различите контексте политике. Главни циљ студије је да се истражи како резултати процене могу да подрже интеграцију еколошких функција Националног парка Централни Балкан са економским могућностима које он ствара за локалне и регионалне заједнице. Коришћен је вишестепени приступ како би се задовољиле потребе за интегрисаном проценом екосистема и превазишла ограничења доступности података. На нивоу 1, студија врши идентификацију и почетно картирање УЕ целе области. На нивоу 2 примењује економско вредновање за Општину Карлово коришћењем статистичких података и методом условне процене. На нивоу 3, истрага примењује методе моделирања за процену складиштења угљеника и регулације поплава у већем обиму. Резултати су представљени у облику мапа на свим нивоима, који користе

јединствену скалу процене од 0 до 5. Овако представљен интегрисани приступ обезбеђује јасну комуникацију о крајњим резултатима дотичним доносиоцима одлука.

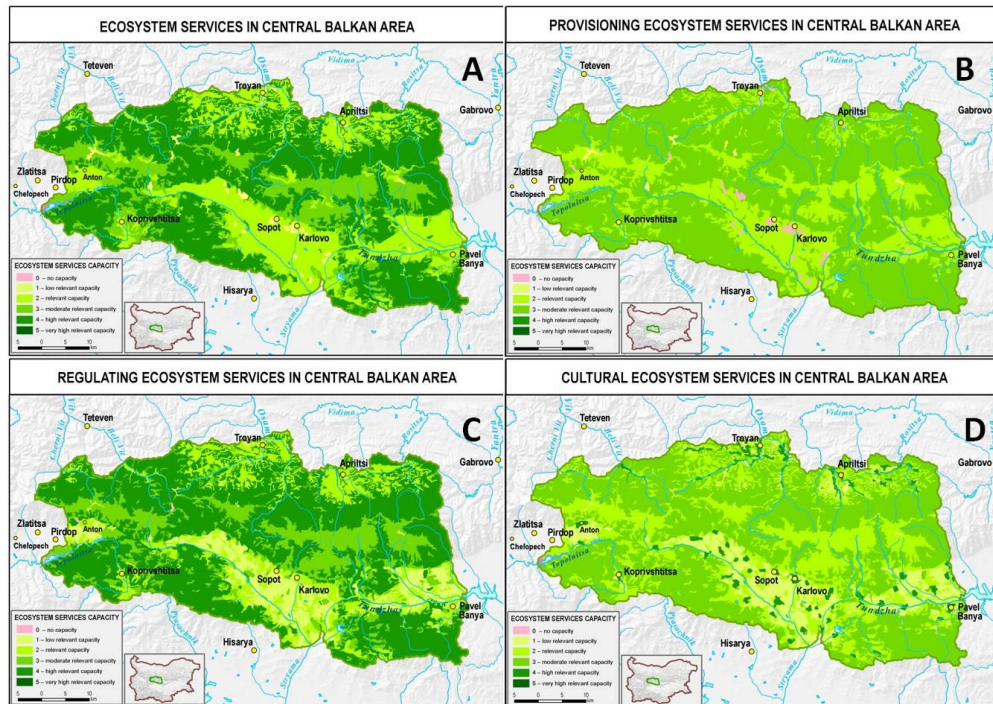
На циљаним областима је рађено картирање уз примену мапирања заснованог на практичној примени GIS-а, процени и вредновању услуга екосистема у реалним административним територијалним јединицама на локалном нивоу у Бугарској са идејом да се идентификују, тестирају, и највећој могућој мери превазиђу изазови у примени модела на најједноставнијој скали од практичног значаја за геопросторну статистику, рачуноводство и управљање до побољшања аналитичке вредности потенцијала (Ivanova et al. 2016, Koulov et al. 2017, Voianova et al. 2014, Vojanova i dr. 2016, Nedkov i Burkhard 2012, Nedkov et al. 2016, Nedkov i dr. 2014).

Студије на простору Централног Балкана, приказане у табели 2, обухватају процену опасности од поплава и картирање регулације поплава у горњем делу слива Јантре, процену природног капитала и примену методе контингентне процене у општинама Априлци и Калофер (Borisova et al. 2015, Assenov i Borisova 2016), екосистемско вредновање шума у Националном парку Централни Балкан (Dimitrova et al. 2015), мапирање капацитета складиштења угљеника у области Беклемето (Zhiianski et al. 2016) и процена урбаног екосистема у општини Карлово (Nedkov et al. 2017). Пример су резултати хидролошког моделирања слива Видима (Voianova et al. 2016) који су коришћени за процену услуге екосистема за регулисање поплава и података о складиштењу угљеника за урбане екосистеме града Карлова (Nedkov et al. 2017) као и за процену глобалне климатске регулације.

Табела 2. Преглед метода мапирања и процене примењених у области студије случаја на различитим нивоима у Бугарској

Подручје истраживања	Скала	Ниво	Услуге екосистема (УЕ)	Тип метода	Метод
Централни Балкан	Цело истраживачко подручје-студија случаја	1	Релевантне службе	биофизичке/социјалне	Табеларни приказ
Општина Карлово	Општински ниво	2	Релевантне службе	економске	Тржишна цена, пренос вредности, трошкови замене, нето финансијски допринос
Град Карлово	Градски ниво	3	Глобална регулација климе	биофизички	Просторни прокси модел
Водоток Видима	водотока	3	Регулације поплава	биофизички	Моделирање засновано на процесу

Идентификовано је 20 услуга екосистема (слика 10). Резултати стручне процене показују да шуме имају највише капацитет за снабдевање УЕ. Највишу просечну оцену имају мешовите шуме - 3,68, затим следе широколисне шуме - 3,66 и четинарске шуме - 3,44. Просечне оцене за прелазни шумски грм - 2,72, зелене урбане површине - 2,48 и природни травњаци - 2,47 су друго високо оцењено земљишни типови покривача. Депоније - 0,05, голе стене - 0,41 и индустријска подручја - 0,51 имају најмањи капацитет (Nedkov et. al, 2018).



Слика 10. Услуге екосистема на подручју Централног Балкана

На основу процене локалног демографског, економског и екосистемског статуса, 11 класа и 29 типова класа су идентификовани и одабрани као представник услуга екосистема (УЕ) општине у Бугарској. Успостављене кључне УЕ за провизију укључују: култивисане усеви, узгајане животиње, и њихови производи, дивље биљке, алге и њихови производи и површинске воде за пиће. Кључна регулација УЕ карактерише стабилизација и контрола стопе ерозије, хидролошког циклуса и одржавања тока воде и глобална регулација климе смањењем концентрације гасова стаклене баште. Коначно, изабране културне УЕ обухвајају физичку употребу копнених/морских пејзажа у различитим окружењима (Nedkov et. al, 2018).

Студија о услугама екосистема у Бугарској пружају доследну и брзо развијајућу основу за даљи развој концепта и његову примену у политици и доношењу одлука. Обећавајући резултати су постигнути посебно у биофизичкој процени регулације поплава, регулације ерозије и складиштења угљеника, који су мапирани у неколико студија случаја широм земље. У процесу су коришћене методе прорачунске табеле, просторни прокси и методи засновани на процесу. Обећавајући резултати су такође били у примени економских метода, као што су контингентна процена, тржишна цена и трансфер вредности, које су са значајним успехом примењене за пакете услуга екосистема у неколико студија случаја. Методолошки оквир за картирање и процену

екосистема и њихових услуга на националном нивоу обезбеђује широку примену MAES процеса у земљи. Резултати његове примене за главне типове екосистема у земљи дају почетну базу података за картирање и процену стално ширег спектра услуга екосистема. Студије случаја Централног Балкана пружају релевантне примере за имплементацију интегрисаног мапирања и процене услуга екосистема на локалном нивоу. Студија је идентификовали главне теме и теме јавне политике у овој области, међу којима су интеграција управљања заштићеним подручјима природе и социо-економски развој региона, округа и општине. Један од главних проблема за идентификацију и процену екосистема је недостатак одговарајућих података за разграничење свих типова екосистема и квантификацију индикатора свих екосистемских услуга. Примена вишеслојног приступа даје могућност интегрисања ширег спектра просторних и непросторних база података различитог квалитета и коришћења анализа, као и различитог нивоа сложености. Метода табеле, примењена на нивоу 1, омогућава идентификацију релевантних екосистема и њихових услуга, док су методе економске процене на нивоу 2 дозвољавале процену пет типова екосистема и 11 услуга екосистема у општини Карлово са укупном економском вредношћу од скоро 115 милиона евра. Процена услуга екосистема на нивоу 3 захтева детаљне податке и примену сложенијих метода моделирања. На овом нивоу, процена УЕ се фокусира на углавном на квантификацију и мапирање регулације поплава и складиштења угљеника. Овако генерисане мапе на свим нивоима користе јединствену скалу процене која обезбеђује јасну комуникацију о крајњим резултатима одговарајућим доносиоцима одлука.

Овај пример је добар показатељ картирања услуга екосистема који добрим делом може бити примењен и у Србији с обзиром да је реч о пределу Старе планине које су природна граница са нашом земљом. Еколошки услови су слични, али је потребно обратити пажњу на економске и друштвене односе који се у многоме разликују.

