

# GIS modeliranje u održivom izboru usjeva i optimizaciji gnojidbe

---

**Todorčić Vekić, Teodora**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:106426>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

**Teodora Todorčić Vekić**, absolvent

Sveučilišni diplomski studij Voćarstvo, Vinogradarstvo i Vinarstvo

smjer: Voćarstvo

**GIS MODELIRANJE U ODRŽIVOM IZBORU USJEVA I OPTIMIZACIJI**  
**GNOJIDBE**

Diplomski rad

**Osijek, 2017.**

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

**Teodora Todorčić Vekić**, absolvent

Sveučilišni diplomski studij Voćarstvo, Vinogradarstvo i Vinarstvo

smjer: Voćarstvo

**GIS MODELIRANJE U ODRŽIVOM IZBORU USJEVA I OPTIMIZACIJI**  
**GNOJIDBE**

Diplomski rad

**Osijek, 2017.**

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

**Teodora Todorčić Vekić**, apsolvent

Sveučilišni diplomski studij Voćarstvo, Vinogradarstvo i Vinarstvo  
smjer: Voćarstvo

**GIS MODELIRANJE U ODRŽIVOM IZBORU USJEVA I OPTIMIZACIJI**  
**GNOJIDBE**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. doc. dr. sc. Vladimir Ivezić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Brigita Popović, mentor
3. prof. dr. sc. Zdenko Lončarić, član

**Osijek, 2017.**

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Precizna poljoprivreda i GIS .....	1
1.2. GIS modeliranje u poljoprivredi.....	3
1.2.1. Karte.....	5
1.2.2. Daljinska istraživanja.....	5
1.3. Cilj istraživanja.....	7
2. Pregled literature .....	8
2.1. Izbor usjeva.....	8
2.1.1. GIS modeliranje u planiranju biljne proizvodnje.....	8
2.1.2. Monitoring uroda i karte prinosa .....	9
2.1.3. Rast usjeva .....	11
2.2. Optimizacija gnojidbe.....	12
2.2.1. Baza podataka .....	12
2.2.2. Daljinska istraživanja.....	14
2.3. Postojeći primjeri (Republika Hrvatska i inozemstvo).....	16
2.3.1. Republika Hrvatska.....	16
3. Materijali i metode .....	18
3.1. Baza podataka i laboratorijske analize.....	18
3.2. GIS slojevi .....	19
3.3. Gnojidbene preporuke .....	19
3.4. Statistička obrada podataka .....	20
4. Rezultati .....	21
4.1. pH reakcija tla.....	23
4.2. Sadržaj humusa.....	26
4.3. Sadržaj fosfora .....	28
4.4. Sadržaj kalija .....	31
4.5. Potrebe za kalcijom .....	33

4.6. Potrebe za gnojidbom .....	34
5. Rasprava .....	36
6. Zaključak .....	39
Popis literature.....	40
8. Sažetak .....	43
9. Summary .....	44
10. Popis tablica .....	45
11. Popis slika .....	46
12. Popis karti.....	47
Temeljna dokumentacijska kartica	
Basic documentation card	

## 1. Uvod

Precizna poljoprivreda predstavlja način upravljanja cjelokupnim poljoprivrednim gospodarstvom uz uporabu informatičke tehnologije, satelitskog pozicioniranja, daljinskih istraživanja i sinteze različitih baza podataka (proxy data overlap). Cilj precizne poljoprivrede je poboljšati outpute poljoprivredne proizvodnje pametnom uporabom inputa uz smanjivanje utjecaja na okoliš (EU parlament, 2014.). Postoje različite definicije precizne poljoprivrede, i obično su podređene vrsti opreme ili tehnologije koju podrazumijeva. Tehnološka definicija objašnjava preciznu poljoprivredu kao sustav upravljanja koji se temelji na podacima i informatičkom tehnologijom, koja uzima u obzir posebnosti poljoprivredne površine te kao izvore podataka koristi: tlo, usjeve, hraniva, pesticide i urod za određivanje optimalne profitabilnosti, održivosti, i zaštite okoliša (Ministarstvo Poljoprivrede SAD-a, 2007.). U vrlo pojednostavljenom obliku precizna poljoprivreda može uključivati i samo metode kao što su pregledi terena, i primjenu pesticida na točno određenom mjestu i u određenoj količini. Iako pojam precizne poljoprivrede obuhvaća puno sofisticiranije i kompliciranije načine upravljanja poljoprivrednom proizvodnjom uporabom globalnog pozicionirajućeg sustava (eng. *Global Positioning System*, GPS) tehnologije kako bi prostorno povezale značajke tla, vode, uroda i ostalih podataka za utvrđivanje varijabli inputa potrebnih u poljoprivrednoj proizvodnji. Istraživanja se razvijaju i napreduju u pravcu razvijanja tehnologije koja obuhvaća metode i tehnologiju monitoringa uroda, utvrđivanja ekonomskih i okolišnih utjecaja obzirom na količinu primjenjenih sredstava u poljoprivrednoj proizvodnji, sve to uz uporabu podataka dobivenih daljinskim istraživanjima te na temelju istih dati stručne preporuke za daljnje upravljanje poljoprivrednim dobrom (Ministarstvo poljoprivrede SAD-a, 2007.).

