

Поглавље 10

Вредновање услуга земљишних екосистема применом InVEST модела

Аутори:

др Мирјана
Тодосијевић¹

Катарина Лазаревић¹,
маст.инж.шум.

Наталија Момировић²,
маст.инж.шум

Садржај

- 9.1. Услуге екосистема
- 9.2. Земљишни ресурс као извор услуга екосистема
- 9.3. Процена земљишних услуга екосистема - InVEST модел
- 9.4. Економска процена услуга екосистема (TEV, C/A)
- 9.5. Примена InVEST SDR модела у сливу Топчидерске реке
- 9.6. Закључна разматрања
- 9.7. Литература

Abstract

Soil ecosystem provides many services important for people's wellbeing and it is the foundation of basic ecosystem functions. Soil plays a critical role in mitigating the effects of climate change, increasing farm productivity and food security. Therefore, a healthy environment and soil health are the necessity of sustainability and prosperity of society. Land degradation leads to very severe damages on the Earth. Soil erosion is one of the most destructive land degradation processes also concerning ecosystem services. Soil provides some of the following ecosystem services: soil acts as a water filter and a growing medium; provides habitat for billions of organisms, contributing to biodiversity; regulates the quantity of eroded sediment reaching the stream network, maintaining soil and water quality and reservoir functions. To better preserve ecosystems in line with economic development, the Natural Capital Project (Stanford University) is developing models that quantify and map the values of environmental services. InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) is a group of models used to map and value the goods and services from nature. It helps explore how changes in ecosystems can lead to changes in the flows of many different benefits to people. In order to map overland sediment generation and delivery to the stream, the InVEST Sediment Delivery Ratio (SDR) model was used in the Topciderska River basin (Belgrade, Serbia). This is of particular interest for reservoir management and instream water quality, both of which may be economically valued. Assessment of soil ecosystem services is

¹ Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд

² Институт за шумарство, Београд, Кнеза Вишеслава 3, 11030 Београд

valued using the Cost/Benefit analysis, as well as Total Economic Value (TEV) which has direct and indirect impacts on humankind. Evaluating ecosystem services in monetary terms is very complex, but also a useful tool in the decision-making system. Due to its specificity and complexity, evaluation should be based on criteria of potential ecosystem efficiency, and not on value calculations. Thus, the services that soil provides to mankind are defined through the services of supply, regulation, cultural services, ancillary services, health, safety, energy security... This, combined with socio-economic and law and policy analysis gives a full set of information to decision-makers helping them to successfully manage and deliver sustainable ecosystems.

Keywords: ecosystem services, soil, InVEST, valuation, sustainable management

1. Услуге екосистема

Човек је својим деловањем вршио и врши негативан утицај на животну средину. Последице тог негативног утицаја огледају се у смањењу биолошке разноврсности, променама у хидролошком циклусу, променама у квалитету и количини плодног земљишта и климатским променама. То је резултирало истрошењем екосистема и више него што је њихов расположиви потенцијал и носиви капацитет. Ако овај тренд настави са развојем, који прати и демографска експанзија, сигурно је да ће цивилизација бити у великој опасности од нестанка (Zlatic, et al. 2008).

Миленијумска процена екосистема (Millennium Ecosystem Assessment – MEA) показује да је у последњих 50 година степен промене природе и у њој садржаних ресурса већи него у било ком периоду развоја људског друштва (MEA, 2005; MEA, 2003). Услуге, које екосистеми пружају човечанству су се смањиле за више од 30% (MEA, 2005). Притисци на животну средину су се појачали посебно од 2007. године када је више људи живело у урбаним него у руралним подручјима (UNEP/IUCN, 2007). Подстицај развоју биогорива резултирао је масовним порастом промене у начину коришћења земљишта и нагли раст цена неких основних прехранбених усева. Високе стопе економског раста у неким од великих економија у развоју довели су до тога да је потражња надмашила понуду робе, вршећи још већи притисак на природне системе. Новији докази о климатским променама, које имају утицај на све појаве у природи самим тим и на све сфере живота људи (Zlatic, et al., 2017), указују на много бржи и дубљи утицај него што је раније било предвиђено, укључујући ризик од људских сукоба изазваних конкуренцијом за ресурсе и услуге екосистема (WBGU, 2008).

Концепт услуга екосистема је успостављен Миленијумском проценом екосистема од 1999. године који се заснива на процени промена које би екосистеми имали на добробит људи (MEA, 2005). Према томе, услуге екосистема су 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 које испуњавају живот и очување (Табела 1) (CICES, 2017).

Табела 1. Екосистемске услуге (модификована верзија сл.1.1. Том 1 МЕА, 2005)

Помоћне услуге <ul style="list-style-type: none"> • Кружење нутријената • Формирање земљишта • Расипање семена • Примарна производња 	Услуге снабдевања <ul style="list-style-type: none"> • Храна • Гориво • Дрвна грађа • Лекови 	⇒	Здравље <ul style="list-style-type: none"> • Сузбијање болести • Унос протеина • Квалитет воде • Квалитет ваздуха
	Услуге регулисања <ul style="list-style-type: none"> • Заштита земљишта • Пречишћавање воде • Регулација климе • Опрашивање 		Безбедност <ul style="list-style-type: none"> • Спречавање клизишта • Ублажавање цунамија • Заштита од поплава
		Културне услуге <ul style="list-style-type: none"> • Рекреација • Традиционално знање • Духовно благостање • Образовање 	⇒

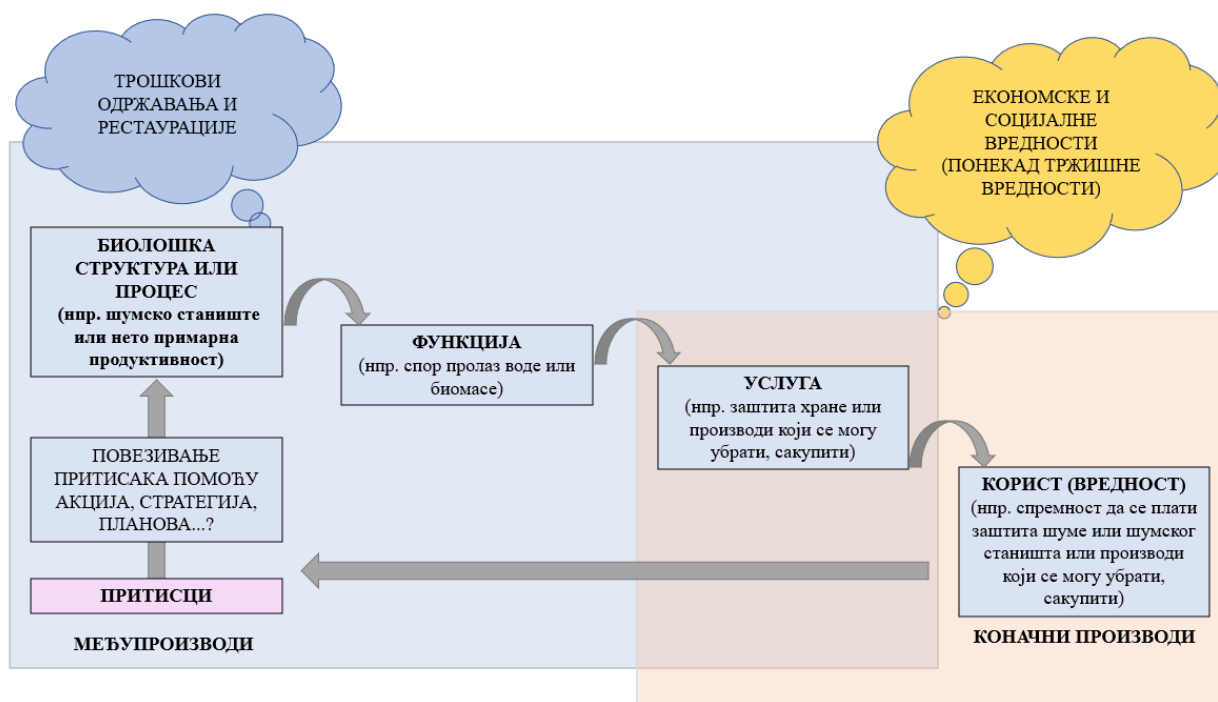
Екосистеми омогућавају живот одржавајући свеукупну равнотежу у природи. Уколико се правилно газдује, екосистеми пружају многоструке користи људима. Ове користи су широког опсега - од обезбеђивања основних добара, као што су храна, вода и гориво, до духовних користи, као што су естетски леви предели у којима сви уживају. Нарушавањем стабилности екосистема долази до деградације и промена природних услова и процеса на Земљи, што доводи до повећаног броја и интензитета природних катастрофа које наносе огромне штете, па је све израженија потреба за осигурањем у случају природних катастрофа (Zlatić, et al., 2016).