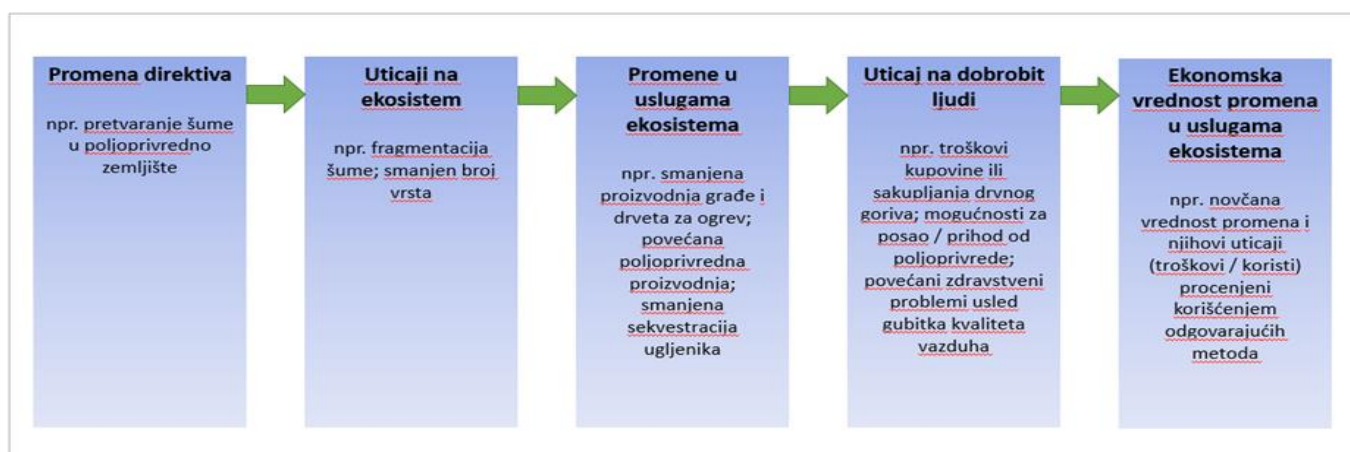
6. Валоризација услуга екосистема

Човечанство зависи од природе коју користи за своју добробит. У систему одлучивања на нивоу политике, користи природе се често занемарују. Исто је и са губицима у природном капиталу који имају директне економске последице које се често потцењују. Предности које призилазе из УЕ-а, па и трошкови деградације и губитка екосистема и биодиверзитета на терену који настају, могу бити у већој мери углавном непримећени (ТЕЕВ, 2009). Поставља се питање: Шта су последице овога и зашто је вредновање екосистема важно?

Министри животне средине из влада земаља G8+51, су се на састанку у Potsdamu, Немачка, 2007. године договорили да: „покрену процесе анализе глобалне економске користи од биолошке разноврсности, анализу трошкова услед губитака биодиверзитета и негативних ефеката услед неадекватног коришћења ресурса“. Из ове одлуке је произашла студија „Економија екосистема и биодиверзитета (ТЕЕВ)“, која је доставила низ извештаја који се односе на потребе главних група корисника: националних и локалних доносиоца одлука, бизниса и шире јавности.

Недостатак или неадекватно вредновање УЕ може довести до прекомерне експлоатације ресурса које генеришу те услуге, као што је прекомерна сеча дрва и последично деградација или губитак шума које снабдевају дрво. Недостатак или неадекватно вредновање екосистема такође може довести до лоше креираних одлука у дизајну пројекта или инвестиција или одлуци о начину коришћења земљишта. На пример, поједностављена процена трошкова и користи од претварања шума у, рецимо, интензивну пољопривреду која игнорише губитак екосистема које обезбеђује шума, може резултирати нето негативним економским исходима на дужи рок.

Могуће је проценити економску вредност повезану са променама УЕ шума (слика 11).



Слика 11. Процена УЕ у шумским екосистемима

Донosiоци одлука треба да разумеју екосистем који генерише природни капитал у зонама под њиховом одговорношћу: степен до којег су ЕС (у опасности од) да буду

изгубљени, који УЕ може бити побољшана, који су економски трошкови губитка ЕС, ко сноси тошкове и где и када, итд. Процене могу помоћи у развоју неопходне студије о просторним односима између извора и корисника УЕ (ТЕЕВ, 2009).

Финансијско вредновање услуга екосистема је веома тешко, али се процењује да оно вреди и неколико трилиона долара. На основу извештаја IUCN-а (Светске уније за заштиту природе), новчана вредност производа и услуга екосистема у САД-у се процењује да достиже 33 трилиона америчких долара годишње. А ради поређења, бруто домаћи производ (БДП) Сједињених Америчких Држава за целу 2008. годину је био само 14.4 трилиона америчких долара. За Европску Унију у истој години, БДП је био 14.94 трилиона америчких долара.

Вредновање је процес приписивања вредности (било економске или некономске) „нечему“. Циљ економске процене (слика 12) је да измери, у монетарном смислу, људске преференције за користи које добијају од, на пример, процеса екосистема (ТЕЕВ, 2010а). Некономско вредновање често испитује како се обликују мишљења људи или њихове преференције артикулисане, углавном изван монетарних израза.



Слика 12. Процена услуга екосистема

Извор: Прилагођено од P. ten Brink, Workshop on the Economics of the Global Loss of Biological Diversity, 5-6 March 2008, Brussels)

Приступ који промовише ТЕЕВ заснива се на раду који су током неколико деценија спроводили економисти. Економску процену треба посматрати као средство за правилно управљање биодиверзитетом, а не као предуслов за предузимање акција. Економска анализа као оквир и доношење одлука описаних у ТЕЕВ извештају уз широку примену могу бити пут у будућности за много користи од природних ресурса.

Треба нагласити да постоји стручни део јавности који се противи оваквом вредновању услуга екосистема. Природа је „драгоцена“ али можда мало парадоксална идеја да се на природни свет стави „вредност“ је контраверзна (Gómez-Baggethun & Ruiz-

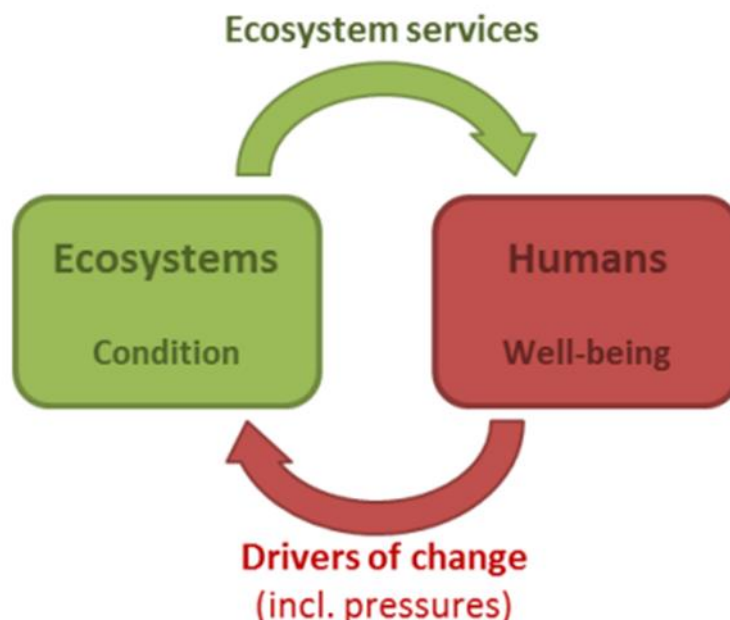
Perez, 2011; Schröter et al., 2014). Док други сматрају да би се економска поцена могла показати као важно средство у заштити услуга екосистема у корист друштва (Schröter et al., 2014; Atkinson, Bateman & Mourato, 2012) . Кључно је рећи да ако нема економског вредновања, екосистеми неће бити део политичког и пословног одлучивања.

Многе методе су примењене на економско вредновање услуга екосистема. Употреба ових метода, као и интерпретација њихових резултата, захтева познавање еколошких и политичких норматива у контексту са социо–економским параметрима и науком о економији. Препознавање и примена вредности услуга екосистема може играти важну улогу у постављању политичких праваца за управљање екосистемом и очувања, а самим тим и у повећању, пружања екосистемских услуга и њиховог доприноса људском благостању.

Вредновање услуга екосистема у монетарном смислу може бити веома сложено и контраверзно, али у исто време корисно средство у систему доношења одлука (Arany et. al., 2018).

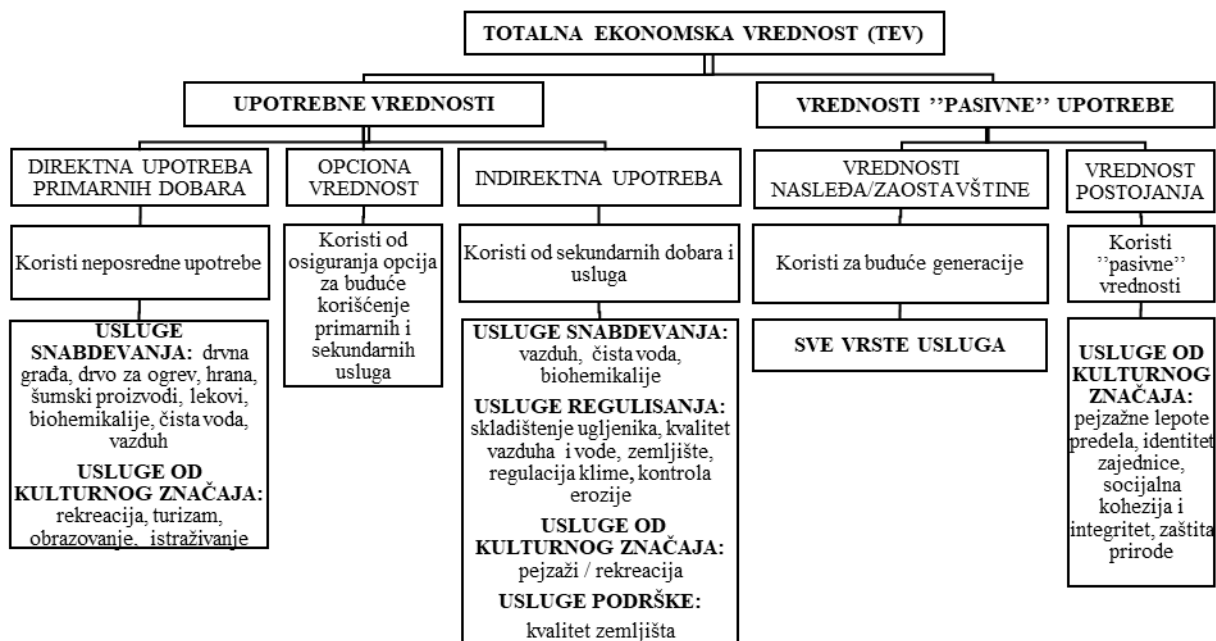
Процену (вредновање) услуга екосистема треба заснивати на критеријумима потенцијалне ефикасности екосистема, а не на прорачунима вредности сматрају Spangenberg i Setele (2010). Ово је још увек широко и неистражено поље које укључује трошкове тржишних производа и услуга, радне снаге и ресурса, али такође и трошкове одштете и напоре да се њима управља, умањи или спречи негативно дејство.

Свакако, мере превенције су много „безболније“ од мера које се морају предузимати након учињене штете. Тако да економска процена услуга екосистема мора обухватити и надокнаде које су усмерене на процесе управљања деградираних екосистема (Kumar et al. 2013).



Слика 13. Поједностављени МАЕС концептуални модел који се користи да се развију оквирни индикатори за стање екосистема (Извор: Grizzetti et al., 2016).