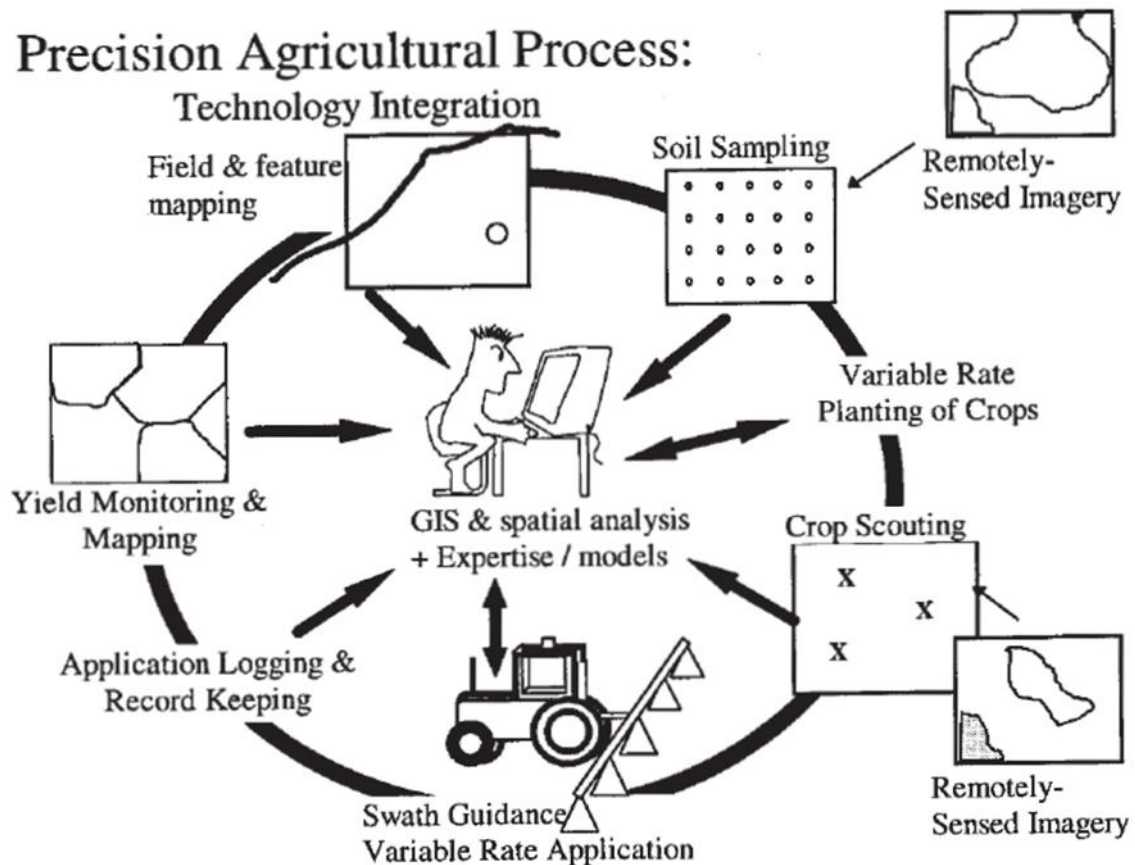
### 1.1. Precizna poljoprivreda i GIS

Koncept precizne poljoprivrede osigurava porast produktivnosti poljoprivrednog dobra uz smanjenje proizvodnih troškova i utjecaja iste na okolis. Postoje brojne definicije precizne poljoprivrede kao što su metoda poljoprivrednog gospodarenja, do procesa pametnog gospodarenja poljoprivrednim resursima.

Prema definiciji precizne poljoprivrede kao metode poljoprivrednog gospodarenja ona predstavlja način gospodarenja koji bilježi promjene u uporabi inputa poljoprivredne

proizvodnje kao što su uporaba mehanizacije, gnojiva, sredstava za zaštitu bilja te koristi iste sukladno s tim promjenama. Kao jedna od glavnih alata u preciznoj poljoprivredi pojavljuju se Globalni Pozicijski Sustav (eng. *Global Positioning System*, GPS) koji omogućava da se ti podaci prostorno povežu putem geografskih koordinata i pohrane, te Geografski Informacijskih Sustav (eng. *Geographic Information System*, GIS) koji omogućava pohranu i upravljanje tim podacima (Buick, 1997.).

Slika 1. Precizna poljoprivreda kao proces



Izvor: Buick, 1997.

Precizna poljoprivreda može također biti definirana kao proces koji uključuje prikupljanje, interpretaciju, planiranje i/ili uporabu podataka o parceli ili određenom usjevu, kao što je prikazano na slici. Kao proces, precizna poljoprivreda može biti podjeljena u nekoliko faza kao što su:

- Kartiranje na temelju terenskih i prostornih značajki
- Uzorkovanje tla
- Pregled usjeva
- Pregled prijašnjih primjena kemijskih sredstava



- Pregled prijašnjih preporuka kemijskih sredstava
- Geografski Informacijski sustav (GIS) – za pohranu, manipulaciju, analizu i interpretaciju vremensko-prostornih podataka prikupljenih iznad poljoprivredne parcele kako bi se generirale karte preporuke za primjenu gnojiva i sredstava za zaštitu bilja na parceli.

Svaka od tih faza uključuje kombinaciju ili uporabu jednu od tehnologija:

- Globalni Pozicionirajući Sustav (eng. *Global Positioning System*, GPS)
- Geografski Informacijski Sustav (eng. *Geographic Information System*, GIS)

Prijašnji sustavi upravljanja gospodarstvima brzo se zamijenjuju GISom kao alatom za geoprostornu analizu i prediktivno modeliranje. Upravitelji poljoprivrednih gospodarstava sada imaju mogućnost prikazati svoje parcele, usjeve i način upravljanja u dosad nemogućim načinima bitnim za precizno upravljanje njihovim gospodarstvima. Pristup prostornim podacima danas je postao bitan dio upravljanja gospodarstvima. Ministarstvo poljoprivrede SAD-a i web stranice Europske unije ističu važnosti uporabe GISa kao alata u preciznom upravljanju poljoprivrednim gospodarstvom te nude vrijedne informacije za pomoć poljoprivrednicima da bolje razumiju svoje parcele i kako koristi GIS u svrhu sustava za odlučivanje te izradi inteligentih karata (Xie i Wang, 2007).