Као одговор на све већи број друштвених изазова као што су климатске промене, ризик од природних непогода, социјалног и економског развоја, успостављена је стратегија интегрисаног управљања земљиштем, водом и животним ресурсима позната као екосистемски приступ (CBD, 2004). То је стратегија која промовише очување и одрживо коришћење на адекватан начин и тежи одржању природне структуре и функционисања

екосистема (Конвенција о биолошкој разноврсности - UN Convention on Biological Diversity, CBD).

Везе између природе и економије се описују помоћу концепта - услуге екосистема или токова вредности за људско друштво као резултат стања и количине природног капитала. Одржавање залиха природног капитала омогућава континуирано и квалитетно пружање услуга екосистема. Са економске тачке гледишта, токови услуга екосистема могу се посматрати као „део добити“ коју друштво, а нарочито локална заједница, добија од природног капитала. Тако на пример, шумске екосистемске услуге и производи могу обезбедити сигурност локалним заједницама када климатска варијабилност (дуги периоди суше и неједнака расподела укупне количине падавина током вегетационог периода) изазове смањење/пропаст шумских и пољопривредних култура (Paavola, 2008; Fisher et al., 2010; Nikolić Jokanović et al., 2020).

Основна премиса студије ”The Economics of Ecosystems and Biodiversity – TEEB” (ТЕЕВ, 2010) је да се тренутна процена вредности природних ресурса и услуга екосистема може спровести на мање или више експлицитних начина (Слика 1).



Слика 1. Веза између биодиверзитета и резултата екосистемских услуга

(Извор: Прилагођено од Roy Haines-Young, presented by J-L Weber, the Global Loss of Biological Diversity, 5-6 March 2008, Brussels)

Пројекти заштите земљишних и водних ресурса су дуготрајни инвестициони пројекти. Да би овакви пројекти били успешно реализовани, потребно је управљати истима одржавајући баланс између времена реализације пројекта, трошкова и квалитета радова (Lazarević, et al., 2017).

Многе земље су успеле да услуге екосистема идентификују и препознају као веома важан сегмент у просперитету друштва. Један од најпознатијих пројеката који промовише картирање услуга екосистема у циљу доношења регулатива и одлука је *ESMERALDA* (*Enhancing ecoSystem sERvices mApping for poLicy and Decision mAKing*) пројекат. Пројекат је окупио тим водећих истраживача и стручњака из наука о примени услуга екосистема уз акције координације и подршке. Основни задатак Пројекта је успостављање програма истраживања и иновација, процена економске вредности таквих услуга и промовисање њихових интеграцијских вредности у рачуноводствене системе и системе извештавања на нивоу ЕУ и на националном нивоу до 2020. године. *ESMERALDA* развија флексибилни приступ картирању који интегрише биофизичке, социо-културне и економске методе и технике процене (<http://www.esmeralda-project.eu>).

2. Земљишни ресурс као извор услуга екосистема

Земљиште представља спону између ваздуха, воде, стена и организама и одговорно је за многе функције у природном свету које називамо услугама екосистема. Услуге екосистема које пружа земљиште укључују: регулацију атмосфере и климе (кроз секвестрацију угљеника у земљишту), пољопривредну производњу, прераду отпада, разградњу, очување и извор дугорочних споро ослобађајућих хранљивих материја, пречишћавање воде, побољшање квалитета и складиштење воде, контролу ерозије, ублажавање утицаја екстремних временских прилика (поплаве), медицинске ресурсе, контролу штеточина и ублажавање болести (Wall et al., 2004; Bardgett, 2005; de Deyn & Van Der Putten, 2005; Wall et al., 2015).

Користи које човек добија од земљишта су директно или индиректно повезане са чистим ваздухом и водом и производњом хране а кључне су за ублажавање сиромаштва и климатских промена. Сигуран проток екосистемских услуга има потенцијал за смањење друштвене осетљивости на климатске промене и варијабилност (Turner, et al., 2009). То је један од најважнијих изазова за наше друштво. Тип, количина или квалитет екосистемских услуга земљишта зависи од специфичних карактеристика животне средине које ће одредити својства и функције земљишта. Вредновање услуга земљишта зависи од природних карактеристика и начина управљања (Pereira et.al, 2018). Неодрживе праксе подстичу деградацију земљишта, док одрживе праксе попут конзервационе пољопривреде и адекватног начина коришћења земљишта (контурна обрада земљишта, контурна садња култура, примена противерозионих плодоредова...) у будућности могу да имају позитиван утицај на микробиолошку активност и плодност земљишта, као и на принос засађених култура (Lazarević, et al., 2016; Michler, et al., 2019).

Деградацијом земљишта услед неадекватне пољопривреде и урбанизације уноси се 46 милијарди тона наноса у океане годишње (Milliman & Farnsworth, 2011). Уклањање вегетације и физички поремећаји на земљишту интензивирају ове процесе. Поједине владе због таквог стања, стварају подстицајне програме који подржавају власнике земљишта који штите услуге екосистема тако што надокнађују изгубљене приходе (МЕА, 2005). Исплате су посебно вредне када се земљиште не може купити и одвојити за конзервацију, или где се не могу успоставити заштићена подручја.

Велики напори се улажу приликом дефинисања осетљивости земљишта на процесе деградације у циљу благовременог и превентивног деловања. Тако је MEDALUS модел у процени осетљивости земљишног простора на подручју Србије примењен на више локалита (Делиблатска пешчара, Чукарица, западна Србија) (Kadović, et al., 2016; Momirović, et al., 2019; Perović, et al., 2021).

Треба напоменути да тренутне стопе ерозије повезане са индустријском пољопривредом далеко премашују процесе педогенезе, а одржива пољопривредна пракса мало је помогла да се побољша неусклађеност између образовања и губитка земљишта (Montgomery, 2007). Ерозија земљишта има велике последице по друштво, економију и животну средину (Petrović, et al., 2020). Главни узрок процеса деградације животне средине је ерозија земљишта којој погодују неповољне природне карактеристике углавном планинских подручја, али и неодговарајући начин коришћења земљишта, посебно на нагнутим теренима (Vulević et al., 2018). Штете од ерозије земљишта могу се сагледати са неколико различитих аспеката - таложeње наноса у акумулацијама и у водотоцима (аспект управљања водама); смањење плодности земљишта одношењем површинског слоја земљишта као и таложeњем наноса на обрадивим површинама (пољопривредни аспект); оштећења путева, индустријских зграда, људских насеља итд. (економски аспект), хемијско и механичко загађење водотокова и акумулација (еколошки аспект) (Braunović, et al., 2018).

Механизми који покрећу земљиште разликују се 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 таложeња наноса и отицаја (Baer & Birgé, 2018). Због тога је брзо успостављање вегетационог покривача веома пожељно (Bjedov, et al., 2011).

Генерално, земљиште је природни капитал који је занемарен, деградиран, а мониторинг је једва присутан. Управљање земљиштем ради смањења процеса ерозије неопходно је за одржавање услуга екосистема. Да би се ускладило очување екосистема са економским капацитетима, у свету се примењују различити модели одрживог управљања

земљиштем. Одрживо управљање земљишним простором подразумева систем технологија и/или планирање интеграције еколошких са социо-економским и политичким принципима који су усмерени на адекватне активности у спречавању ерозионе деструкције земљишта, пре свега адекватним начином обраде уз одговарајуће приносе и економске ефекте такве производње (Rončević, et al., 2019). Едафски фактори, климатски фактори и избор адекватних материјала (нпр. избор адекватних врста за пошумљавање деградираних подручја) (Jokanović, et al., 2019) су основни фактори који утичу на примену одређених модела при планирању и остварењу концепта одрживог управљања земљишним ресурсом.