Не постоји јединствена техника економског вредновања која се може применити на све услуге екосистема, јер се методе разликују у зависности од карактеристика услуга екосистема као и расположивих података (Department for Environment Food and Rural Affairs (DEFRA), 2007; ТЕЕВ, 2010). Углавном се користе методе које су у оквиру ТЕВ - Тоталне економске вредности. Концепт укупне економске вредности (ТЕВ) екосистема користи се за описивање свеобухватног скупа корисних вредности изведених из њега. Овај концепт је користан за идентификовање различитих врста вредности које екосистем пружа. ТЕВ се састоји од употребних вредности и вредности које се не користе (шема 1).



Шема 1. Тотална економска вредност и екосистемске услуге (Извор: Прилагођено од NZIER, 2018)

Употребна вредност је вредност која потиче од стварне употребе добара или услуга. Односи се на директну употребу природних добара (вода, храна...), индиректну употребу и опционе вредности (услуге снабдевања, регулисања, подршке и услуге од културног значаја).

Опциона (пасивна) вредност је вредност која човеку даје могућност да ужива у нечему у будућности, иако то можда тренутно не користи. Вредност наслеђа/заоставштине је вредност која оставља будућим генерацијама могућност коришћења добара или услуга. Вредност наслеђа/заоставштине се мери спремношћу људи да плате за очување природног окружења водећи рачуна о будућим генерацијама.

Вредност „пасивне употребе“ су вредности које се стварно не користе. Вредност постојања је неискоришћена вредност коју људи приписују неком добру, знајући да нешто постоји, иако то никада неће видети или користити.

Повећана биолошка разноврсност може да пружи отпорност на суочавање са глобалним променама, а њено очување сада даје могућност да се такве услуге користе у

будућности. Са друге стране, вредности „пасивне“ употребе односе се на вредности повезане са, на пример, уживањем које пружа сазнање о постојању биодиверзитета или значајем очувања услуга екосистема за будуће генерације (Gómez-Baggethun et al., 2014).

Појединац може имати више користи од истог екосистема. Тако је *укупна економска вредност (ТЕВ) збир свих релевантних употребних и некоришћених вредности за добро или услугу* (Златић, Годосијевић, 2022).

Што се може приказати математичком формулом:

$$TEV = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m ESV_j$$

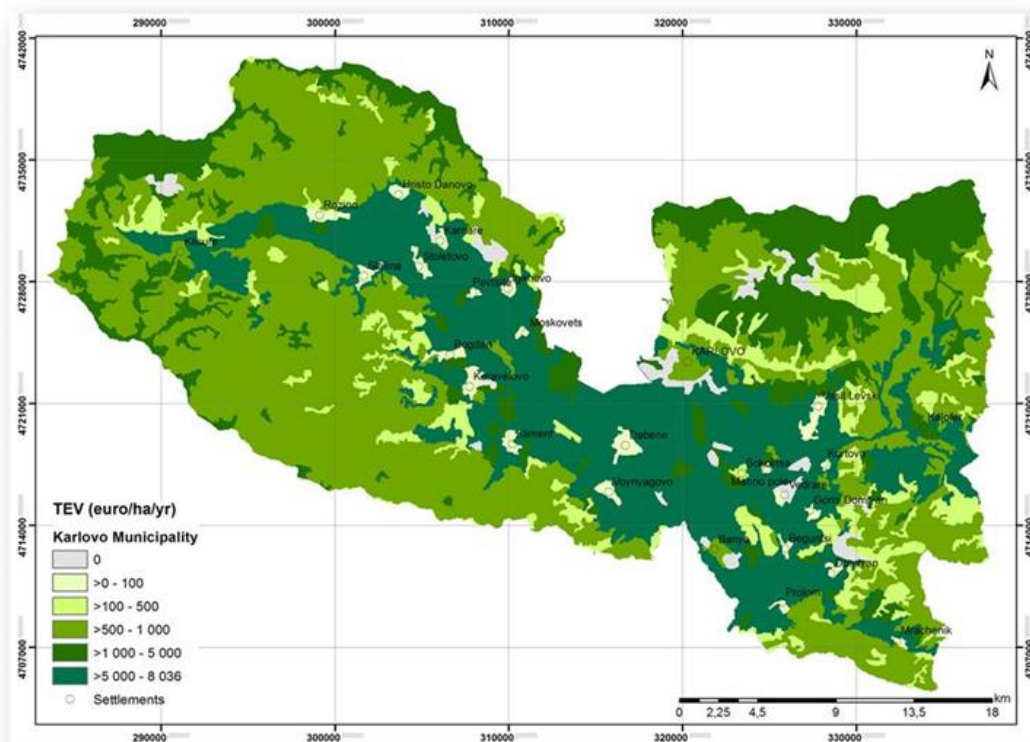
- ТЕВ је укупна економска вредност услуга екосистема;
- n је број растерских слојева;
- ESV_j је економска вредност УЕ класе типа j и
- m је број типова класа услуга екосистема у слоју i.

Вредновање услуга екосистема кроз ТЕВ оквир се може табеларно приказати (табела3).

Табела 3. Вредновање услуга екосистема кроз ТЕВ оквир

MA framework		TEV framework			
MA Group	Service	Direct Use	Indirect use	Option value	Non-use value
Provisioning	Includes: food; fibre and fuel; biochemicals, natural medicines, pharmaceuticals; fresh water supply	*		*	
Regulating	Includes: air-quality regulation; climate regulation; water regulation; natural hazard regulation etc.		*	*	
Cultural	Includes: cultural heritage; recreation and tourism; aesthetic values	*		*	*
Supporting	Includes: Primary production; nutrient cycling; soil formation	<i>Supporting services are valued through the other categories of ecosystem services</i>			

У Бугарској је ТЕВ за одабране, тренутно коришћене УЕ (култивисани усеви, углавном шуме, узгој животиња и глобална клима уз регулацију смањењем концентрације гасова са ефектом стаклене баште) у општини Карлово процењено на скоро 115 милиона евра (Nedkov et. al, 2018) (слика 14).



Слика 14. Укупна вредност екосистемских услуга у општини Карлово (Koulov et al. 2017)

Пример валоризације услуга екосистема је Црна Гори где су спорадично вршена истраживања процене монетарне вредности екосистема услуга за реку Тару (Mrdak, 2005) и заштићена подручја (Emerton, 2011). Тако је основна вредност одређених компоненти биодиверзитета и повезаних услуга екосистема економији Црне Горе у 2011. години процењена на 982 милиона еура. Услуга снабдевања (храна из дивљине и сточна храна, дрвна биомаса и енергија) доприносе око 169 милиона еура или 17%, услуге одржавања и регулације (плодност земљишта на фармама, опрашивање, заштита обала и сливних подручја и складиштење угљеника) 276 милиона еура или 28% и културне услуге (пејзажи и рекреација базирана на природи) 537 милиона еура или 55% (табела 4).

Табела 4: а) Основна вредност биодиверзитета и екосистемских услуга за 2011.годину у Црној Гори; б) Процентуални допринос различитих категорија екосистемских услуга основној вредности (модификовано од Emertona, 2013).



Велики број метода се може користити за процену услуга екосистема (табела 5).

Табела 5. Избор метода вредновања за различите услуге екосистема

	TEV captured		approach	approach
Market prices	Direct and indirect use	Those that contribute to marketed products e.g. timber, fish, genetic information	Market data readily available and robust	Limited to those ecosystem services for which a market exists.
Cost-based approaches	Direct and indirect use	Depends on the existence of relevant markets for the ecosystem service in question. Examples include man-made defences being used as proxy for wetlands storm protection; expenditure on water filtration as proxy for value of water pollution damages.	Market data readily available and robust	Can potentially overestimate actual value
Production function approach	Indirect use	Environmental services that serve as input to market products e.g. effects of air or water quality on agricultural production and forestry output	Market data readily available and robust	Data-intensive and data on changes in services and the impact on production often missing
Hedonic pricing	Direct and indirect use	Ecosystem services that contribute to air quality, visual amenity, landscape, quiet i.e. attributes that can be appreciated by potential buyers	Based on market data, so relatively robust figures	Very data-intensive and limited mainly to services related to property
Travel cost	Direct and indirect use	All ecosystems services that contribute to recreational activities	Based on observed behaviour	Generally limited to recreational benefits. Difficulties arise when trips are made to multiple destinations.
Random utility	Direct and indirect use	All ecosystems services that contribute to recreational activities	Based on observed behaviour	Limited to use values
Contingent valuation	Use and non-use	All ecosystem services	Able to capture use and non-use values	Bias in responses, resource-intensive method, hypothetical nature of the market
Choice modelling	Use and non-use	All ecosystem services	Able to capture use and non-use values	Similar to contingent valuation above

Source: Based on eftec (2006) *Valuing our Natural Environment*

За процену услуга екосистема често се користи и Метод контингентне процене, који укључује примену анкета. Анкете садрже сет питања која су прилагођена потребама и задацима неопходним за вредновање услуга екосистема. Орјентисане су на утврђивање знања, преференција и зависности локалног становништва у погледу услуга екосистема.

Веома је тешко на прави начин валоризовати услуге екосистема. Највећи проблем је што не постоји једноставно решење ни правило за избор дисконтне стопе која пореди трошкове и користи у садашњости и будућности. Дисконтне стопе одражавају одговорност према будућим генерацијама и ствар су етичког избора, јер одражавају најбоље процене на добробит људи убудуће, услед надоласећих технолошких промена. На пример, дисконтна стопа од 4% имплицира да ће губитак биодиверзитета за 50 година бити процењен на само 1/7 истог износа губитка биодиверзитета данас. Али потребан је опрез у избору дисконтне стопе јер различите активности као што су јавна или приватна добра произведена или еколошка добра имају и различиту вредност. Из тог разлога је и предлог да се за природне ресурсе и јавна добра користи нижа дисконтна стопа (ТЕЕВ, 2010).

7. Модели за процену услуга екосистема

За лакшу процену и представљање услуга екосистема користи се велики број модела. Модели омогућују квантификовање и истраживање бифизичких, еколошких и социо-економских карактеристика кроз поједностављен приказ животне средине. Модели нису присилно просторни, иако прозводе просторне приказе резултата, акценат је на разумевању и квантификовању интеракције између компоненти социјалних и еколошких система и могу дати алтернативне сценарије када се промени параметар унутар модела. Веома су корисни за приказивање различитих сценарија и предвиђања резултата који утичу на услуге екосистема, што даље утиче на бенефите, а циљ је да тога буду свесни доносиоци одлука.