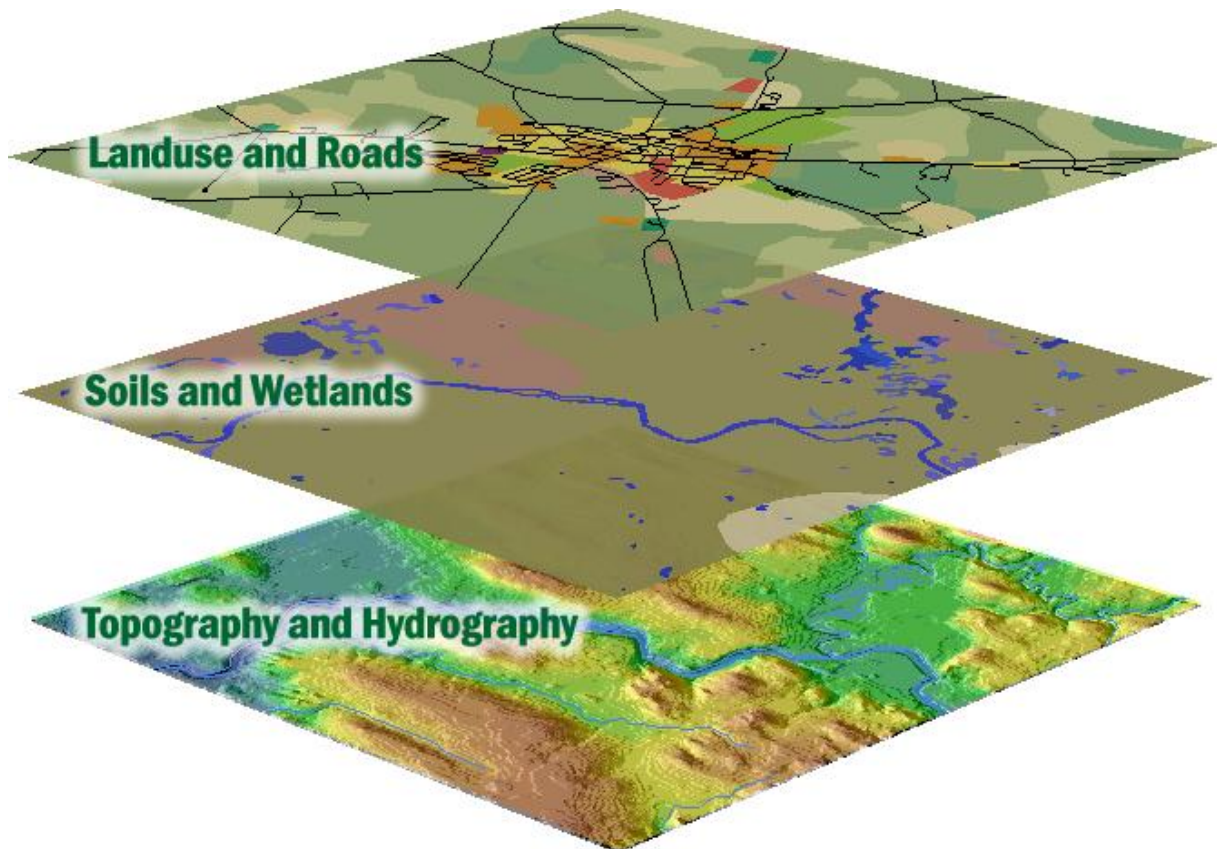
U svojstvu precizne poljoprivrede, uporaba GISa se sastoji od dvije važne komponente a to su karte i daljinsko istraživanje (eng. *Remote sensing*). Uporabom satelitskih snimki (karte) koje se povezuju s postojećom bazom podataka o poljoprivrednim resursima, kojima se na pametan način želi upravljati, omogućeno je brzo i učinkovito prostorno prikazivati podatke bitne za precizno upravljanje gospodarstvom. Sintezom satelitskih snimki upravitelji gospodarstava imaju mogućnost da informatički savladaju prostorne nedostatke poljoprivredne parcele te kontroliraju, upravljaju, i raspolažu parcelom uz pomoć predviđenih softvera za planiranje i predviđanje uroda poljoprivredne proizvodnje (Buick, 1997.).

## **1.2. GIS modeliranje u poljoprivredi**

Uporabom GIS tehnologije, omogućena je uporaba brojnih podataka istovremeno uz brzu dostupnost, te uz pomoć sustava za daljinska istraživanja (eng. *Remote Sensing*) moguća su uniformna i brza (uniform) istraživanja u digitalnom obliku, koja obuhvaćaju velike poljoprivredne površine.

Interpretirajući satelitske snimke dobivene daljinskim istraživanjima mogu se utvrditi trenutna stanja poljoprivrednih usjeva, nasada, površina koje su trenutno pod obradom, već obrađene površine itd. Pohranjene GIS satelitske snimke služe kao podloga postojećim informacijama prikupljenih na terenu. Sintezom postojećih informacija i GIS satelitskih snimki, dobivamo tematske karte koje se izrađuju po potrebi korisnika. Svaka informacija je prostorno povezana, odnosno pridane su joj geografske koordinate i sukladno značenju te informacije pohranjena je na jedan od brojnih slojeva koji se preklapa s drugim slojevima koji predstavljaju bazu podataka nekog drugog značaja. Svaki sloj predstavlja jednu za sebe jedinstvenu bazu podataka (npr. rijeke i vodene površine predstavljaju jednu autonomnu bazu podataka). Sintezom više slojeva dobivamo tematske karte koje mogu biti različitog značaja, a prostorno prikazuju željene podatke.

Slika 2. Prikaz preklapajućih slojeva unutar GIS-a



Izvor: <https://gisatmarwadi.wordpress.com/2011/08/18/understanding-using-image-image-editor-milap-raval/>

Osnova za GIS modeliranje su :

- karte i
- daljinska istraživanja.

### **1.2.1. Karte**

Generiranje karata s usjevima, pedološkim i agrokemijskim karakteristikama tla jedan je od prvih i najvažnijih koraka u preciznom upravljanju gospodarstvom. Ovakve karte predstavljaju osnovu za upravljanje prostornom distribucijom posebnosti neke poljoprivredne površine. Podaci se prikupljaju prije i tijekom poljoprivredne proizvodnje te se mogu prostorno povezati putem GPS koordinata (Mandal, 2000). Tehnologija koja se koristi tijekom prikupljanja podataka uključuje mrežu uzorkovanja tla, monitoring performansi, satelitske slike i mjere poljoprivrednog gospodarstva. Postoje još različiti komplementarni tehnički dodaci koji se koriste uz navedenu tehnologiju koji omogućavaju mjerenje hidrauličkog konduktiviteta tla, te optički skeneri koji služe za detekciju i identifikaciju korova u usjevima (Mandal, 2000). Nakon toga, ti podaci se prenose na kompjuter i pohranjuju u karte. Generirane karte se koriste za pohranu podataka ali nude i mogućnosti izvedbe različitih operacija koje se koriste u procesu donošenja odluka o upravljanju posebnostima neke poljoprivredne površine. Kartiranje se može napraviti direktno uz uporabu daljinskog istraživanja i GIS-a ili se može ručno unjeti tijekom obavljanja potrebnih poslova na poljoprivrednoj površini te se pretvoriti u digitalni oblik podatka (Kuma, 2007).