3. Процена земљишних услуга екосистема - InVEST модел

Да би очување екосистема било боље усклађено са економским развојем, Natural Capital Project (Stanford University) развија моделе који квантификују и картирају вредности еколошких услуга. Интегрисано вредновање услуга животне средине и компромиси или InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoff) је просторно експлицитно интегрисана алатка за моделирање. 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. Развијен је као део Пројекта Природног капитала (www.naturalcapitalproject.org), а настао је у партнерству између Универзитета у Станфорду и Минесоти у циљу заштите природе, утицаја промене начина коришћења земљишта на услуге екосистема. Основни задатак је усклађивање привредних снага са конзервацијом земљишта.

InVEST модел користи карте и табеларне податке о коришћењу земљишта, управљању земљишним ресурсима у функцији заштите животне средине који се комбинују са економским подацима (Daily, et al. 2009; Nelson, et al. 2009). InVEST је моћан алат за истовремено квантификовање и вредновање услуга екосистема, што је од велике важности за доносиоце одлука.

InVEST модел користи једноставан оквир који одређује „снабдевање, услуге и вредности“. „Снабдевање“ су користи које су потенцијално доступне од екосистема. „Услуге“ укључују потражњу која се базира на информацијама о корисницима те услуге. „Вредности“ укључују социјалну преференцију и омогућавају израчунавање економских и друштвених метрика (избегнуте штете од ерозије и поплава, број погођених људи и сл.).

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. Моделу 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 подржавају остале услуге екосистема, али не пружају директно користи људима. 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 налазе се следећи модели:

Екосистемске услуге подршке (Supporting Ecosystem Services):

1. Habitat Risk Assessment
2. Habitat Quality
3. Pollinator Abundance: Crop Pollination

Коначне екосистемске услуге (Final Ecosystem Services):

4. Forest Carbon Edge Effect
5. Carbon Storage and Sequestration
6. Coastal Blue Carbon
7. Annual Water Yield
8. Nutrient Delivery Ratio
9. Sediment Delivery Ratio
10. Unobstructed Views: Scenic Quality Provision
11. Visitation: Recreation and Tourism
12. Wave Energy Production
13. Offshore Wind Energy Production
14. Marine Finfish Aquacultural Production
15. Fisheries
16. Crop Production
17. Seasonal Water Yield

Алати за олакшавање анализа услуга екосистема (Tools to Facilitate Ecosystem Service Analyses):

18. Overlap Analysis
19. Coastal Vulnerability
20. InVEST GLOBIO

Алати за подршку (Supporting tools):

21. RouteDEM
22. DelineateIT
23. Scenario Generator
24. Scenario Generator: Proximity Based

Сваки од наведених модела за анализу користи посебну базу података.

Процена земљишних услуга екосистема је базирана на процени губитака земљишта услед ерозионих процеса и користи које земљиште може пружити човеку кроз пољопривреду, рекреацију, изградњу и сл.

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 (вредност коју особа приписује економском добру на основу користи које из тога произлазе што се може приказати описно или новчано).

SDR (Коефицијент ретенције наноса) је удео бруто ерозије земљишта који се транспортује у реке из датог слива у одређеном временском интервалу (Lu, et al., 2006). Коефицијент ретенције наноса (SDR) повезује еродирани и транспортовани нанос са падина 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. По Borselli-ју 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 C и P фактора, и калибрациони фактори (SDR_{max} , IC_0 , k) (<http://releases.naturalcapitalproject.org/>). Након обраде

улазних података, модел даје следеће резултате: потенцијалне губитке земљишта према USLE без фактора C и P, 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).

4. Економска процена услуга екосистема

Човек зависи од природе, природних ресурса и користи које она може пружити. Сама та чињеница се често занемарује у разним регулативама, директивама и акцијама, док губици у природном капиталу имају директне економске последице које се потцењују. Економски аспект, који није занемарљив, и даље представља велики изазов за истраживаче. На нивоу шумских управа у Србији јавља се велики проблем у начину вредновања, заштити и хармонизацији наплате екосистемских услуга (Trudić, et al., 2015), а да се притом одрже шумски генетички ресурси и заштићена природна добра. Николић Јокановић и сар. (2020) предлажу дефинисање најугроженијих подручја (одељења) у циљу заштите шумских екосистема и правилног газдовања шумама.

Вредновање услуга екосистема у монетарном смислу може бити веома сложено и контроверзно, али у исто време корисно средство у систему доношења одлука (Arany et al., 2018). Просечна годишња вредност производа и услуга екосистема у свету се процењује на око 33 трилиона америчких долара (Costanza et al., 1997). Ради поређења, 1997. године БДП САД-а је био 8,5 трилиона долара, а 2019. године 21,4 трилиона (<https://data.worldbank.org/>).

Након појаве првих публикација које су скренуле пажњу на потенцијал доделе монетарних вредности екосистемским услугама (Daily, 1997; Costanza, et al., 1997), данас је изражен интерес за квантификовање (валоризацију) утицаја промена екосистема на благостање човечанства.

Вредновање и економска анализа пружају доносиоцима одлука информације на који начин се може уравнотежити однос између коришћења и заштите природних ресурса и економског раста (Daily, et al., 2009; ТЕЕВ, 2010). Посебно треба бити обазрив у процени јер је вредновање услуга подложно “необјективном” одлучивању.

Spangenberg и Settele (2010), сматрају да би процену (вредновање) требали заснивати на критеријумима потенцијалне ефикасности екосистема, а не на прорачунима вредности. 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.

Плаћање за услуге екосистема (Payments for Ecosystem Services – PES) дешава се када корисници услуга екосистема плате добављачима те услуге (Слика 2). Основна идеја је да онај ко пружа услугу за то треба да буде плаћен (Smith et al., 2013; Fripp, 2014).



Слика 2. Концепт PES-а на примеру слива

(Извор: Прилагођено од Smith et al., 2013)

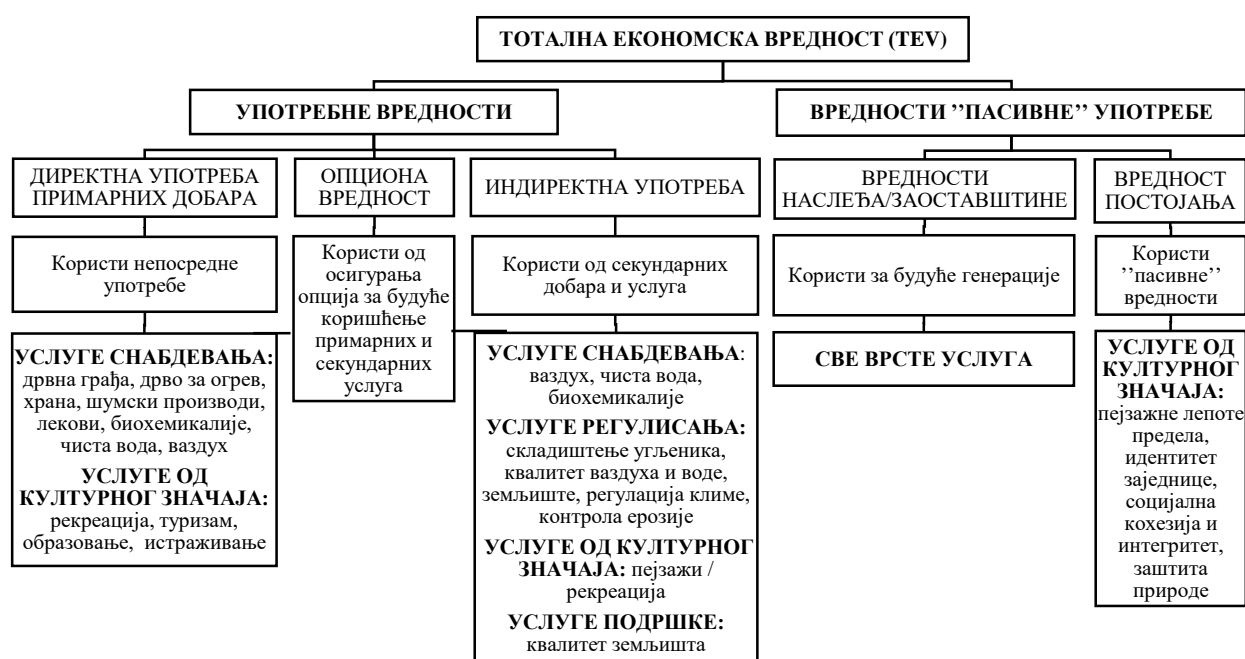
Плаћања за услуге екосистема треба заснивати на нивоу подстицаја који мења понашање, а не на прорачунима вредности, јер упозорава на занемаривање економских утицаја у промени животне средине (Spangenberg & Settele, 2016). „Откривамо да је недостатак процене основни узрок деградације екосистема и губитка биодиверзитета“, наводи Ravan Sukhdev, координатор извештаја ТЕЕВ-а. „Као и многи други економисти, уверен је да добра процена може донети свеобухватан и уверљив економски случај за заштиту“ (Европска комисија, 2008., стр. 4). Вредност више није метафора, већ је претворена у економску цифру, упоредо са осталим калкулацијама вредности, цена и трошкова.