Модели услуга екосистема користе као улаз различите променљиве. Те променљиве су обично мерења параметара животне средине (нпр. висина дрвећа, речних токова, броја врста), одговори на анкете и оцене стручњака и заинтересованих страна, и резултати других модела (нпр. излаз из климатског модела може пружити улаз падавина у модел протока воде).

Временом је развијено пет општих типова модела: концептуални модели, статистички модели, детерминистички модели, пробабилистички модели и модели засновани на правилима. За концептуални модел је основно разумевање веза између различитих компоненти система који се проучава. Ова веза између компоненти модела се компјутерски приказује концепталним дијаграмом, који илуструје међусобно повезивање компоненти, а онда квантификују те везе. Тамо где не постоји квантификована веза између компоненти концептуалног модела, успоставља се однос ослањањем на прикупљене податке у статистичком моделу. Док детерминистички модел предпоставља везу између узрока и последица. Овај модел се често користи да би се разумели фактори који покрећу губитке земљишта са пољопривредних површина код ревидиране универзалне једначине губитка земљишта (RUSLE). Пробабилистички модели су засновани на концепту да је насумично понашање често део система, дају вероватноћу да ће се појава догодити (нпр. повратни период поплаве задате величине) и не користе појединачне улазне податке већ функцију расподеле вероватноће (PDF) као улазни параметр. Модели засновани на правилима користе логичке да/не одлуке и наредбе ако-тад (if-then) за конструкцију путање од улаза до излаза.

Резултати једног модела могу бити коришћени за улазе код другог модела чиме се добијају моделарски ланци, а крајњи резултат је успостављање интегрисаних система за моделирање. Интегрисани системи за моделирање узимају међусекторске интеракције, међусобну синергију и компромисе при чему импликације на једној од услуга екосистема резултира променом на другој, рецимо резултати услуге снабдевање пијаћом водом има утицај на резултате регулације ерозије земљишта.

На основу примене модела разликујемо: модел природног окружења који је фокусиран на структуру и функцију екосистема из ког произилазе услуге екосистема и њихово разумевање; модел који се фокусира на услуге екосистема, појединачне и оне које омогућавају процену низа различитих услуга екосистема; моделирање система који имају интегрисани приступ што омогућава процену синергије и компромиса између

група услуга екосистема и модели дизајнирани за истраживање услуга екосистема за потребе доносиоца одлука или заинтересованих страна.

Модели које се користе у процени услуга екосистема су:

- Модел природног окружења
- Моделовање дистрибуције врста
- Моделовање употребе земљишта/ покривача земљишта
- Биофизички модели
- Моделирање система који се експлицитно фокусирају на услуге екосистема
- Приступ заснован на матрици
- Преносиви оквир за моделирање УЕ
- InVEST- Integrate valuation of environmental services and tradeoffs - Интегрисано вредновање услуга животне средине и компромиса- укључује 18 алата за процену морских, пробалних, копнених и слатководних услуга екосистема. Њиме управља корисник који уноси скупове просторних података. У већини случајева модел обрачунава услуге екосистема понуде и потражње и омогућава процену неусклађености понуде и потражње у контексту локације људи који би имали користи од услуга.
- ESTIMAP – колекција просторно експлицитних приступа моделирању који процењује понуду, потражњу и проток УЕ. Основу чини GIS-а и замишљен је као стандардизовани, поновљени систем развијен за употребу у Европској унији. Користи различите методологије за неке УЕ и покрива различите УЕ од InVEST-а, фокусирајући се углавном на регулисање УЕ (регулација квалитета ваздуха, заштита од ерозије земљишта, задржавање воде, опрашивање, станиште птица и рекреација). Иако је ESTIMAP приступ развијен да би се применио на скали Европске Уније за подршку политикама, због флексибилности и може се прилагодити примени на локалним студијама случаја или одређеним проблемима на начин који је тежи са унапред направљеним моделима InVEST-а.
- ARIES се усредсређује на идентификацију корисника и не поједнастављује УЕ на статичке вредности, већ се фокусира на динамичке користи које се мењају са временом. Дели многе уобичајене атрибуте са InVEST-ом (тј. Просторно је експлицитан, заснован на отвореном коду и производној функцији).
- Интегрисани модели процене – развијени су на начин да се излази једног користе као улази другог нпр. пољопривредни модел може израчунати доступност воде за наводњавање на основу киша, али без интегрисања модела расподеле воде који дели расположивост воде између различитих сектора (наводњавање, домаће снабдевање, индустрија или енергија), било би немогуће знати да ли је вода за наводњавање заправо била доступна за употребу.
- GLOBIO-ES – динамични глобални модел система је средство за процену прошлих, садашњих и будућих утицаја људских активности на биодиверзитет и УЕ.
- CLIMSAVE интегрисана платформа за процену (IAP) – регионалног интегрисаног модела процене. То је слободно доступан web заснован модел који пружа могућности за процену УЕ на европском нивоу.
- MIMES (Multiscale integrisani model usluga ekosistema) – интегрисани систем процене који моделира пет различитих „сфера“: литосферу, хидросферу,

атмосферу, биосферу и антропосферу. Интеракције између сфера контролишу се помоћу матрице и УЕ се моделира применом производних функција које повезују УЕ са елементима система неопходним за производњу тих услуга.

- Модели који помажу доношењу одлука – концепт УЕ пружа доносиоцима одлука другачији поглед на проблеме управљања животном средином. Шума више није само дрвна залиха, већ и добављач регулације климе, станишта, живописне лепоте и рекреације. Иако ово доноси шири објектив вредности екосистема, доноси и нове изазове: како да одлучимо које су УЕ важније?
- Bayesian Belief Networks (BBN) - Baiesova мрежа веровања је врста модела који користи условну вероватноћу за додељивање вероватноће низу потенцијалних резултата са познатим стањем неких или свих улаза.
- Анализа вишекритеријумских одлука (MCDA) – кривни је термин за скуп флексибилних приступа моделирању дизајнираних да истакну оптималан избор у ситуацији са многим алтернативама одлучивања.
- Партиципативно моделирање са заинтересованим странама – укључивање заинтересованих страна у процес моделирања, повећава легитимитет моделирања у очима заинтересованих страна. Узимање у обзир локалног знања заинтересованих страна често побољшава квалитет смог моделирања.

7.1. InVEST модел

У савременој пракси код нас заступљена је употреба InVEST модела. Интегрисано вредновање услуга животне средине и компромиси (InVEST) је просторно експлицитно интегрисана алатка за моделирање која квантификује промене у услугама екосистема, рецимо различите начине коришћења земљишта, станишта за биодиверзитет, који доводи до промена за добробит људи. InVEST програм (Integrate valuation of environmental services and tradeoffs) је развијен као део Пројекта природног капитала (www.naturalcapitalproject.org) који је настао у партнерству између Универзитета у Станфордју и Минесоти, у сврху заштите природе, утицаја промене начина коришћења земљишта на услуге екосистема, Светског фонда за дивље животиње.

InVEST је моћан алат за истовремено квантификовање и вредновање услуга екосистема има растер структуру која омогућава да делови екосистема буду подељени у мале просторне целине или растерске ћелије, на основу које се квантификују промене у услугама екосистема.

InVEST користи карте и табеларне податке о коришћењу земљишта, управљању земљишним реурсима у функцији заштите животне средине што се може комбиновати са економским подацима (Daily et al.,2009.; Nelson et al.,2009).

Оквир InVEST модела је једноставан чији су параметри „снабдевање, услуге и вредности“. „Снабдевање“ су користи екосистема које су потенцијално доступне. „Услуге“ укључују потражњу на основу информација добијених о корисницима услуге. „Вредности“ омогућују израчунавање економских и друштвених метрика на основу социјалних преференција (избегнуте штете од ерозије и поплава, број погођених људи и сл.).

При настанку основни задатак модела је био усклађивање привредних снага са конзервацијом земљишта. Скуп алата InVEST-а описан у InVEST User Guide, Release +VERSION+ (https://invest-userguide.readthedocs.io/_/downloads/en/3.5.0/pdf/) водичу укључује моделе за квантификовање, картирање и вредновање користи које пружају копнени, слатководни и морски системи. InVEST модели су слободно доступни и отвореног кода.

Модели су груписани у четири категорије:

- 1) Екосистемске услуге подршке (Supporting Ecosystem Services),
- 2) Коначне екосистемске услуге (Final Ecosystem Services),
- 3) Алати за олакшавање анализа услуга екосистема (Tools to Facilitate Ecosystem Service Analyses) и
- 4) Алати за подршку (Supporting tools).

Екосистемске услуге подршке не пружају директно користи људима, али подржавају остале услуге екосистема. Завршне услуге пружају директне користи људима. Алати за подршку укључују помоћ у издвајању сливова, хидролошку обраду на дигиталном моделу терена и прављење сценарија који се могу користити као улазни

подаци за InVEST. У оквиру InVEST-а сваки од основних модела има карактеристичне моделе, па тако:

Модели Екосистемске услуге подршке (Supporting Ecosystem Services) су:

1. Habitat Risk Assessment - Процена ризика за станиште
2. Habitat Quality - Квалитет станишта
3. Pollinator Abundance: Crop Pollination -Заступљеност опрашивача: опрашивање усева

Модели Коначне екосистемске услуге (Final Ecosystem Services) су:

4. Forest Carbon Edge Effect
5. Carbon Storage and Sequestration - Складиштење и секвестрација угљеника
6. Coastal Blue Carbon
7. Annual Water Yield - Годишњи принос воде
8. Nutrient Delivery Ratio - Однос хранљивих материја
9. Sediment Delivery Ratio - Однос извоза седимента
10. Unobstructed Views: Scenic Quality Provision
11. Visitation: Recreation and Tourism - Посета: рекреација и туризам
12. Wave Energy Production - Производња енергије таласа
13. Offshore Wind Energy Production - Производња енергије ветра на мору
14. Marine Finfish Aquacultural Production - Производња морске рибе аквакултурна
15. Fisheries - Рибарство
16. Crop Production - Биљна производња
17. Seasonal Water Yield - Сезонски принос воде

Модели Алата за олакшавање анализа услуга екосистема (Tools to Facilitate Ecosystem Service Analyses) су:

18. Overlap Analysis - Анализа преклапања
19. Coastal Vulnerability - Рањивост обале
20. InVEST GLOBIO

Алати за подршку (Supporting tools) су:

21. RouteDEM
22. DelineateIT
23. Scenario Generator

24. Scenario Generator: Proximity Based

Сваки од InVEST-ових алата је засебан модел и може се покретати независно, у зависности само од потреба корисника.