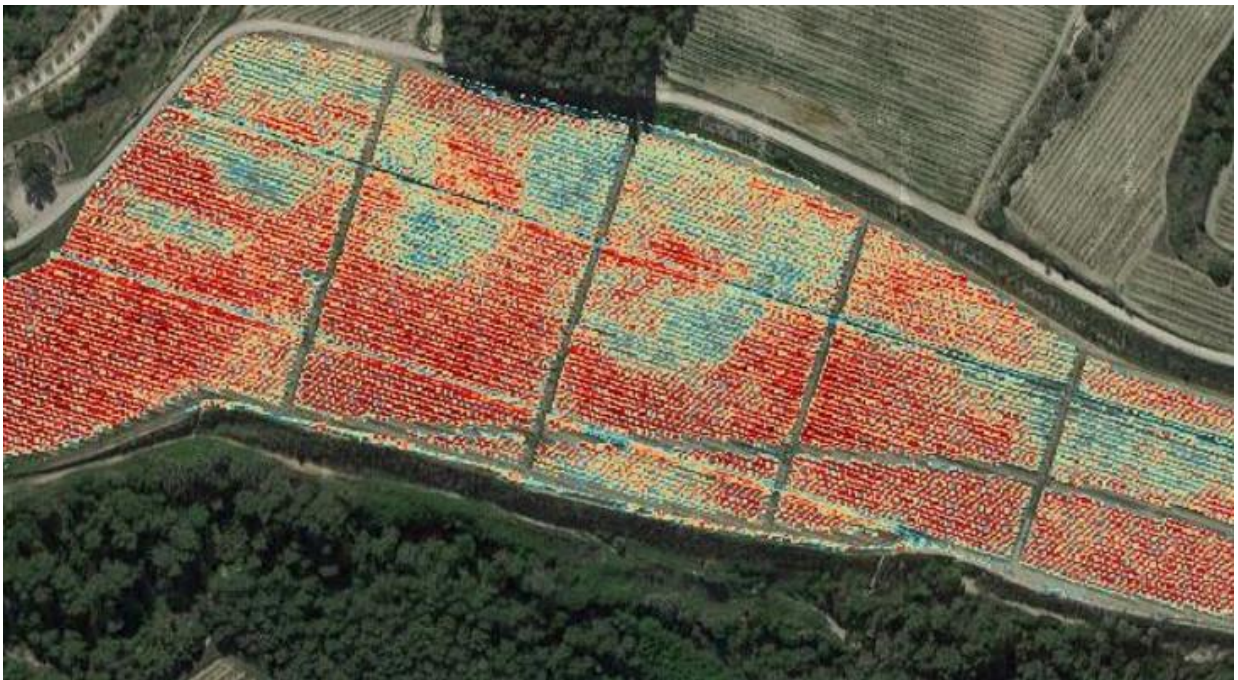
### **1.2.2. Daljinska istraživanja**

Pod daljinskim istraživanjima podrazumijevamo beskontaktna istraživanja na principu reflektiranog ili emitiranog zračenja s poljoprivrednih površina. Ovaj način istraživanja uključuje uporabu satelitskih snimki, areo snimki prikupljenih snimanjem iz aviona, slika prikupljenih putem ugrađenih senzora na traktorima ili uporabu mobilnih uređaja na predmetnoj parceli čije karakteristike se istražuju. Mjerenja koja se obavljaju putem traktora ili mobilnih uređaja a isključuju mjerenja emitiranog ili reflektiranog zračenja nazivaju se još proksimirajućim istraživanjima (eng. Proximal sensing). Uz refleksiju, transmisiju i apsorpciju, lišće biljaka može emitirati i energiju fluorescencije (Apostol et al., 2003) ili emisiju u obliku toplinske energije (Cohen, Alchanatis, Meron, Saranga, & Tsipris, 2005).

Daljinska istraživanja (eng. *Remote sensing*) obuhvaćaju vidljive i nevidljive karakteristike poljoprivredne površine ili više poljoprivrednih površina i pretvaraju točke mjerenja u kontinuirani niz prostornih podataka. Ovom tehnikom istraživanja omogućeno je praćenje dinamičnih promjena tla i biljke tijekom sezone. Vizualne observacije se snimaju kroz digitizirajući uređaj koji je geo-referenciran prilikom ulaska u GIS bazu podataka. Areo slike i

videozapisi se također mogu koristiti u preciznoj poljoprivredi. Satelitske slike su također bitane u utvrđivanju obrađivanih poljoprivrednih površina, te ovisno o izvoru snimke s određenim postotkom sigurnosti utvrđuju karakteristike određene parcele. U preciznoj poljoprivrednoj proizvodnji se najčešće koriste snimke prikupljene putem satelita Landsat I (Mandal, 2000).

Slika 3. Slika parcele dobivene daljinskim istraživanjem koja prikazuje različitu prostornu distribuciju visine uroda

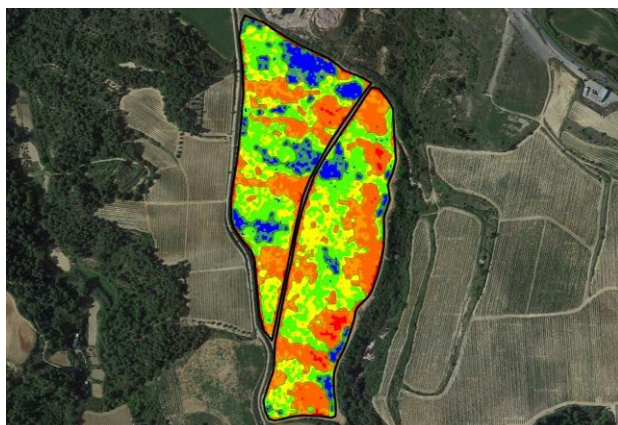


Izvor: <https://www.modpow.es/en/2015/10/28/agricultural-remote-sensing-truths-and-uncertainties-about-the-drone-revolution/>

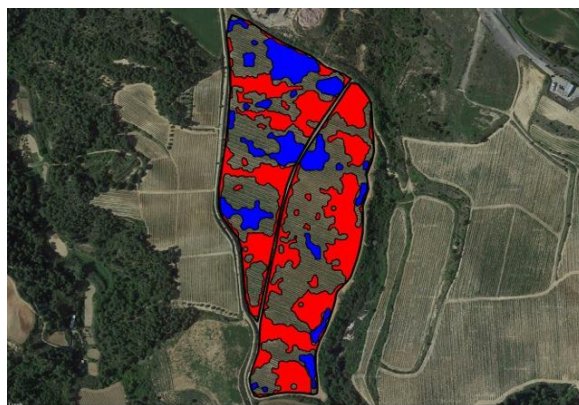
Na slici br.3 vidimo prikaz parcele s varirajućom distribucijom vigora uroda. Crveni spektar izdvaja dijelove parcele na kojima je premašen očekivani urod nasada, dok plavo- zeleni upućuje na niži prinos od očekivanog. Oštriji prikaz istoj svojstva vidljiv je na slici br. 4. i 5.