Norgaard (2009) упозорава да корак од вредности као метафоре до економске цене као кључне методе вредновања доводи до занемаривања других начина разумевања

екосистема развијених у науци о екосистемима, и на тај начин прикрива тренутно и потенцијално будуће знање (Spangenberg & Settele, 2010).

Не постоји јединствена техника економске процене која се може применити на све услуге екосистема, јер се методе разликују у зависности од карактеристика услуга екосистема, као и расположивих података (DEFRA, 2007; ТЕЕВ, 2010). Због тога је најчешће коришћена метода за вредновање услуга екосистема Укупна економска вредност (TEV – Total Economic values) и анализа користи и трошкова (Loomis et al., 2000; Greenhalgh et al., 2017).

Економисти, кроз TEV, вреднују услуге екосистема као употребне вредности или вредности „пасивне употребе“ (некоришћење) (Шема 1).



Шема 1. Тотална економска вредност и екосистемске услуге

(Извор: Прилагођено од NZIER, 2018)

Употребна вредност се дефинише као вредност која потиче од стварне употребе добара или услуга, попут лова, риболова, посматрања птица или пешачења. Употребне вредности укључују директну употребу природних добара (вода, храна...), индиректну употребу и опционе вредности (услуге снабдевања, регулисања, подршке и услуге од културног значаја).

Опциона вредност је вредност која људима даје могућност да уживају у нечему (да користе добра или услуге) у будућности, иако то можда тренутно не користе. Слично томе, вредност наслеђа/заоставштине је вредност која оставља будућим генерацијама као могућност коришћења добара или услуга. Дакле, вредност наслеђа/заоставштине мери се спремношћу људи да плате за очување природног окружења за будуће генерације.

Вредности „пасивне употребе“ су вредности које нису повезане са стварном употребом или чак опцијом коришћења добра или услуге. Вредност постојања је неискоришћена вредност коју људи приписују неком добру, знајући да нешто постоји, чак 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 од такве услуге користе у будућности. Супротно томе, 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).

Јасно је да појединац може имати више користи од истог екосистема. Дакле, укупна економска вредност (TEV) је збир свих релевантних употребних и некоришћених вредности за добро или услугу.

Најчешћа употреба вредности екосистема за доношење одлука је у анализи користи и трошкова. Анализа користи и трошкова упоређује користи и трошкове за друштво, користећи програме или акције за заштиту или обнављање екосистема. Анализа користи и трошкова мери нето добитак или губитак друштва од регулатива, директива или акција. Циљ анализе користи и трошкова је утврдити шта пружа највеће нето економске користи и да ли ће друштву у целини бити боље ако се спроведу одређени закони, директиве или акције. То захтева набрајање и процену свих мерљивих користи и трошкова и њихово упоређивање. На овај начин, појединачна регулатива или акција могу се оценити како би се утврдило да ли пружа нето економске користи друштву. Алтернативно, неколико регулатива или програма може се упоредити како би се утврдило шта пружа највеће нето економске користи. Анализа користи и трошкова само је један од многих могућих начина за јавно доношење одлука о природном окружењу. Будући да се фокусира само на економске користи и трошкове, ова анализа одређује економски ефикасну опцију. Ово може или не мора бити исто што и социјално најприхватљивија опција или еколошки најповољнија опција. Економске вредности се заснивају на преференцијама људи, које се можда не подудару са оним што је еколошки најбоље за одређени екосистем. Међутим, јавне одлуке морају узети у обзир јавне преференције, а анализа користи и трошкова заснована на процени екосистема је један од начина да се то учини.

За монетарно вредновање услуга екосистема посебно је важна примена адекватних дисконтних стопа на приходе и трошкове настале у будућности из два разлога. Људи углавном више воле да примају бенефите раније него касније, а трошкове да плаћају касније. Новац који је сада доступан може се уложити и остварити зарада и због тога он вреди више него новац би иначе добили у будућности. За одлуке у вези са природним

ресурсима, одговарајућа дисконтна стопа је стопа која одражава преференције друштва за расподелу употребе природних ресурса током времена. Међутим, одређивање социјалне дисконтне стопе је контроверзно, а избор дисконтне стопе може имати велики утицај на резултате анализе користи и трошкова. Већа дисконтна стопа даје већу тежину садашњости у односу на будућност, а самим тим и користи за садашњу генерацију добијају већу тежину од користи за будуће генерације. Многи су се залагали за социјалну дисконтну стопу за еколошке пројекте која је нижа од тржишне, како би се оставило више могућности за будуће генерације. У многим случајевима дисконтна стопа је одређена савезним прописима. Тако, америчко Министарство унутрашњих послова поставља дисконтну стопу за федерално планирање воде и сродних земљишних ресурса, на основу просечног приноса каматних тржишних хартија од вредности у Сједињеним Америчким Државама.

Након МЕА 2005, иницијатива о Економији екосистема и биодиверзитета (ТЕЕВ) покренута је 2007. године. Усредсређена је на економску процену (Слика 3) и има за циљ да помогне доносиоцима одлука да препознају економске користи биодиверзитета и растуће трошкове деградације екосистема (ТЕЕВ, 2010).



Слика 3. Вредновање услуга екосистема

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

Мере усмерене на очување или обнављање екосистема, владе и предузећа често виде као прогнозу или предвиђања нето трошкова, јер се заснивају на непотпуним и често погрешним анализама користи и трошкова (de Groot, et al., 2013).

У класичној економији, вредност сваког добра (услуге) дефинише се као његова цена. Међутим, „вредност“ може да обухвати много више од економске вредности. Може се проширити на еколошке, инхерентне, оставинске, естетске, духовне, здравствене вредности и друге (Gómez-Baggethun, et al., 2014).

Екосистемским услугама се не тргује на тржишту. Због тога се морају проценити на други начин како би се могле поредити са другим вредностима у монетарном смислу. Методе које су креиране за процену нетржишних вредности су: методе директне тржишне вредности, методе откривених преференција и методе исказаних преференција. Разликују се у извору информација које су коришћене како би се одредио обим промене благостања које су појединци доживели или промене у добити које су предузећа остварила (Mullan, 2014).