На сонову резултата InVEST-а можемо пружити информације корисне доносиоцима одлука и креаторима политике, као и менаџерима о односу компромиса и услуга екосистема, при чему компромиси у одлукама воде ка очувању биодиверзитета и одрживом коришћењу земљишта које ће дати захвани циљ.

7.1.1 InVEST SDR модел и пример Топчидерске реке

InVEST Sediment Delivery Ratio (SDR) модел представља модел који врши картирање ретенције и проноса наноса. У контексту глобалних промена, такве се информације могу користити за проучавање услуга задржавања наноса у сливу. Ова чињеница има посебну важност у процесу управљања сливовима и квалитетом воде, што се може економски вредновати на основу користи које из тога произилазе, што се може приказати описно или новчано.

У оквиру InVEST модела је SDR – Модел транспорта седимента (слика 15) који настоји да да представи изворе и количине седимента који напуштају басен. Предвиђања из таквих модела помажу у доношењу одлука о управљању пејзажом на различитим просторним скалама. Као што су процене извоза седимента подржале процену услуга глобалног екосистема, наглашавајући вредност аутохтоне вегетације и откривајући рањивост према сценаријима коришћења земљишта или климатских промена.

Sediment Retention Model: Avoided Dredging and Water Quality Regulation (Tier 1)				
Required	Supply	Land use/land cover Rainfall erosivity Soil erodibility Crop factor Management factor DEM Sediment retention efficiency for each LULC Slope threshold (%) Flow accumulation threshold	Calculates generated and retained sediment at pixel scale using USLE and routing	Mean annual erosion (tons/watershed/yr, tons/pixel/yr) Mean annual sediment retention (tons/watershed/yr, tons/pixel/yr)
Required	Reservoir Service	Reservoir dead volume (reservoir points of interest) Subwatershed and Watershed shapefiles	Subtracts sediment loads in reservoir dead volume	Mean annual generated and retained sediment loads (tons/watershed/yr)
Required	Treatment Plant Service	Allowed sediments load in rivers (TMDL, etc.)	Subtracts sediment loads equal to allowed load	Annual average sediment retention of value to water treatment plants
Optional	Avoided Dredge Value	Mean annual dredging cost (Currency)	Calculates present value of dredging costs	Avoided dredge costs (currency/watershed/yr, currency/pixel/yr)
		Lifespan (years) Discount rate (%)		
	Avoided Treatment Value	Mean annual sediment removal cost (Currency)	Calculates present value of treatment costs	Avoided treatment costs (currency/watershed/yr, currency/pixel/yr)
		Lifespan (years) Discount rate (%)		

Слика 15. InVEST SDR model (изглед у водичу)

Модели коришћени из софтвера InVEST показали су се корисним чак и за мање студије и дали су релевантне и кредибилне резултате како за моделирање земљишног покривача тако и за моделирање услуга екосистема. Резултати, заједно с проценама других услуга екосистема, могу пружити основу информисање и свесније доношење одлука, као и боље локално планирање животне средине и пејзажа. Ово се може постићи кроз стицање сложенијег разумевања вредности „природе“, екосистема и користи које они пружају од стране заинтересованих страна и доносилаца одлука (Bogdana, et al 2016).

SDR – коефицијент ретенције наноса је удео бруто ерозије земљишта који се транспортује у реку из датог слива у одређеном временском интервалу (Lu, et al., 2006). Коефицијент ретенције наноса (SDR) повезује еродирани и транспортовани нанос са падином слива са оним који на крају улази у речне токове, и који се таложи на излазу из слива. SDR игра битну улогу у истраживањима која се тичу ерозије као додатни параметар приликом разматрања проноса наноса, конзервације/санације нагиба и пројеката контроле наноса за инжењере и доносиоце одлука. SDR од скоро 100% означава подручје на којем покренут нанос има скоро савршену шансу да дође до оближње реке или потока. У поређењу са тим, SDR од 0% на подручју са еродибилним земљиштем може значити да постоји велика вероватноћа да се нанос исталожи пре него што стигне до реке или потока (Thomas et al., 2020).

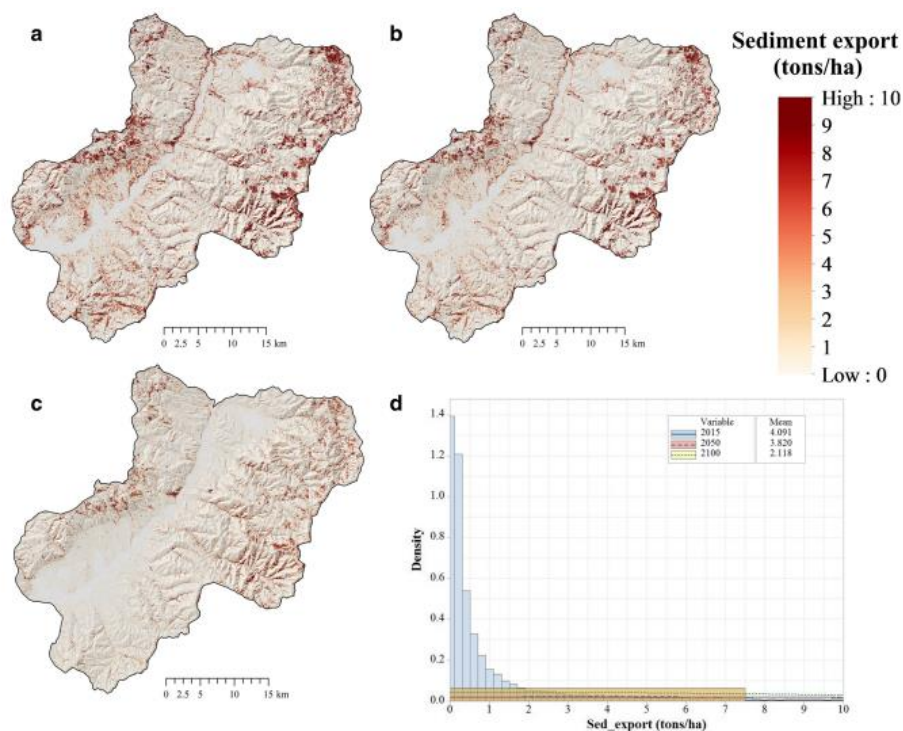
InVEST SDR је просторно експлицитни модел који користи резолуцију дигиталног модела терена (DEM) као улазни податак. Модел функционише тако што се за сваки пиксел израчунава количина годишњег губитка земљишта и количина наноса који је пропорционалан губицима земљишта који стижу до речног тока. Модел примењује алгоритам губитка земљишта повезан са алгоритмом повезивања наноса који су предложили Borselli et al. (2008). Губитак земљишта израчунава се универзалном једначином губитка земљишта (USLE) за сваки пиксел (Wischmeier & Smith, 1978), а затим се множи са коефицијентом ретенције наноса (SDR), који је такође израчунат за сваки пиксел. Нанос који је у сливу практично се и задржава у самом сливу, што се директно одражава на земљишне услуге екосистема (Borselli, et al., 2008).

Улазни подаци које овај модел захтева су: дигитални модел терена (DEM), фактор ерозионе снаге кише (R), фактор еродибилности земљишта (K), слив (вектор), биофизичка табела, која садржи бројеве класа коришћења земљишта и вредности С и Р фактора, и калибрациони фактори (SDRmax, IC0, k) (<http://releases.naturalcapitalproject.org/>). Након обраде улазних података, модел даје следеће резултате: потенцијалне губитке земљишта према USLE без фактора С и Р, укупне губитке земљишта према USLE, пронос наноса из слива (sediment export), таложење наноса (sediment deposition), ретенцију наноса (sediment retention).

Овај модел има широку примену у управљању акумулацијама и одржавању квалитета воде у току како би се картирала ретенција и пронос наноса (Zhou, et al., 2019). Продуковани нанос, као резултат ерозије земљишта у сливу, се премешта од вододелнице ка водотоку и даље транспортује хидрографском мрежом (Kostadinov, et al., 2019). Показало се да овај модел има добре перформансе након калибрације и успешно је коришћен за процену услуга ретенције/задржавања наноса и просторни

приказ расподеле ретенције, продукције и проноса наноса (Sánchez-Canales, et al., 2015; Jiang, et al., 2016; Zhou, et al., 2019).

InVEST модел транспорта седимента (SDR) успешно је примењен у комбинацији са регионалним климатским моделом EBU-POM, и показао се као валидан алат за предвиђање просторних и временских образаца ерозије земљишта. Резултати моделирања ефеката климатских промена на просторне и временске обрасце у региону Врањске долине показали су да ће до краја века (XX) доћи до смањења ерозије земљишта за 41,84% у односу на 2015. годину (Perović, et al, 2019) (слика 16).