Slika 4. Utvrđivanje visine uroda daljinskim istraživanjem (cjelokupni prikaz)



Slika 5. Utvrđivanje visine uroda daljinskim istraživanjem (parcijalni prikaz)



Izvor: <https://www.modpow.es/en/2015/10/28/agricultural-remote-sensing-truths-and-uncertainties-about-the-drone-revolution/>

### 1.3. Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja je pomoću ArcGISa kao alata kartografski odrediti potrebe za gnojidbom i kalcizacijom na parcelama Vinogradci i Berak, te na temelju dobivenih rezultata odabrati najpogodnije usjeve za uzgoj na istraživanim parcelama. Također, prostorno prikazati potrebe za gnojidbom i kalcizacijom na dva različita tipa tla, kiselom i alkalnom.

## **2. Pregled literature**

### **2.1. Izbor usjeva**

Prilikom izbora usjeva na određenoj poljoprivrednoj parceli GIS modeliranje pomaže u savladavanju prostornih nedostataka iste ali isto tako pokazuje odnos između faktora koji znatno utječu na visinu prinosa. Potrebni podaci u tu svrhu su podaci prethodnih agrokemijskih analiza te parcele, podaci o prijašnjim kulturama te visinama uroda. Također, pored ovih podataka od velike su važnosti i prethodne gnojidbine preporuke te količine apliciranih gnojiva, kao i količina apliciranih sredstava za zaštitu bilja. Što su kvalitetnije informacije obuhvaćene modeliranjem, to će kvalitetniji bit rezultat modeliranja u svrhu planiranja i donošenja odluke o izboru sljedeće kulture (Buick, 1997.)

#### **2.1.1. GIS modeliranje u planiranju biljne proizvodnje**

Do sada je poznata upotreba GISa kao alata u prostornom planiranju, ne samo prometne infrastrukture, već i bilo koje željene namjene, pa tako i poljoprivredne proizvodnje. Na ovaj način se informacije prikupljene u vidu izvješća provredjenih analiza prikazuju u vizualnom obliku te kao takve olakšavaju preglednost brojnih informacija koje prikazuju i uzročno-posljednične odnose bitnih ograničavajućih čimbenika u planiranju uporabe zemljišta (Mulla, 2013). Imajući u vidu prostorne nedostatke poljoprivredne parcele, koje se vizualno prikazuju olakšan je postupak prostorne distribucije poljoprivredne proizvodnje. Sintezom postojećih analiza tla, te stvarajući bazu podataka koja obuhvaća opsežne podatke o predmetnoj poljoprivrednoj parceli generira se željena tematska karta koja će se koristiti u željenu svrhu. GIS modeliranje koje obuhvaća podatke o prethodnim izmjena usjeva, podatke o agrokemijskim analizama koje upućuju na određene nedostatke ili prednosti poljoprivredne parcele, te uzimajući u obzir zakonomjernosti plodoreda znatno je olakšava postupak odabira sljedeće kulture na parceli (Coleman i Galbraith, 2000.).

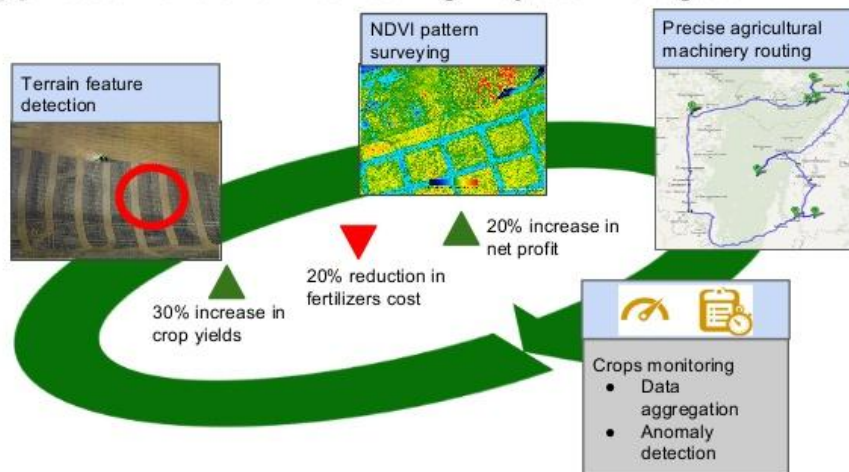
### **2.1.2. Monitoring uroda i karte prinosa**

Kontinuirani monitoring uroda i kartiranje je jedan od prvih koraka koji se preporuča u preciznoj poljoprivredi (Krill 1996). Monitori za praćenje uroda su jednostavni uređaji koji se mogu priključiti na obični kombajn. Na tržištu postoji i mehanizacija koja već ima ugrađene monitore za praćenje uroda zajedno s DGPSom i detektorom vlage u usjevu. Način rada monitora uroda radi na principu senzora, i služi za utvrđivanje visine uroda tijekom žetve. Čitači vlage se mogu instalirati tako da bilježe vrijednosti vlage usjeva istovremeno uz žetvu, te se isti podaci mogu koristiti za utvrđivanje suhe tvari uroda (Buick, 1997). Vaganje usjeva poslije žetve, postaje zastarjeli oblik bilježenja uroda. Težina uroda se može koristiti kao dodatni podatak i može služiti za korekciju dobivenog rezultata putem senzora uroda/monitora uroda. Na primjer, u žetvi žitarica, moderni monitori uroda su ugrađeni u kombajn kako bi zabilježili količinu uroda koji je zahvaćen žetvom uz stopu žetve. Tim podacima se pridružuje GPS lokacija i time se osigurava izrada karata uroda unutar GISa. Karta uroda se može uspoređivati s podacima prikupljenim na terenu na gospodarstvu, na temelju analiza tla, aplikaciji kemijskih sredstava i ostalim informacijama koje se koriste u preciznom gospodarenju prostornim posebnostima određene parcele za buduću sezonu. Kada se karte uroda preklope u GISu u obliku sloja, i integriraju jedna s drugom, prikazuje se karta uroda u odnosu sa svim ograničavajućim čimbenicima tog prostora u digitalnom obliku (Mesterha, 2001.).