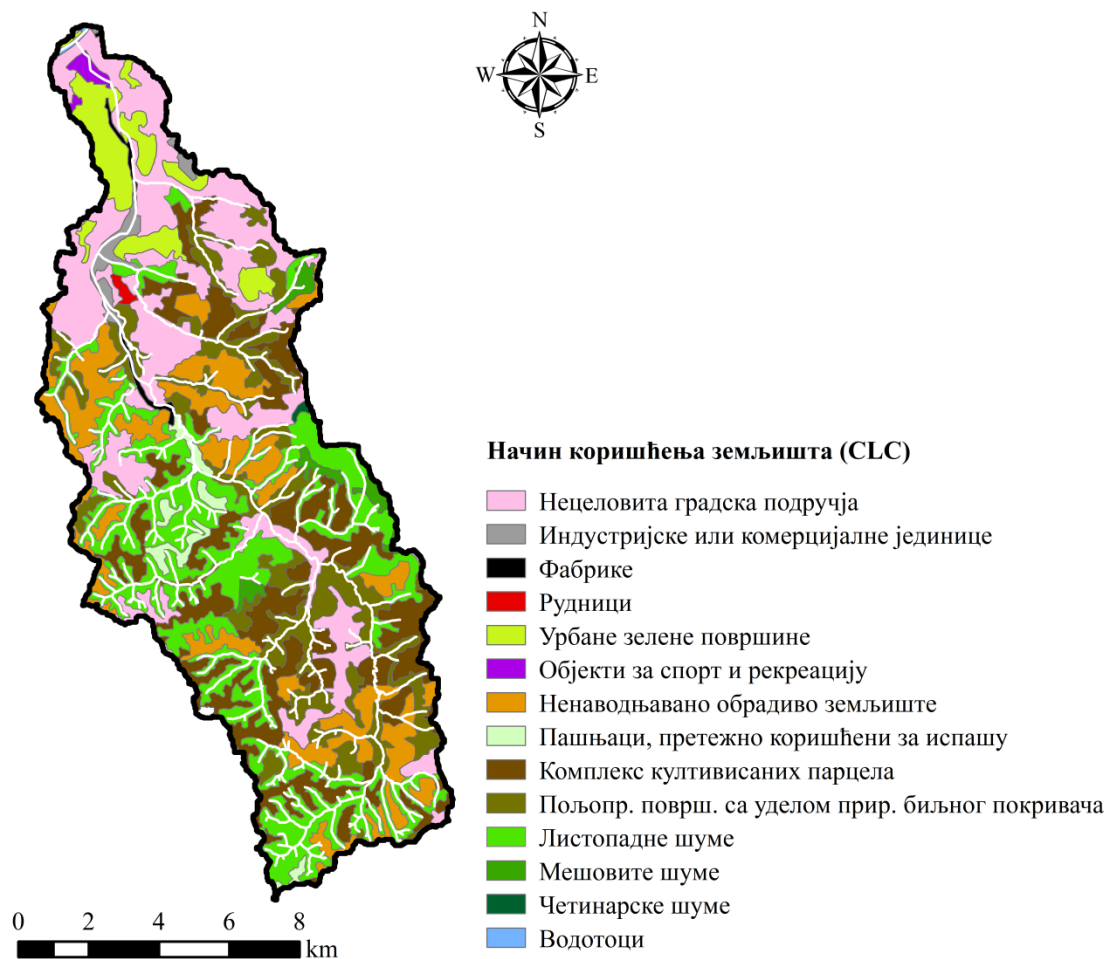
Економски инструменти могу бити корисни у заштити екосистема и услуга које пружају, али економска анализа, као и економска процена кроз анализу користи и трошкова, није адекватан метод за одређивање циљева или приоритета политике очувања (Spangenberg & Settele, 2010). Екосистеми дају еколошке функције које заузврат пружају разне врсте добробити које су лако разумљиве јавности и доносиоцима одлука. Заштита истих може бити политичка одлука, којој не треба економско оправдање вредновањем услуга. Али чињеница је да уколико постоји новчани приказ проблема тај проблем може „лакше“ да се реши.

5. Примена InVEST SDR модела у сливу Топчидерске реке

Слив Топчидерске реке, површине 148 km², је највећи слив на административном подручју града Београда. Одликује га развијена хидрографска мрежа и изражен бујични карактер водотока. Горњи део слива обухвата 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). Према CORINE LAND COVER (CLC, 2000) на подручју слива Топчидерске реке регистровано је 14 начина коришћења земљишта. 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%). У табели 2 приказан је детаљан начин коришћења земљишта у km² и % док је на слици 4 приказан просторни распоред класа коришћења земљишта.

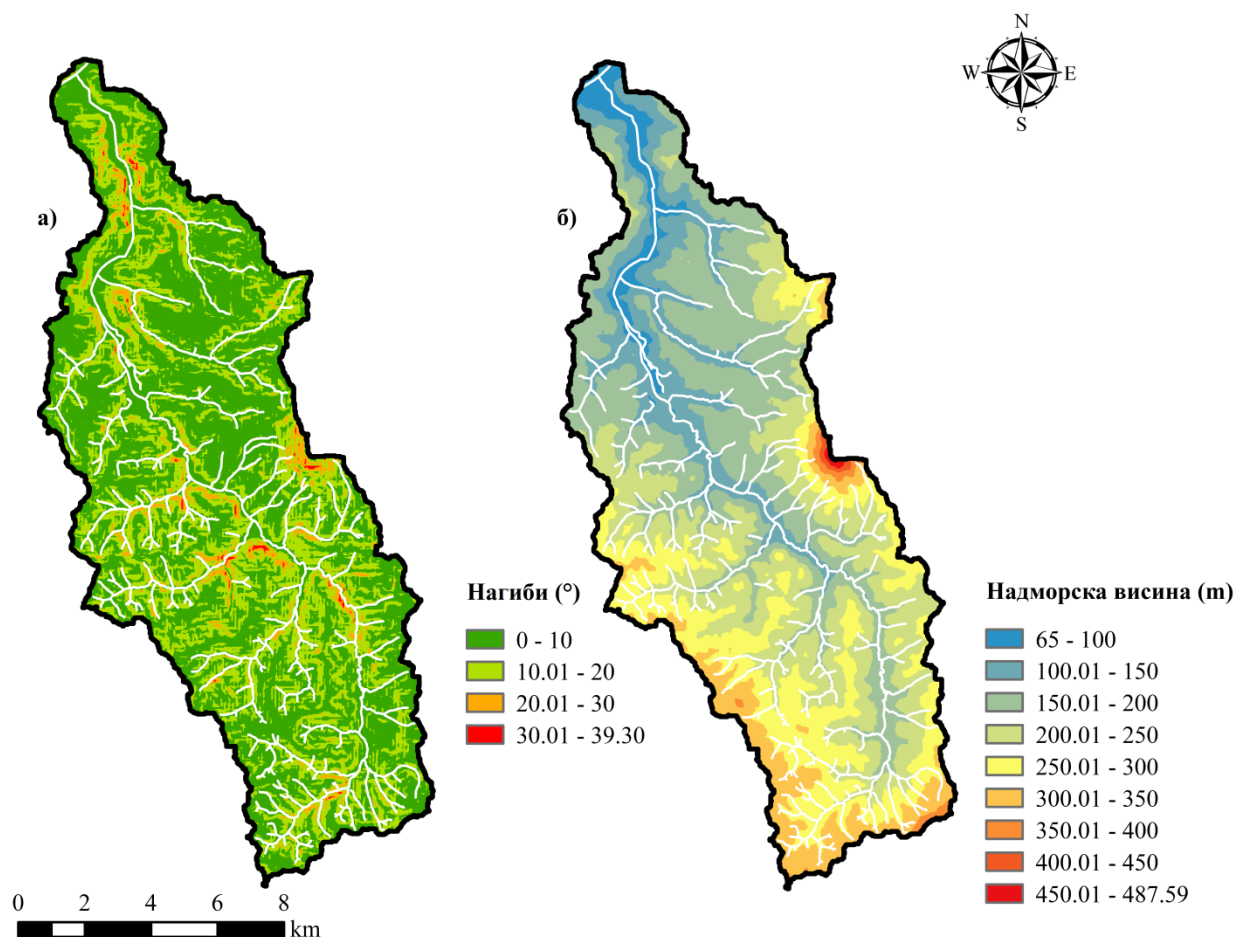
Табела 2. Структура коришћења земљишта у сливу Топчидерске реке (CLC)

Ред. бр.	Група којој припада начин коришћења земљишта	CLC класа	Опис класе	Површина	
				km ²	%
1.	Вештачке површине	112	Нецеловита градска подручја	31,06	21,00
2.		121	Индустријске или комерцијалне јед.	1,87	1,26
3.		122	Фабрике	0,83	0,56
4.		131	Рудници	0,29	0,20
5.		141	Урбане зелене површине	7,24	4,89
6.		142	Објекти за спорт и рекреацију	0,72	0,49
7.	Пољопривредне површине	211	Ненаводњавано обрадиво земљиште	20,15	13,62
8.		231	Пашњаци, претежно коришћени за испашу	2,32	1,57
9.		242	Комплекс култивисаних парцела	25,47	17,22
10.		243	Пољопривредне површине са уделом природног биљног покривача	21,21	14,34
11.	Шуме	311	Листопадне шуме	34,34	23,21
12.		312	Четинарске шуме	0,15	0,10
13.		313	Мешовите шуме	2,10	1,42
14.	Водене површине	511	Водотоци	0,17	0,11
Укупно				148	100,00



Слика 4. Начин коришћења земљишта у сливу Топчидерске реке (CLC)

Просечна надморска висина датог слива износи 210 m, док се највиша тачка истраживаног простора налази на 488 m, а најнижа на 65 m (слика 5а). Средњи нагиб рељефа у сливу износи $\text{sr} = 8,95^\circ$ (слика 5б).