Слика 16. Транспорт седимената у Врањској долини за 2015, 2050 и 2100. годину и хистаграм дистрибуције (Perović et al, 2019)

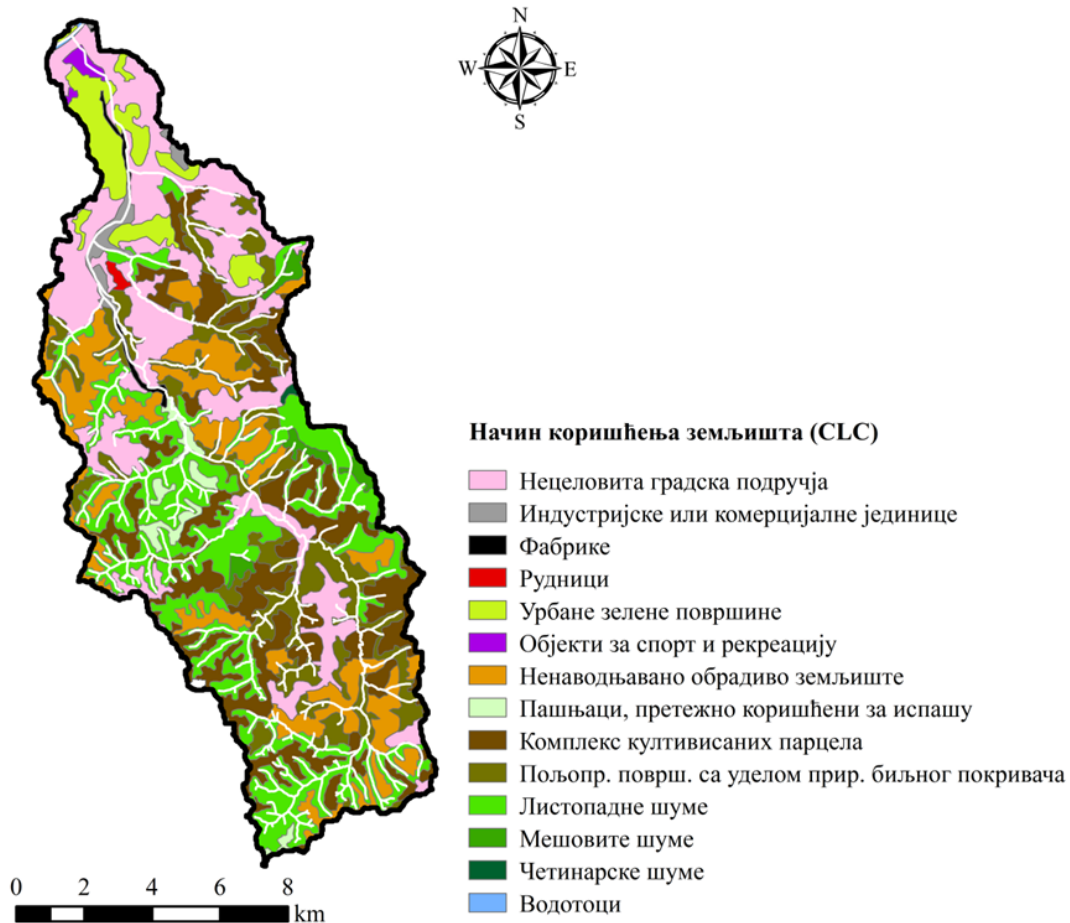
Модел даје три главна резултата:

- 1) укупна количина наноса извезена из сваког пиксела која дође до водотока (sediment export);
- 2) укупан износ потенцијалног губитка земљишта израчунат према (R)USLE једначини;
- 3) задржавање наноса (укупан нанос који задржи пиксел) као разлика у количини наноса испорученог тренутним покривачем земљишта и хиптетичким сливом где су сви начини коришћења земљишта очишћени до голог тла (sediment retention) (Bogdana et al., 2016).

Коришћењем InVEST модел транспорта седимента (SDR) истраживањ су рађена у Србији на простору Точидерске реке (Тодосијевић et al, 2022).

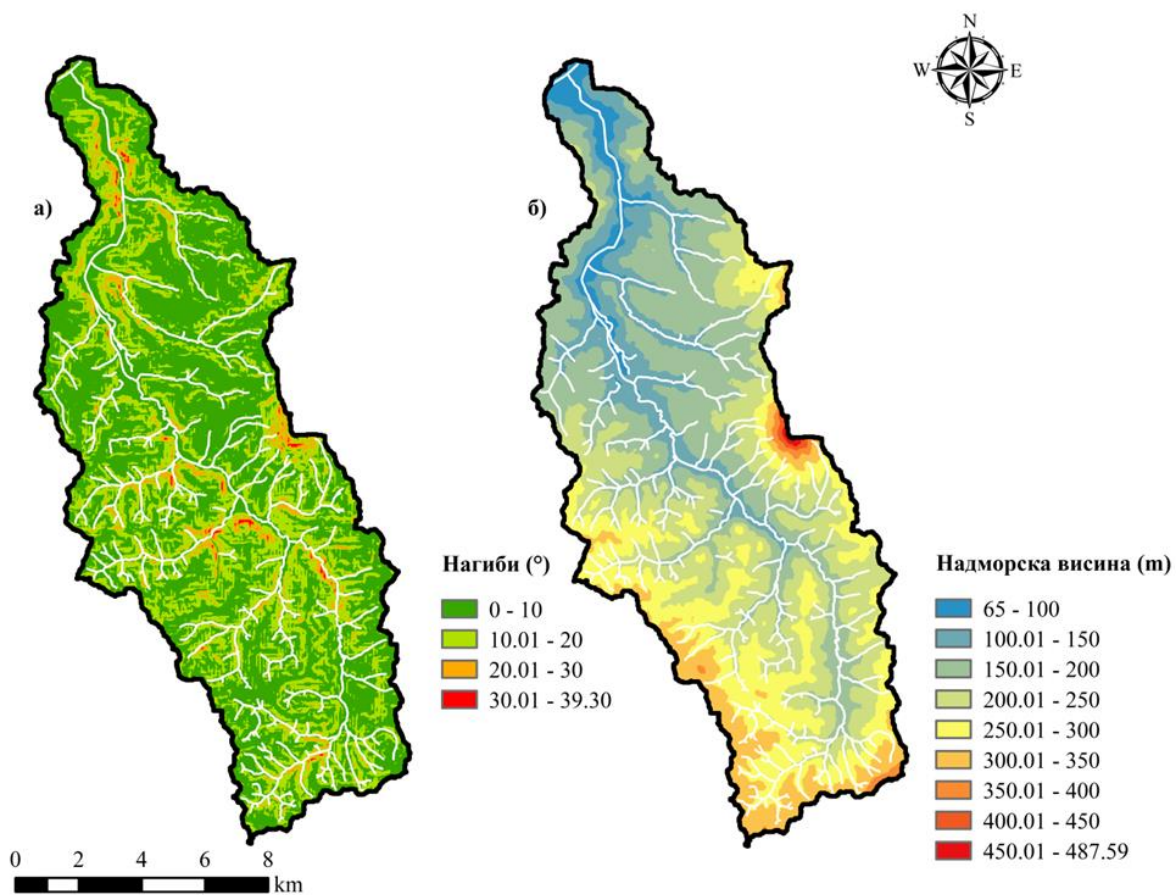
Топчидерска река се налази на административном подручју града Београда, и има највећи слив површине 148 km², развијену хидрографску мрежу и изражен бујични карактер водотока. У горњем делу слива су рурална подручја мале густине насељености, са великим уделом пољопривредних површина, док је доњи део слива потпуно

урбанизован. Еутрични камбисол је најдоминантнији тип земљишта у сливу (61,6%), а деструктивни процеси ерозије углавном се јављају након пренамене шумског земљишта у пољопривредно (Vulević, 2017). Коришћењем базе података CORINE LAND COVER (CLC, 2000) на подручју слива Топчидерске реке регистровано је 14 начина коришћења земљишта (слика 17). Највећу површину заузимају листопадне шуме (23,21%), нецеловита градска подручја (21%) затим следе комплекси култивисаних парцела (17,22%), пољопривредне површине са уделом природног биљног покривача (14,34%) и ненаводњавано обрадиво земљиште (13,62%).



Слика 17. Начин коришћења земљишта у сливу Топчидерске реке (CLC)

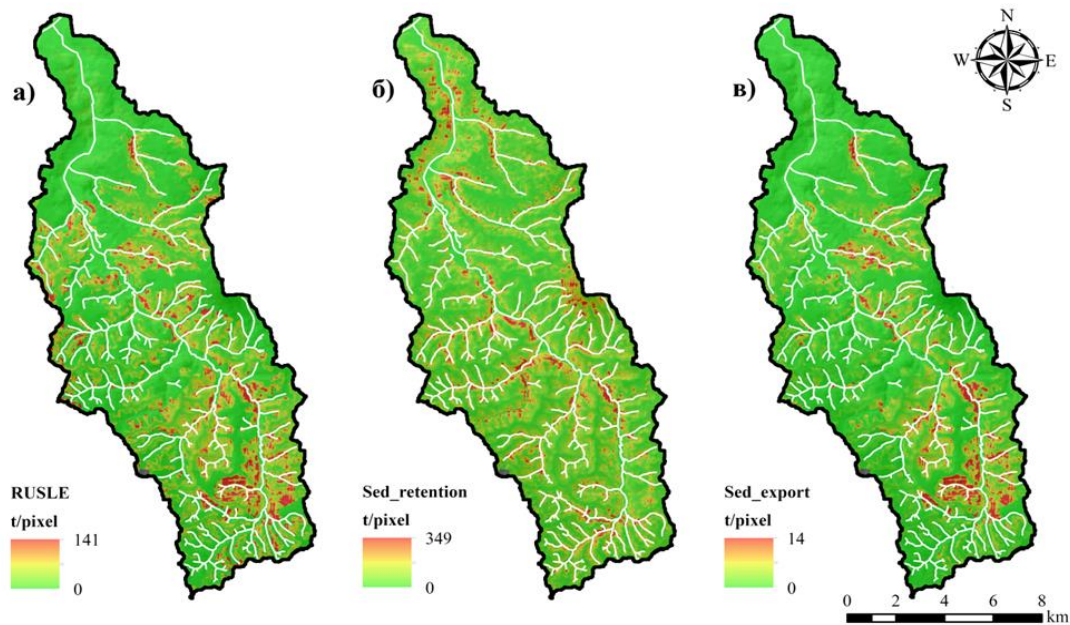
Просечна надморска висина слива Топчидерске реке је 210 m, највиша тачка истраживаног простора је на 488 m, а најнижа на 65 m (слика 18). Средњи нагиб рељефа у сливу износи $\text{sr} = 8,95^\circ$ (слика 18).



Слика 18. Карта нагиба терена (а) и висинска представа слива Топчидерске реке (б)

На слици 19, просторно су приказани резултати InVEST SDR модела за слив Топчидерске реке у t/pixel-u:

- а) губици земљишта према RUSLE;
- б) задржавање наноса – sediment retention;
- в) пронос наноса из слива – sediment export.



Слика 19. Резултати InVEST SDR модела за слив Топчидерске реке

У InVEST SDR моделу, параметри су изражени у тинама по пикселу (t/pixel). Како би се омогућила упоредивост података, јединице су прерачунате у тоне по хектару (t/ha). Просечан годишњи губитак земљишта за слив Топчидерске реке према RUSLE износи 21,87 t/ha. Пренос наноса из слива узима у обзир ублажавајуће ефекте које топографија и начин коришћења земљишта имају на потенцијалну ерозију земљишта и представља нето губитак који доспевају до водотока. Просечан годишњи пренос наноса из слива (sediment export) за слив Топчидерске реке износи 1,86 t/ha. Потенцијал задржавања наноса у сливу се креће између 0 и 5580 t/ha годишње (sediment retention) (Тодосијевић et al, 2022).