U vremenskim ili prostornim intervalima tijekom kojih se bilježi urod, DGPS (npr. putem drona) bilježi prostornu vrijednost. Podaci o urodu su georeferencirani i pohranjeni na računalo koje se koristi tijekom žetve ili disk. Pohranjeni podaci se mogu prenjeti na računalo u uredu i na temelju pohranjenih podataka mogu se izraditi karte prinosa. Uz pomoć karata prinosa moguće je savladati različite nedostatke parcela uzrokovanih različitom prostornom distribucijom određenih svojstava koji rezultiraju različitim prinosima (Buick, 1997.)

Slika 6. Aero monitoring

### Application of aerial monitoring: key technologies

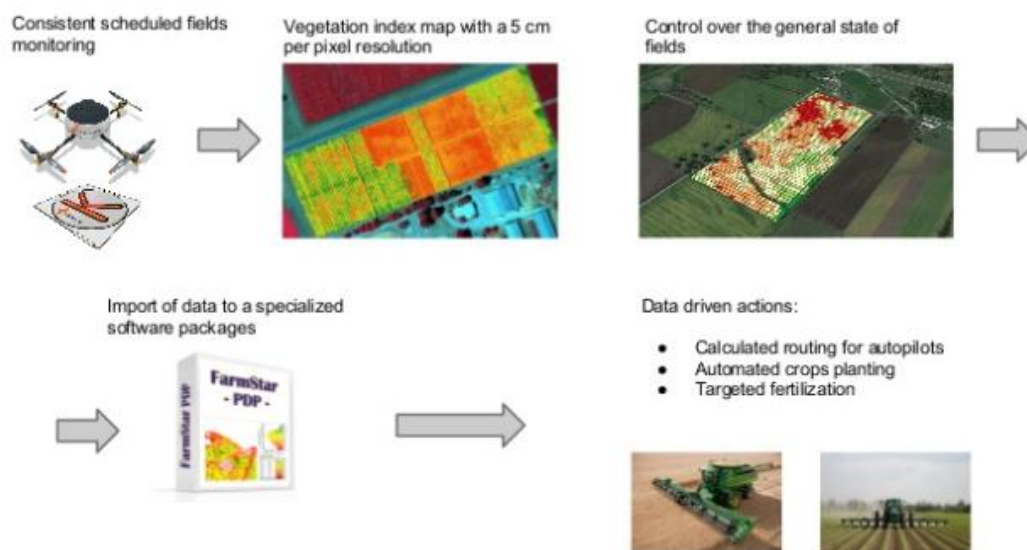


Izvor: <https://www.modpow.es/en/2015/10/28/agricultural-remote-sensing-truths-and-uncertainties-about-the-drone-revolution/>

Utvrđeno je kako kontinuirani monitoring uroda od tri do pet sezona zajedno s izradom karata prinosa rezultira najboljim vrijednostima. Potreban je niz uzorkovanja i terenskih izviđanja kako bi se mogao ustvrditi uzorak u ponašanju određene parcele koji uzrokuju varijabilni prinos (Colvin 1996.; Lachapelle i sur. 1996.) te kako bi se učinkovito iskoristili ovi podaci, koriste se i druge vrste prostornih podataka na parceli (Stafford i sur, 1996.). Potreban je određeni vremenski period i puno rada na terenu kako bi se vidjela isplativost i korist karata prinosa. Trenutno postoje nekoliko različitih monitora uroda prilagođenih različitim usjevima (npr., monitori za praćenje uroda krumpira, Hollist i sur. 1996).



Slika 7. Kontinuirani monitoring uroda putem dronova i mogućnosti



Izvor: <https://www.slideshare.net/karlssonproject/precision-agriculture-monitoring-by-drones>

### 2.1.3. Rast usjeva

Prilikom rasta usjeva, potrebno je pregledavati usjev ne bi li se zapazile kakve nepravilnosti u rastu te se iste zabilježile. Monitoring rasta usjeva nije nova pojava, ali se može povezati s GISom kako bi se pojava geoprostorno povezala, te se kao takva može analizirati usporedbom s ostalim podacima u GISu. Praćenje prinosa usjeva nije nova pojava, kao ni otklanjanje problema tijekom uzgoja prilikom utvrđivanja istih. Noviji način rješavanja tog problema je povezivanje tih podataka putem GPSa i računala. Uz aero snimke, bez problema bi svaka neobučena osoba mogla snimati stanje parcele te proslijediti iste na analizu obučenom kadru. Među ostalim metodama koje se koriste za utvrđivanje problema na parcelama su daljinska istraživanja putem poljoprivredne mehanizacije ili aero opreme. Optimiziranje je ključno u raspolaganju s satelitskim podacima. Ovi podaci bi trebali biti izvor uobičajenih poljoprivrednih podataka (Tayari, 2015).

## **2.2. Optimizacija gnojidbe**

Precizna gnojidba pomaže poljoprivrednicima da nadmiruju točne potrebe usjeva i tla za određenim hranivima na temelju prostornih posebnosti njihovih parcela. Ukupne potrebe za gnojidbom određuju se prema potrebama za ostvarenje profitabilnog ciljnog prinosa na temelju očekivanog uroda, već apliciranih količina gnojiva, te ciljane gnojidbene učinkovitosti. Povezivanje podataka o prethodnim gnojidbama i prijašnjim usjevima s GPS-om jedan je od prvih koraka u preciznoj aplikaciji (EU izvješće, 2014).