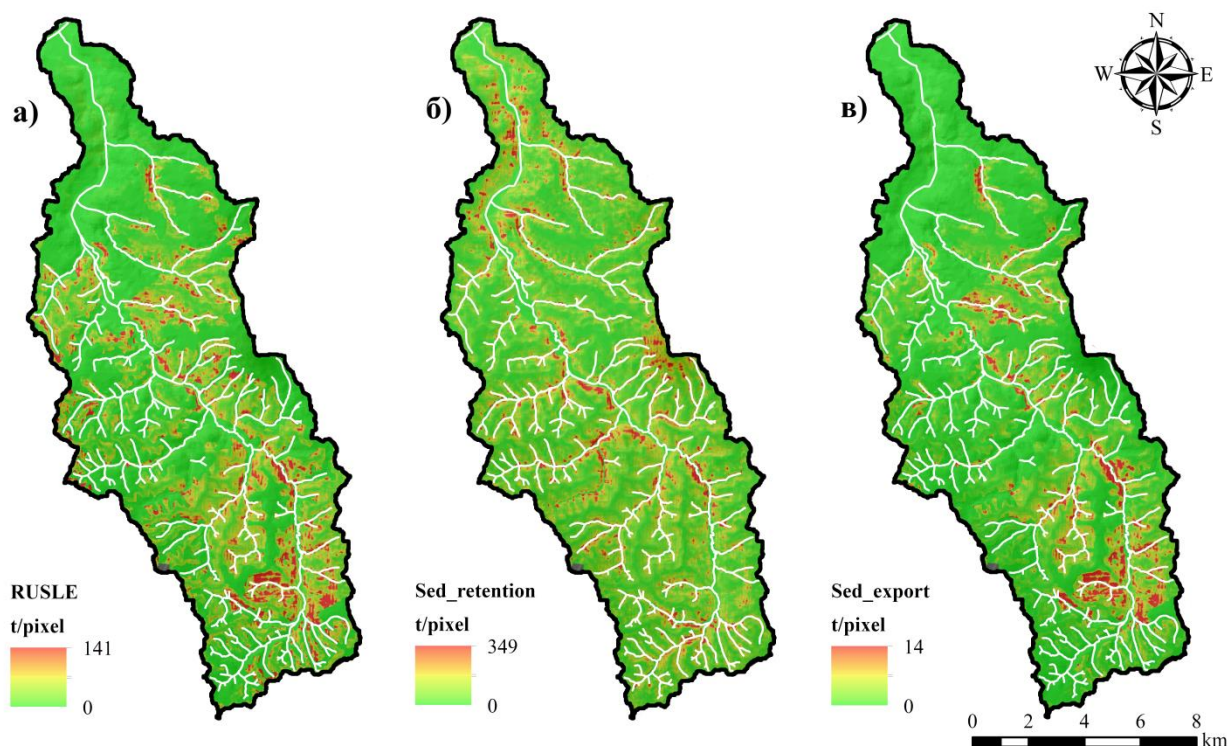
Слика 5. Карта нагиба терена (а) и висинска представа слива Топчидерске реке (б)

InVEST SDR модел који користи (R)USLE за израчунавање годишњих потенцијалних губитака земљишта из сваког пиксела на истраживаном подручју, на основу његове топографије и карактеристика земљишног покривача, примењен је на подручју Топчидерске реке. Губитак земљишта израчунат је ревидираном универзалном једначином губитка земљишта за сваки пиксел (Renard, et al., 1997), а затим је помножен са коефицијентом ретенције наноса (SDR), који је такође израчунат за сваки пиксел (Borselli, et al., 2008). Улазни подаци InVEST SDR модела укључују начин коришћења земљишта, DEM, RUSLE факторе (R, K), слив (вектор) и биофизичку табелу, која садржи бројеве класа коришћења земљишта и вредности С и Р фактора. Биофизички део модела је просторно експлицитан и једнак је резолуцији DEM-а, која је за слив Топчидерске реке 25 метара. Коришћени су и калибрациони фактори, према препорученим дефинисаним вредностима за овај модел ($SDR_{max}=0,8$; $IC0=0,5$; $kb=2$).

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 хипотетичким сливом где су сви начини коришћења земљишта очишћени до голог тла (sediment retention) (Bogdana, et al., 2016).

На слици 6 просторно су приказани резултати InVEST SDR модела за слив Топчидерске реке у t/pixel-у: а) губици земљишта према RUSLE; б) задржавање наноса – sediment retention; в) пронос наноса из слива – sediment export.



Слика 6. Резултати InVEST SDR модела за слив Топчидерске реке

У InVEST SDR моделу, параметри су изражени у тонама 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. Пронос наноса из слива узима у обзир ублажавајуће ефекте које топографија и начин коришћења земљишта имају на потенцијалну ерозију земљишта и представља нето губитке који доспевају до водотока. Просечан годишњи пронос 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).

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 покривене 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 губици земљишта према RUSLE су са ненаводњаваних обрадивих земљишта и износе 25,26 t/ha одакле је и највећи пронос наноса из слива који износи 2,15 t/ha.

Како би се очувало земљиште у будућности могу се користити будући климатски сценарији и промене у начину коришћења земљишта (Perović, et al., 2019), што би доносиоцима одлука омогућило приступ прецизнијим подацима за дефинисање стратегије одрживог управљања земљиштем.

InVEST модел опционо пружа могућност да се користи које добијемо од земљишта и економски представе. Повећање продуктивности земљишта је у директној вези са губицима земљишта. Уколико су процеси деградације (ерозије) израженији, интензитет изношења продуктивног, површинског слоја је већи, а користи од таквог земљишта мање. Са економског аспекта посебан утицај оваквог стања (губитака земљишта) у сливу се одражава на пољопривредним површинама којих је око 46,75% у сливу. На таквом подручју, користећи однос корист-трошак валоризују се услуге екосистема кроз биљну производњу, односно производњу хране. Посебан утицај има демографска структура сливног подручја и урбана зона са 28,4% удела у сливу која смањује функције земљишта. Користи које човек има од оваквог земљишта на тај начин су знатно смањене и ограничене, али су индиректне користи кроз културне услуге (образовање, традиционално знање, духовно благостање, рекреацију...) повећане. У Републици Босни и Херцеговини у сливу реке Украине демографске промене и промене коришћења земљишта утицале су не само на социо-економске карактеристике слива већ и на интензитет ерозије истраживаног подручја (Тошић, et. al, 2012). У сливу Топчидерске реке, губици земљишта исказани кроз пронос наноса, такође указују на велики утицај човека.

Шумски екосистеми са 24,73% и водотоци са 0,11% имају великог удела у економској процени користи у сливу Топчидерске реке кроз утицај на процесе ерозије, на квалитет ваздуха, воду, рекреацију, смањење ризика од поплава, клизишта, као и културне аспекте. Све су то аспекти који дају корист за човека. Многи од њих се не могу монетарно приказати, али свакако могу описно. Да ли је монетаран приказ стварно неопходан? Да ли је довољно указати и показати шта имамо и шта добијамо од екосистема? Spangenberg и Settele (2010) сматрају да би вредновање требало заснивати на критеријумима потенцијалне ефикасности екосистема, а не на прорачунима вредности. Монетарно вредновање је само корисно средство у систему доношења одлука.

Услуге екосистема су тако конципиране да су перманентно у колизији. Практично, уколико „помиримо“ користи које екосистеми пружају и штете које свакако настају у процесу коришћења, задовољен је концепт одрживог управљања ресурсима (Sustainable

development). Задовољен је концепт који пружа здрав и квалитетан живот и „сигурну“ будућност за генерације које долазе.