Вредност природног покривача земљишта у задржавању наноса је просторно променљив и зависи од топографије, земљишта, климе и начина коришћења земљишта. На подручју слива Топчидерске реке највећи потенцијал задржавања наноса имају површине прекривене пашњацима 83,45 t/ha, које заузимају јако малу површину од укупне површине (1,57%). Потенцијал задржавања наноса шумске вегетације (четинарске, лишћарске и мешовите шуме) износи 74,52 t/ha (шуме заузимају 24,73% од укупне површине слива). Највећи губитци земљишта према RUSLE су са наводњаваних обрадивих земљишта и износе 25,26 t/ha, одакле је и највећи пренос наноса из слива који износи 2,15 t/ha (Тодосијевић et al, 2022). Све ово указује на велики проблем ерозије земљишта што знатно смањује услугу земљишног екосистема.

InVEST SDR модел је потврдио чињеницу о угрожености земљишта процесима ерозије, што је карактеристично за територију Србији, и представља озбиљан проблем под притисцима климатских екстрема. Овакво стање на терену смањује услугу земљишног екосистема и добробит за друштвену заједницу овог краја.

8. Методологије вредновања услуга екосистема

Одрживост природног ресурса и заштита животне средине је примарни задатак наше друштвене заједнице. Да би се сгледали ефекти који се адекватним управљањем могу добити од природе, неопходно их је новчано представити. Развојем методологије, започете су активностима које би водиле ка сагледавању могућности и користи од сложених и комплексних однос у екосистемима.

На основу досадашњих радова и постигнутих резултата дефинисани су кључни кораци у вредновању услуга екосистема:

1. Успоставити основну линију (улогу) животне средине.
2. Идентификовати и обезбедити квалитативну процену потенцијалних утицаја различитих политика на улоге екосистема.
3. Квантификовати утицаје различитих политика на специфичне услуге екосистема.
4. Проценити ефекте на људско добро.
5. Вредновати промене у услугама екосистема.

Методологија вредновања мора бити прилагођена конкретним условима средине и друштва. Суштина је у препознавању услуга екосистема које могу репрезентовати дато подручје и дати највећу корист човеку. На основу детаљне анализе литературе, европских и светских искустава, произилази овај оквирни предлог методологије за наше услове.

Предлажем да се вредновање услуга екосистема у Србији врши кроз неколико фаза:

1. Идентификација подручја где треба спровести евалуацију услуга екосистема.
2. Дефинисање услуга екосистема.

Услуге екосистема су многобројне и захтевају врло опсежна и озбиљна истраживања. Обухватају услуге снабдевања, регулисања, и подршке и културе. Свака од наведених области обухвата дефинисане класе, а у оквиру класе су одређене групе. Могу се формирати листе којима се дају приоритетне улоге одређеним услугама екосистема, у виду контролних листа где се врши чекирањеуслуга по приоритетима (Табела 6).

Табела 6. Контролна листа услуга екосистема

Category	Baseline/ 'Do nothing' policy option 0	Policy option 1	Policy option 2	Policy option 3
Provisioning services				
Food				
Fibre and Fuel				
Genetic resources				
Biochemicals, natural medicines, pharmaceuticals				
Ornamental resources				
Fresh water				
Regulating services				
Air-quality regulation				
Climate regulation				
Water regulation				
Natural hazard regulation				
Pest regulation				
Disease regulation				
Erosion regulation				
Water purification and waste treatment				
Pollination				
Cultural services				
Cultural heritage				
Recreation & tourism				
Aesthetic value				
Supporting Services				
Soil formation				
Primary production				
Nutrient cycling				
Water cycling				
Photosynthesis				

<u>Score</u>	<u>Assessment of effect</u>
++	Potential significant positive effect
+	Potential positive effect
0	Negligible effect
-	Potential negative effect
--	Potential significant negative effect
?	Gaps in evidence

3. Картирање услуга екосистема по приоритетима

Најопсежнија и најбитнија фаза у вредновању услуга екосистема. За лакше манипулисање и преглед користи се GIS методологије.

4. Формирање базе података (евидентирање)

Формирање базе података произилази из предходних активности. Због опсежности посла спроводе се прелиминарне активности које доводе до формирања базе података потребних за валоризацију предложених услуга екосистема.

5. Укључивање свих учесничких група (stakeholder, локална самоуправа, експерти из области заштите животне средине, биолози, економисти, доносиоци одлука, ...)

Сарадња свих учесничких група (локална самоуправа, експерти из области шумарства, заштите животне средине, биолози, економисти, доносиоци одлука, ...) је

веома важна карика у процесу валоризације услуга екосистема. Поуздане информације и размена искустава су од круцијалне важности за правилан процес управљања природним капиталом. Мониторинг је управо најважнији начин да се обезбеди таква сарадња и усаглашеност. Рад је подржан знањем и искуством стручњака из области заштите животне средине, шумарства, економије, биологије и других. Директни корисници услуга (локална самоуправа и становништво) имају значајну улогу у процесу израде и дефинисања услуга екосистема, као и регионалне и државних институција (доносиоци одлука).

6. Развој методологије за економско вредновање услуга екосистема

Развој методологије за економско вредновање (валоризацију) услуга екосистема је у правцу развијања методологија која је прилагођена еколошким, социјалним и политичким условима Републике Србије. Углавном се базирати на методи укупне економске вредности - ТЕВ, анкетама, анализи односа користи – трошак и појединим делове InVest модела (програма).

7. Предлог основних смерница за успостављање механизма економског вредновања услуга екосистема

Развојем методологије за валоризацију услуга екосистема, предлажу се механизми и предузимају одређене акције за могуће новчане накнаде појединих услуга екосистема (земљишних), као и „казне“ услед деградације или неадекватног начина управљања земљиштем.

8. Укључивање у планска документа и законе

Добијене податаке искористи за интегрисање ових вредности у националне политике, планове, буџете и стратегије у релевантним секторима, што би водило ка одрживости целог друштва.

Свест о значају екосистема и услуга које пружају је примарно како би одрживи развој и просперитет друштва били могући. Препознавање услуга екосистема које репрезентују дато подручје је први корак ка реализацији вредновања услуга екосистема, коришћењем тих резултата, стиче се свест о стању екосистема и значају услуга екосистема, а кроз учешће локалне заједнице и владајућег сектора поставља основа за за интегрисање ових вредности у националне политике, планове, буџете и стратегије у релевантним секторима. Разрадом методологије за коју сам дала оквирни предлог, која може бити подложна променама, идентификују се и вреднују услуге екосистема кроз дугорочни процес, који као крајњи резултат даје одрживости целог друштва.

9. Закључак

Услуге екосистема су важан, ако не и најважнији, сегмент у развоју друштва. Чињеница је да се те услуге не могу купити јер их природа обезбеђује бесплатно. Зато је наша обавеза да те услуге „заштитимо“ тако што ћемо их правилно користити. Западни свет је одавно свестан ове чињенице, па су и истраживања ишла у том правцу. Процесом вредновања услуга екосистема побољшао би се и процес управљања природним капиталом и повећао доходак друштвене заједнице.

Различити покретачи животне средине утичу на екосистеме и њихов капацитет да пруже услуге екосистема. Одржавање овога капацитета утиче на квалитет људског живота и друштво у целини. У контексту промена животне средине, еколошка безбедност је важан део људског и друштвеног живота. На пример, клима и промене земљишног покривача утичу на друге екосистеме што може довести до губитка широког спектра услуга екосистема, чиме се поткопава еколошка безбедност људског друштва.

Безбедност животне средине по Миленијумској декларацији се дефинише као „одрживост животне средине за одржавање живота, уз интенцију да се: а) спрече или поправе оштећења животне средине; б) спрече или реагују на еколошке конфликте и ц) заштити животна средина због њене инхерентне моралне вредности“ (МЕА, 2005).

У Србији је неопходно повећати свест о животној средини, о значају природних ресурса и природном капиталу. Разрадом методологије, која би идентификовала и вредновала услуге екосистема, започели би један дуготрајан процес. Овај процес би имао утицај на целу друштвену заједницу и водио ка одрживости, не само природних ресурса, него целог друштва.

Предложена методологија је прилагођена друштвеним и социјалним односима у Србији и у многome може олакшати вредновање услуга екосистема. У исто време је и „скица“ за вредновање услуга екосистема, јер свако подручје има своје специфичности, а свако друштво своје предности и недостатке.

10. Литература:

1. Arany I., Aszalós R., Kuslits B., Tanács E. (2018): Ecosystem services in karst protected areas (Екосистемске услуге у заштићеним крашким подручјима). Интеррег Дунавски транснационални програм, пројекат ECO KARST
2. Aznar-Bellver J. and Estruch-Guitart J.A., (2012): Valoración de activos ambientales. Teoría y Caos. Universitat Politècnica de València, Valencia.
3. Baer, S.G., Birgé, H.E. (2018): Soil ecosystem services: An overview. In Managing Soil Health for Sustainable Agriculture. Fundamentals, Don, R., Ed; Burleigh Dodds Science Publishing: Cambridge, UK, 2018; Volume 1, E.-chapter
4. Bardgett, R.D. (2005): The Biology of Soil: a Community and Ecosystem Approach. Oxford University Press, New York.
5. Bastian O, Syrbe R-U, Rosenberg M, Rahe D, Grunewald K (2013): The five pillar EPPS framework for quantifying, mapping and managing ecosystem services. Ecosystem Services 4: 15-24.
6. Bateman, I., Mace, G., Fezzi, C., Atkinson, G. & Turner, K. (2011): Economic analysis for ecosystem service assessments. Environmental Resource Economics, 48(2): 177–218.
7. Bjedov, I., Ristić, R., Stavretović, N., Stevović, V., Radić, B., Todosijević, M. (2011): Revegetation on ski runs in Serbia, case studies of Stara Planina and Divčibare, Archives of Biological Sciences, Belgrade, vol. 63, 4 (2011).
8. Blignaut J., Esler K.J., de Wit M.P., Le Maitre D., Milton S.J. and Aronson J. (2013): “Establishing the links between economic development and the restoration of natural capital”, Current Opinion in Environmental Sustainability, n° 5, p.94-101.
9. Boyd, J. & Banzhaf, S. (2006): What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. Washington, DC, Resources for the Future
10. Burkhard B (2018) Mapping and assessing ecosystems services in the EU – The ESMEALDA coordination and support action approach of integration. One Ecosystem (in preparation). • Burkhard B, Santos-Martin F, Nedkov S, Maes J (2018) An operational framework for integrated Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES). One Ecosystem 3: e22831. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e22831>
11. Burkhard B (2018): Mapping and assessing ecosystems services in the EU – The ESMEALDA coordination and support action approach of integration. One Ecosystem (in preparation)
12. Burkhard B, Kandziora M, Hou Y, Müller F (2014) Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. Landscape Online 1-32. <https://doi.org/10.3097/lo.201434>
13. Burkhard B, Kroll F, Müller F, Windhors W (2009) Landscapes capacities to provide ecosystem services – a concept for land-cover based assessments. Landscape Online 15: 1-22.
14. Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, Müller F (2012) Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. Ecological Indicators 21: 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>
15. Burkhard B, Maes J (Eds.) (2017) Mapping Ecosystem Services. Pensoft Publishers, Sofia, 374 pp. First published 2017 ISBN 978-954-642-829-5 (Hardback) ISBN 978-954-642-852-3 (Paperback) ISBN 978-954-642-830-1 (e-book)