Suvremena poljoprivredna mehanizacija ima već ugrađenu GPS komponentu te precizna aplikacija gnojiva predstavlja jednostavan zadatak. Za mehanizaciju koja nema ugrađeni GPS sustav, postoje dodatni dijelovi koji se lako postavljaju i prilagođavaju takvom načinu korištenja. Slični način uporabe se koristi i prilikom sjetve. Modeliranjem u svrhu optimizacije gnojidbe, omogućeno je izbjegavanje skupih i nepotrebnih preklapanja u aplikaciji gnojiva te su smanjeni troškovi proizvodnje. U tu svrhu GIS modeliranje se definira kao proces generiranja podataka unutar baze podataka s ciljem predviđanja precizne distribucije određenog svojstva ili skupa svojstava koje bi mogle limitirajuće djelovati na preciznu gnojidbu te definiranje istih. Također, uporabom GIS modeliranja smanjuje se opterećenje okoliša uzrokovano brojnim nepotrebnim prohodima teške poljoprivredne mehanizacije jer se koriste podaci dobiveni daljinskim istraživanjima ali i pametno se raspolaže podacima dobivenim agrokemijskim analizama tla (Reetz, 2016.).

### **2.2.1. Baza podataka**

Podaci o statusu hraniva, načinu i količini upotrebljenih gnojiva su osnovni podaci na kojima se temelji izrada baze podataka u svrhu optimizacije gnojidbe. Stvorena baza podataka se povezuje odnosno geografski pozicionira te njezini podaci se koriste za analizu trenutnog stanja hraniva na određenoj parceli, produktivnost parcele, profitabilnost i utjecaj na okoliš koji se neimenovno događa prilikom poljoprivredne proizvodnje. Za potrebe georeferenciranja ove baze podataka koriste se GPS i GIS za velika gospodarstva, no i za mala. Smisao izrade ove baze podataka jest da se podaci o gnojidbi i aplikaciji unose redovito, jer što duži period ta baza podataka sadržava (od nekoliko sezona) to će njezina povratna informacija u formi modeliranja biti vrijednija (Reetz, 2016.) .

GIS analiza omogućava pojedinačnu analizu svakog zasebnog sloja podataka. Naime, prilikom izrade baze podataka svaka zasebna vrsta podataka kao što su godine praćenja proizvodnje, vrste usjeva, vrijednosti uroda, agrokemijske karakteristike tla, aplikacija gnojiva su pohranjene na zasebni potpuno autonomni sloj. Na slici br.8 vidimo prikaz formiranja baze podataka odnosno preklapanje slojeva unutar GISa. Pojedinačnom analizom svakog sloja moguća je interpretacija uzročno posljedičnog odnosa između različitih vrsta podataka koji su dostupni i pohranjeni u bazi podataka.

Slika 8. Baza podataka u preciznom gospodarstvu



Izvor: Illustration of various component practices and technologies commonly associated with specific precision agriculture systems (IPNI, Reetz, Better Crops, 1994).

Za različite korisnike ovakva baza podataka osigurava različite informacije. Za poljoprivrednog proizvođača ili upravitelja gospodarstva, takva baza podataka predstavlja koristan alat za planiranje i donošenje odluka o daljnoj proizvodnji između ostalog i potrebama za gnojidbom. Za savjetodavne službe može biti korištena u vidu sažimanja aktivnosti koje se provode ali isto tako i u vidu edukacijskih aktivnosti koje se mogu provesti unutar lokalne zajednice za ostale proizvođače te za analizu nadmirivanja potreba za određenim usjevima na temelju tržišne potražnje. Za vladine agencije i službe za osmišljanje i donošenja odluka o načinima poboljšanja poljoprivredne proizvodnje na određenom prostoru.

U svakom slučaju, što kvalitetnije informacije koje su pohranjene u GISu to su veće i mogućnosti i prednosti u planiranju buduće proizvodnje i donošenju potrebnih odluka, neovisno o korisnicima. Postoje različiti programi i sustavi za upravljanje bazama podataka koji su dostupni za upravitelje poljoprivrednih gospodarstava i poljoprivrednih proizvođača te mogućih savjetnika u proizvodnji, koji se koriste prilikom prikupljanja podataka, organiziranju i interpretaciji. Dostupni su obliku pojedinačnih sustava isključivo za potrebe poljoprivrednog proizvođača do otvorenog sustava koji može koristiti neograničeni broj korisnika. Prilikom izbora takvih sustava za upravljanje bazom podataka potrebno je voditi računa i o zaštiti baze podataka od zlouporabe i načinu korištenja ili dupliciranja itd (Reetz, 2016.).

### **2.2.2. Daljinska istraživanja**

Uporaba daljinskih istraživanja u poljoprivredi temelji se na mjerenju reflektirajućeg elektromagnetnog zračenja tla ili biljke putem satelita, aero snimki, traktora i dr. Ovaj način monitoringa poljoprivrednih površina spada u skupinu beskontaktnih istraživanja. Oprema koja se koristi prilikom daljinskih istraživanja varira, te podrazumijeva satelite, avione, traktore i mobilne senzore. Mjerenja provedena pomoću mobilnih senzora i traktora nazivaju se još proksimacijska istraživanja, pogotovo ako ne uključuju mjerenja reflektiranog zračenja. Osim reflektirajućeg, transmitiranog i apsorbiranog zračenja, lišće biljaka može emitirati i fluorescenciju (Apostol et al., 2003) ili toplinsko zračenje (Cohen, Alchanatis, Meron, Saranga, & Tsipris, 2005). Termalna daljinska istraživanja koja se koriste prilikom utvrđivanja statusa vode u biljci, temelji se na emitiranom zračenju biljke u odnosu na temperaturnu razliku između lista i stabljike, koje variraju s temperaturom zraka i intenzitetom evapotranspiracije (Mulla, 2013). Intenzitet reflektirajućeg zračenja je obrnuto proporcionalan u odnosu na apsorbirano zračenje od strane biljnih pigmenta, te varira s valnom duljinom zračenja. Biljni pigment kao što je klorofil, upija zračenje u vidljivom dijelu spektra od 400 do 700 nm (Pinter et al., 2003), pogotovo pri valnim duljinama kao što su 430 (plavi ili B) i 660 (crveni ili R) nm za klorofil a i 450 (B) i 650 (R) nm za klorofil b. Ostali biljni pigmenti kao što su antocijani i karotenoidi, također su važni (Blackburn, 2007). S druge strane, refleksija biljaka je visoka i blizu je vrijednosti infracrvenog zračenja (NIR 700e1300 nm) što je rezultat gustoće lišća i rasporeda usjeva. Spektralne granice ovog tipa se

obično koriste prilikom utvrđivanja različitih karakteristika biljnih usjeva kao što su indeks površine lista, biomasa, sadržaj klorofila ili sadržaj dušika u usjevima.