6. Закључна разматрања

Екосистемске услуге су ограничене и као такве се не могу прекомерно користити, иако људи сматрају да су неограничене и бесплатне. Економску вредност услуга екосистема потребно је допунити социјалним вредновањем, тј. разумевањем и објашњењем сваке услуге и њених погодности. На овај начин доносиоци одлука боље ће разумети важност екосистемских услуга, без коришћења монетарног вредновања. Циљ економског вредновања екосистемских услуга није само дефинисање цене услуге, него подизање нивоа свести о важности екосистема за добробит људи, и о трошковима активности које могу да доведу до деградације или губитка неких екосистемских услуга.

Вредновање земљишних услуга екосистема је у директној вези са стратегијом одрживог управљања. Функције земљишта директно се одражавају на човека кроз користи које може од њих да има. „Здрavo“ земљиште је земљиште које обезбеђује напредак и просперитет. Огледа се у смањењу утицаја на процес деградације, прилагођавању климатским променама, адекватним управљањем и коришћењем. Коришћење InVest SDR модела за прорачун и картирање продукције, проноса и ретенције наноса може бити од велике помоћи локалним самоуправама/доносиоцима одлука, да се боље примене инжењерска и еколошка решења за очување земљишта ради постизања одрживог управљања земљиштем, смањујући тако ризике од продукције наноса и стварајући уравнотежено решење за све заинтересоване стране. У овом поглављу InVEST SDR модел примењен је на сливу Топчидерске реке, након чега је приказан утицај губитака земљишта на његове економске параметре. Практично, валоризација услуга екосистема кроз развој методологије уз примену InVEST модела, пружа заштиту екосистема и укључивање у процес планирања и одлучивања. Концепт одрживости је реалан, само уколико је друштво спремно да инвестира у очување и обнављање природног капитала за очување екосистема и његових услуга.

7. Литература

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

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.

Bardgett R.D. (2005): *The Biology of Soil: a Community and Ecosystem Approach*. Oxford University Press, New York.

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).

Bogdana S.M., Pătru-Stupariua I., Zahariaa L. (2016): The assessment of regulatory ecosystem services the case of the sediment retention service in a mountain landscape in the Southern Romanian Carpathians, *ECOSMART - Environment at Crossroads: Smart Approaches for a Sustainable Development*, *Procedia Environmental Sciences* 32, pp. 12 – 27, International Conference – Environment at a Crossroads: SMART approaches for a sustainable future, Bucharest, Romania, 12-15.11.2015, ISBN: 978-1-5108-3622-8

Borselli L., Cassi P., Torri D. (2008): Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment. *Catena* 75, 268–277.

Braunović S., Jovanović F., Kabiljo M., Momirović N. (2018): Efekti protiverozionih radova u slivu Palojske reke (Grdelička klisura), *Održivo šumarstvo*, Institut za šumarstvo, vol. 77–78, pp.29–38, ISSN: 1821-1046, UDK 630, <http://www.forest.org.rs/files/Sustainable%20Forestry%20-%20zbornik%20radova%2077-78.%202018.%20godina.pdf>.

CLC (2000). Corine Land Cover 2000 raster data

CICES (2017). Common International Classification of Ecosystem Services. Guidance on the Application of the Revised Structure

Costanza R., d' Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R., Paruelo J. (1997): The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Ecological Economics*, 25 (1): 3–15.

Daily G. C. (1997): *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Pr. Dalton, Rex. 2004. "Natural Resources: Bioproducts Less than Golden." *Nature*, 429 (6992): 598–600. doi:10.1038/429598a.

Daily G.C., Polasky S., Goldstein J., Kareiva P.M., Mooney H., Pejchar L., Ricketts T.H., Salzman J. & Shallembarger R. (2009): Ecosystem services in decision making: time to deliver, *Frontiers in Ecology and the Environment*, Volume 7, Issue 1, pp. 21–28

G.B. De Deyn, Wim H Van der Putten (2005): Linking aboveground and belowground diversity, *Trends in Ecology & Evolution* 20(11):625-33, doi: 10.1016/j.tree.2005.08.009

de Groot R.S., Blignaut J., Van der Ploeg S., Aronson J., Elmqvist T., Farley J. (2013): Benefits of Investing in Ecosystem Restoration, *Conservation Biology*, Volume 27, Issue 6, Pages 1286-1293 <https://doi.org/10.1111/cobi.12158>

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.

Department for Environment, Food and Rural Affairs Departmental Report - DEFRA (2007): Presented to Parliament by the Secretary of State for Environment, Food and Rural Affairs by Command of Her Majesty May 2007

European Commission, 2008, p. 4, European Parliament resolution of 10 March 2009 on the Report on competition policy 2006 and 2007 (2008/2243(INI)). http://ec.europa.eu/competition/index_en.html

Fisher M., Chaudhury M., McCusker B. (2010): Do forests help rural households adapt to climate variability? Evidence from Southern Malawi, *World Development* 38: 1241–1250.

Fripp E. (2014): Payments for Ecosystem Services (PES): A practical guide to assessing the feasibility of PES projects. Bogor, Indonesia: CIFOR

Gómez-Baggethun E., Martín-López B., Barton D., Braat L., Saarikoski H., Kelemen M., García-Llorente M., van den Bergh E., Arias J.P., Berry P., Potschin L.M., Keene H., Dunford R., Schröter-Schlaack C., Harrison P. (2014): EU FP7 OpenNESS Project Deliverable 4.1, State of the art report on integrated valuation of ecosystem services. European Commission FP7

Greenhalgh S., Samarasinghe O., Curran-Cournane F., Wright W., Brown P. (2017): Using ecosystem services to underpin cost–benefit analysis: Is it a way to protect finite soil resources? *Ecosystem Services*, Volume 27, Part A, Pages 1-14, ISSN 2212-0416, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.07.005>.

Jiang C., Li D., Wang D., Zhang L. (2016): Quantification and assessment of changes in ecosystem service in the Three-River Headwaters Region, China as a result of climate variability and land cover change. *Ecol. Indic.* 66, 199–211. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.051>.

Jokanović D., Nikolić Jokanović V., Anđelković A., Lazarević K., Lozjanin R. (2019): Anatomiska svojstva taksodijuma - egzote za meliorativna pošumljavanja, *Glasnik Šumarskog fakulteta* br. 119, UDK: 630*811:582.476(497.11), BIBLID: 0353-4537, 2019, pp. 61-76, <https://doi.org/10.2298/GSF1919061J.M51>.

Kadović R., Bohajar Y. A. M., Perović V., Belanović Simić S., Todosijević M., Tošić S., Anđelić M., Mlađan D., Dovezenski U. (2016): Land Sensitivity Analysis of Degradation using MEDALUS model: Case Study of Deliblato Sands, Serbia, *Archives of Environmental Protection*. Vol. 42 no. 4 pp. 114–124, PL ISSN 2083-4772.

Kostadinov S., Tošić R., Hrkalović D., Nikolić S., Sudar N., Kapović Solomun M., Dragičević S., Momirović N., Cupać R., Bosankić G., Bundalo S. (2019): Kontrola erozije zemljišta u funkciji smanjenja rizika od poplava u slivu reke Vrbas, Republika Srpska,

Vodoprivreda 0350-0519, Srpsko društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje, vol. 51 (2019), No. 300-302, p. 211-224, UDK: 631.432/627.51, ISSN:0350-0519

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>.

Lazarević K., Vulević T., Dragović N. (2017): Optimizacija trajanja realizacije projekta na primeru regulacije Jelašničke reke, Časopis za uređenje bujica i zaštitu od erozije, "EROZIJA", Udruženje bujičara Srbije, 43, ISSN 0350-9648, UDK 626, pp. 42-54. M51.

Loomis J., Kent P., Strange L., Fausch K., Covich A. (2000): Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey, Ecological Economics, Volume 33, Issue 1, Pages 103-117, ISSN 0921-8009, [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00131-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00131-7).

Lu H., Moran C.J., Prosser I.P. (2006): Modelling sediment delivery ratio over the Murray Darling Basin. Environ. Model. Softw. 21, 1297–1308. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2005.04.021>.

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.

Millennium Ecosystem Assessment (2003): Ecosystems and Human Well-being. A Framework for Assessment, Washington, DC: Island Press.

Millennium Ecosystem Assessment (2005): Ecosystems and Human Well-being: Synthesis, Washington, DC: Island Press

Milliman J. D. and Farnsworth K. L. (2011): River Discharge to the Coastal Ocean: A Global Synthesis, Cambridge University Press, New York, NY).