16. Cerdà A., Doerr S.H., (2005): Influence of vegetation recovery on soil hydrology and erodibility following fire: an 11-year investigation. *Int. J. Wildland Fire* 14, 423–437. <http://dx.doi.org/10.1071/WF05044>.
17. Cerdà A., Lavee H., Romero-Díaz A., Hooke J., Montanarella J. (2010): Preface: soil erosion and degradation in Mediterranean type ecosystems. *Land Degrad. Dev.* 21, 71–74. <http://dx.doi.org/10.1002/>
18. Costanza, R. (2008): Ecosystem services: multiple classification systems are needed. *Biological Conservation*, 141(2): 350–352.
19. De Deyn, G.B., Van der Putten, Wim, H. (2005): Linking aboveground and belowground diversity, *Trends in Ecology & Evolution* 20(11):625-33, doi: 10.1016/j.tree.2005.08.009.
20. De Groot, R.S., Wilson, M. & Boumans, R. (2002): A typology for the description, classification and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3): 393–408.
21. de Vente J., Poesen J., Verstraeten G., Govers G., Vanmaercke M., Van Rompaey A., et al. (2013): Predicting soil erosion and sediment yield at regional scales: where do we stand? *Earth-Sci. Rev.* 127, 16–29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.014>.
22. De Vente, J., Poesen, J. (2005): Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: Scale issues and semi-quantitative models, *Earth-Science Reviews*, 71(1–2), pp. 95–125.
23. ESMERALDA (2015) Description of Action (DoA). Pensoft, Sofia, 178 pp
24. Fisher, B., Turner, K., Zylstra, M., Brouwer, R., De Groot, R., Farber, S., Ferraro, P. et al. (2008): Ecosystem services and economic theory: integration for policy-relevant research. *Ecological Applications*, 18(8): 2050–2067.
25. Gómez-Baggethun E., Ruiz-Pérez M. (2011): Economic valuation and the commodification of ecosystem services, *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, Vol.35, issue5, p.p.613-628, <https://doi.org/10.1177/0309133311421708>
26. Greiner R. and Stanley O. (2013): “More than money for conservation: Exploring social co-benefits from PES schemes”, *Land Use Policy*, n° 31, p.4-10.
27. Grêt-Regamey A, Weibel B, Kienast F, Rabe S, Zulian G (2015): A tiered approach for mapping ecosystem services. *Ecosystem Services* 13: 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.10.008>
28. Haines-Young, R. & Potschin, M. 2011a. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): 2011 update (also available at https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2009/11/CICES_Update_Nov2011.pdf)
29. Koulov B, Borisova B (2018): Ecosystem Services: Concept, Opportunities and Limitations for its Implementation in Bulgaria Scientific Works of USB - Plovdiv. Series B. Natural Sciences and Humanities (in bulgarian) ISSN. Scientific Works of USB - Plovdiv. Series B. Natural Sciences and Humanities. [In Bulgarian]. [ISBN ISSN 1311-9192 (in press)]
30. Lazarević, K., Zlatić, M., Kostadinov, S. (2016): Uticaj socio-demografskih faktora na stanje erozionih procesa u ruralnom delu Opštine Voždovac. *Glasnik Šumarskog fakulteta* br. 114, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, pp. 75-102, doi <https://doi.org/10.2298/GSF1614075L>.
31. Maes J, Teller A, Erhard M, Liqueste C, Braat L, Berry P, Egoh B, Puydarrieux P, Fiorina C, Santos F, Paracchini M, Keune H, Hauck J, Fiala I, Verburg P, Conde S,

- Schagner JP, San Miguel J,OO, Estreguil. C, Barredo J, Pereira H, Stott A, Laporte V, Meiner A, Olah B (2013): Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under. Publications office of the European Union, Luxemburg (57 pp). URL: http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/MAESWorkingPaper2013.pdf
32. MEA. (2005): Ecosystems and human well-being: the assessment series. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). Washington, DC, Island Press.
 33. Michler, J.D., Baylis, K., Arends-Kuenning, M., Mazvimavi, K. (2019): Conservation agriculture and climate resilience. *Journal of Environmental Economics and Management* 93, 148-169.
 34. Milliman, J.D., Farnsworth K.L. (2011): *River Discharge to the Coastal Ocean: A Global Synthesis*, Cambridge University Press, New York, NY).
 35. Nedkov S, Borisova B, Koulov B, Zhiyanski M, Bratanova-Doncheva S, Nikolova M, Kroumova J (2018): Towards integrated mapping and assessment of ecosystems and their services in Bulgaria: The Central Balkan case study. *One Ecosystem* 3: e25428. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e25428>
 36. NZIER – New Zealand Institute of Economic Research (2018): Report - What’s the use of non-use values?
 37. Odum, E.P. (1971): *Fundamentals of ecology*. New York, USA, Saunders.
 38. Panagos P., Imeson A., Meusburger K., Borrelli P., Poesen J., Alewell C. (2016): Soil conservation in Europe: wish or reality. *Land Degrad. Dev.* <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.2538>.
 39. Pereira, P., Bogunović, I., Muñoz-Rojas, M., Brevik E. (2018): Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management, *Current Opinion in Environmental Science & Health Volume 5*, October 2018, pp. 7-13.
 40. Perović V., Kadović R., Djurdjević V., Braunović S., Čakmak D., Mitrović M., Pavlović P. (2019): Effects of changes in climate and land use on soil erosion: a case study of the Vranjska Valley, Serbia, *Regional Environmental Change* ISSN 1436-3798 DOI 10.1007/s10113-018-1456-x, vol 13, 2019
 41. Schröter M, Albert C, Marques A, Tobon W, Lavorel S, Maes J, Brown C, Klotz S, Bonn A (2016): National Ecosystem Assessments in Europe: A Review. *BioScience* 66 (10):813-828. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw10>
 42. Sharpley, A.N., Kleinman, P.J.A., McDowell, R.W., Gitau, M., Bryant R.B. (2002): Modeling phosphorus transport in agricultural watersheds: Processes and possibilities, *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(6), pp. 425–39.
 43. Sieber I, Bicking S, Adem Esmail B, Arnell A, Brown C, Santos F, Nedkov S, Stoev P, Geneletti D, Maes J, Kopperoinen L, Potschin-Young MaB (2017): ESMEALDA Midterm project Meeting and Workshop VI on Flexible methods for mapping and assessing ecosystem services. ESMEALDA Project, Grant Agreement 642007
 44. Sorina-Mihaela Bogdana, Ileana Pătru-Stupariu, Liliana Zaharia (2016): The assessment of regulatory ecosystem services: the case of the sediment retention service in a mountain landscape in the Southern Romanian Carpathians, *Procedia Environmental Sciences* 32 (2016) 12 – 27
 45. Spangenberg J.H., Settele J. (2010): Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services/ *Ecological Complexity* 7 (2010) 327–337

46. TEEB, (2010): *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.*
47. TEEB. 2009: *Integrating ecosystem and biodiversity values into policy assessment.* In: *The economics of ecosystems and biodiversity: TEEB for national and international policy makers*, Chapter 4. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)* (also available at www.teebweb.org/wp-content/uploads/2013/04/TEEB-for-POLICYMAKERS-Chapter-4.pdf).
48. TEEB. 2010a: *The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations.* *The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB).* London, Earthscan.
49. Todosijević M, Lazarević K, Momirović N (2022): *Vrednovanje usluga ekosistema primenom InVEST modela, Procena degradacije zemljišta – metode i modeli*, str. 304-327, urednika dr Snežane Belanović Simić, red.prof. Univerziteta u Beogradu, Šumarskog fakulteta, ISBN 978-86-7299-345-5, [COBISS.SR-ID 66148617]
50. Trifunović, Orlović S., (2016): *Šumski genetički resursi kao izvor ekosistemskih usluga*
51. Turner W.R., Oppenheimer M., Wilcove D.S. (2009): *A force to fight global warming*, *Nature*, 428: 278-279
52. UK, NEA (2011): *The UK National Ecosystem Assessment: Synthesis of the Key Findings.* UNEP-WCMC, Cambridge
53. Wall, D.H., Bardgett, R.D., Covich, A.P., Snelgrove, P.V.R. (2004): *The need for understanding how biodiversity and ecosystem functioning affect ecosystem services in soils and sediments.* In: Wall, D.H. (Ed.), *Sustaining Biodiversity and Ecosystem Services in Soils and Sediments.* Island Press, Washington D.C., pp. 1e14.
54. Wall, D.H., Nielsen, U.N., Six, J. (2015): *Soil biodiversity and human health.* *Nature* 528, 69e76.ity. *Trends Ecol. Evol.* 20, 625e633
55. Wolff S, Schulp CJE, Verburg PH (2015): *Mapping ecosystem services demand: a review of current research and future perspectives.* *Ecological Indicators* 55: 159-171.
56. Zlatić M, Todosijević M. (2022): *Ekonomika zaštite zemljišnih i vodnih resursa*, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, 280 strana, ISBN 978-86-7299-341-7, CIP 332.1(075.8)502.171:556]:33(075.8), COBISS.SR-58003465