Momirović N., Kadović R., Perović V., Marjanović M., Baumgertel A. (2019): Spatial assessment of the areas sensitive to degradation in the rural area of the municipality Čukarica, International Soil and Water Conservation Research (2019), <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.12.004i>.

Montgomery D. R. (2007): Soil erosion and agricultural sustainability, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 104(33), pp. 13268–72.)

Mullan K. (2014): The Value of Forest Ecosystem Services to Developing Economies, CGD Climate and Forest Paper, Series 6, Working Paper 379, Center for Global Development

Nelson E., Mendoza G., Regetz J., Polasky S., Tallis H., Cameron DR., Chan K., Daily G., Goldstein J., Kareiva P., Lonsdorf E., Naidoo R., Ricketts T., Shaw MR. (2009):

Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales, *Frontiers in Ecology and the Environment* 2009; 7(1), pp. 4–11, doi:10.1890/080023

Nikolić Jokanović V., Vulević T., Lazarević K. (2020): Risk assessment of forest decline by application of geostatistics and multi-criteria analysis, *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, Vol. 68, No. 3 - Early View, 2020, p. 1 - 8, doi: 10.2478/johh-2020-0013.

Norgaard K.M. (2009): Cognitive and Behavioral Challenges in Responding to Climate Change, Background Paper prepared for the World Development Report 2010, The World Bank Development Economics World Development Report Team May 2009

NZIER – New Zealand Institute of Economic Research (2018): Report - What's the use of non-use values?

Paavola J. (2008): Livelihoods, vulnerability and adaptation to climate change in Morogoro, Tanzania. *Environmental Science and Policy*, 11: 642–654.

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, Pages 7-13

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*, <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1456-x>

Perović V., Kadović R., Djurdjević V., Pavlović D., Pavlović M., Čakmak D., Mitrović M., Pavlović P. (2021): Major drivers of land degradation risk in Western Serbia: Current trends and future scenarios, *Ecological Indicators* 123, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107377>

Petrović V., Dragović N., Vulević T., Todosijević M., Momirović N. (2020): Usporedna analiza primene računarskih programa za planiranje izvođenja radova na sanaciji brane Kamenica, *Časopis za uređenje bujica i zaštitu od erozije, "EROZIJA"*, Udruženje bujičara Srbije, br.46, ISSN 0350-9648, UDK 626, pp. 63-71.

Pietron J., Chalov S. R., Chalova A. S., Alekseenko A. V. and Jarsjo J. (2017): Extreme spatial variability in riverine sediment load inputs due to soil loss in surface mining areas of the Lake Baikal basin', *Catena*, 152, pp. 82–93.

Renard K., Foster G., Weesies G., McCool D., Yoder D. (1997): *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Soil Loss Equation*.

Rončević V., Zlatić M., Todosijević M. (2019): Environmental and Economic Effects of Investments in Sustainable Land Management in the Morphological Unit of Šutilovac Stream, *Bulletin of the Faculty of Forestry*, 119, p.p.213-232, UDK: 502.13:502.501(497.11 Beograd), DOI:10.2298/GSF1919213R, ISSN 0353-4537

Sánchez-Canales M., López-Benito A., Acuña V., Ziv G., Hamel P., Chaplin-Kramer R., Elorza F.J. (2015): Sensitivity analysis of a sediment dynamics model applied in a Mediterranean river basin: global change and management implications. *Sci. Total Environ.* 502, 602–610. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.074>.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2004) *The Ecosystem Approach, (CBD Guidelines)* Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity 50 p.

Sharpley A. N., Kleinman P. J. A., McDowell R. W., Gitau M. and Bryant R. B. (2002): Modeling phosphorus transport in agricultural watersheds: Processes and possibilities, *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(6), pp. 425–39

Smith S., Rowcroft P., Everard M., Couldrick L., Reed M., Rogers H., Quick T., Eves C. and White C. (2013): *Payments for Ecosystem Services: A Best Practice Guide*. London: DEFRA.

Spangenberg J.H., Settele J. (2010): Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services/ *Ecological Complexity* 7 (2010) 327–337

Spangenberg J.H., Settele J. (2016): Value pluralism and economic valuation – defensible if well done *Ecosystem Services* 18(2016)100–109

TEEB (2010): *The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations*. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). London, Earthscan.

Thomas K., Chen W., Lin B.S., Seeboonruang U. (2020): Evaluation of the SEDiment Delivery Distributed (SEDD) Model in the Shihmen Reservoir Watershed, *Sustainability* 2020, 12, 6221; doi:10.3390/su12156221

Tošić R., Dragičević S., Zlatić M., Todosijević M., Kostadinov S. (2012): The Impact of Socio-Demographic Changes on Land Use and Soil Erosion (Case Study: Ukrins River Catchment), *Geografski razgledi* (46) 69-78, UDK: 911.3:314]:551.3.053 (497.6:=163.41)"1980/2010" http://www.igeografija.mk/MGD/Razgledi_46.htm

Trudić B., Orlović S., Stojnić S., Pilipović A., Matović B., Novčić Z. (2015): Šumske ekosistemske usluge u kontekstu klimatskih promena – novi koncept za šumarstvo u Republici Srbiji? *Topola/Poplar* No 195/196 (2015): 55-83, UDK: 630*9(497.11)

Turner W.R., Oppenheimer M., Wilcove D.S. (2009): A force to fight global warming, *Nature*, 428: 278–279.

UNEP/IUCN (2007) *Developing International Payments for Ecosystem Services: Towards a Greener World Economy*. Available at www.unep.ch/etb/areas/pdf/

Vulević T. (2017): *Višekriterijumsko odlučivanje u funkciji konzervacije zemljišnih i vodnih resursa brdsko-planinskih područja centralne Srbije*, doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd

Vulević T., Todosijević M., Dragović N., Zlatić M. (2018): Land use optimization for sustainable development of mountain regions of western Serbia, *Journal of Mountain Science* 15, pp 1471-1480 <https://doi.org/10.1007/s11629-017-4777-1>

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.

Wall D.H., Nielsen U.N., Six J. (2015): Soil biodiversity and human health. *Nature* 528, 69e76. *Trends Ecol. Evol.* 20, 625e633.

WBGU – German Advisory Council on Global Change (2008) *World in Transition: Climate Change as a Security Risk*, Earthscan, London.

Wischmeier W.H., Smith D.D. (1978): *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Agriculture Handbook No. 537. USDA/Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office, Washington, DC 58pp.

Zhou M., Deng J., Linb Y., Belete M., Wang K., Comber A., Huang L., Gana M. (2019): Identifying the effects of land use change on sediment export: Integrating sediment source and sediment delivery in the Qiantang River Basin, China; *Science of the Total Environment* 686; pp. 38–49.

Zlatić M., Dragović N., Todosijević M., Tomičević J. (2008): Contribution of the "World Overview of Conservation Approaches and Technologies – WOCAT" Programme to the Serbian Practice and Education. 15th ISCO CONGRESS "Soil and Water Conservation, Climate Change and Environmental Sensitivity", Book of Abstract, 18-23 May 2008, Budapest. 189.

Zlatić M., Lazarević K., Momirović N. (2016): Značaj osiguranja u naknadi šteta od prirodnih katastrofa i poplava, *Časopis za uređenje bujica i zaštitu od erozije*, *Erozija* no. 42, Udruženje bujičara Srbije, pp. 6 – 25, ISSN: 0350 – 9648, UDK 626, M51.

Zlatić M., Todosijević M., Dragović N., Lazarević K., Vulević T., Momirović N., Rakonjac N. (2017): Metodološki pristup valorizacija šteta od klimatskih promena u šumarstvu i zaštiti zemljišta, *Časopis za uređenje bujica i zaštitu od erozije*, "EROZIJA", Udruženje bujičara Srbije, 43, ISSN 0350-9648, UDK 626, M51.

<https://data.worldbank.org/> (приступ сајту 15.02.2021.)

<http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/> (приступ сајту 14.02.2021.)

<http://www.esmeralda-project.eu/showpage.php?storyid=11754> (приступ сајту 13.02.2021.)

www.naturalcapitalproject.org (приступ сајту 18.02.2021.)

https://invest-userguide.readthedocs.io/_/downloads/en/3.5.0/pdf/ (приступ сајту
22.02.2021.)