Na količinu emitiranog zračenja tla utječe prvenstveno vlažnost tla i sadržaj organske tvari u tlu ali i količina glinenih minerala u tlu kao i kalcij karbonata i željeznih oksida (Thomasson, Sui, Cox, & AleRajehy, 2001; Viscarra Rossel, Walvoort, McBratney, Janik, & Skjemstad, 2006). Svaki konsituent tla ima specifično spektralno područje u kojemu je reflektirajuće zračenje najizraženije (Ben-Dor, 2010), i specifičan spektralni trag. Slike dobivene daljinskim istraživanjima obično sadrže slike tla bez usjeva i sa usjevima, te kako bi se razgraničile njihove spektralne slike koriste se algoritmi (Huete & Escadafal, 1991), ili spektralne derivacije (Demetriades-Shah, Steven, & Clark, 1990) kako bi se izolirale informacije za svaki izvor zračenja, od biljke i tla.

Uporaba daljinskih istraživanja u poljoprivredi su uvjetovana opremom kojom se namjeravaju provoditi te da li će podrazumijevati uporabu stelita, aero ili stacionarnih sustava opreme. Različiti izvori podataka zahtijevaju različite sustave prikupljanja i obrade istih, te su od velike važnosti prilikom izbora zbog točnosti rezolucije koju osiguravaju, minimalnu frekvenciju ponovnog prelaska preko površine. Poboljšanjem prostorne rezolucije poboljšava se i prikaz površine najmanjeg utvrđenog piksela.

Poboljšanjem prostorne rezolucije, površina najmanjeg piksela se smanjuje, a homogenost tla ili karakteristika usjeva unutar piksela raste. Loša prostorna rezolucija upućuje na velike piksele s velikom heterogenošću promatranih karakteristika tla ili biljke. Povratna frekvencija je bitna za utvrđivanje vremenskih uzoraka u ponašanju karakteristika tla ili biljke. Nedostatak uporabe satelitske opreme je nepreglednost određene površine uzrokovane oblacima dok kod uporabe aero snimki, taj problem se uspješno zaobilazi (Moran, Inoue, & Barnes, 1997).

Prema Mulla (2013.) sažetak napredka daljinskih istraživanja i frekvencije pokrivanja različitih satelita prikazane su Tablici br. 1.

Tablica 1. Napredak daljinskih istraživanja putem satelita

Godina	Ime satelita	Rezolucija	Vrijeme ponovnog prolaska satelita (u danima)	Frekvencije
1984.	Landsat 5 TM	30 m	16	B, G, R, dvije NIR, MIR, TIR
1999.	IKONOS	1 - 4 m	3	Pankromatske, B, G, R, NIR
2001.	QuickBird	0,6 – 2,4 m	1 – 4	Pankromatske, B, G, R, NIR
2008.	RapidEye	6,5 m	5,5	B, G, R, red edge, NIR
2008.	GeoEye	1,6	2 – 8	Pankromatske, B, G, R, NIR1, NIR2
2009.	WorldView-2	0,5	1,1	P, B, G, Y, R, red edge, NIR

Izvor: Autor

### 2.3. Postojeći primjeri (Republika Hrvatska i inozemstvo)

#### 2.3.1. Republika Hrvatska

Prema podacima izvješća "Informacija o stanju i problematici biljne proizvodnje na području Osječko-baranjske županije" iz 2013. godine, provedena je kontrola plodnosti tla te su rezultati iste prikazani u GIS-u na kratama produktivnosti poljoprivrednih površina Osječko-baranjske županije. Kompjutorski model procjene pogodnosti za usjeve, podržan GIS-om, pokazao se brzim i efikasnim uz dovoljnu pouzdanost i sve više naših, poljoprivrednih proizvođača provode analizu svojih poljoprivrednih površina. Uporaba GIS modeliranja više je prihvaćena od većih poljoprivrednih proizvođača, kao što je Belje u odnosu na prosječno obiteljsko poljoprivredno gospodarstvo u RH. Dakako, veći proizvođači lakše i brže ekonomski opravdavaju uporabu novih tehnika i tehnologija, no GIS modeliranje u ovom obliku ne predstavlja finacijski izazov za male poljoprivredne proizvođače, koliko informatički.

### **2.3.1.1. Belje**

Na službenoj stranici Belja stoji podatak kako od 2015. godine koriste dva drona za potrebe snimanja svojih ratarskih površina, te im je omogućeno detaljno snimanje velikih oranica od 100 i više hektara kakvih je u Belju najveći broj. Prikupljeni podaci iz drona se prebacuju u suvremeni GIS sustav koji je Belje razvilo za svoje potrebe i u kojem tehnolozi obrađuju podatke i kreiraju karte prihrane koje se prebacuju u računala satelitski navigiranih traktora i prema njima se izvodi točna prihrana pšenice. To znači da biljka dobiva potrebnu količinu gnojiva, ni više ni manje od optimuma koji je definiran računalnim programom. Precizna poljoprivreda je u primjeni na Belju već sedam godina a korištenje dronova za nas predstavlja kvalitativni iskorak koji nam omogućuje da svoje poslove realiziramo točnije i brže dronove koristimo za vizualno praćenje stanja usjeva, rano otkrivanje bolesti i štetnika te prikupljamo i brojne informacije koje su nevidljive ljudskom oku kao što je NDVI-bujnost biomase.

### **2.3.2. Inozemstvo**

Mogućnosti korištenja GISa u poljoprivredi su beskrajne. Od integrirane uporabe pesticida, i praćenja ispiranja istih, do upravljanja raspodjelom hraniva po parceli tijekom sezone, mogućnosti su neograničene (Pierc i Clay, 2007.). Uporaba GISa u modeliranju gnojidbe u čileanskim vinogradima je iznimno bitna. U sklopu precizne poljoprivrede, svaka loza dobiva potrebnu količinu hraniva prilagođena potrebama svakog budućeg grozda. Nakon aplikacije vrši se monitoring raspodjele dušika putem daljinskih istraživanja tijekom čitave sezone, ne bi li se otklonile prijetnje gubitka istog (Mulla, 2013.). Kao preteča vojnog sustava monitoringa zemljišta u SAD-u, GIS ima najizrazitiju struju uporabe baš u SAD-u. Još 1976. godine od lansiranja satelita Landsat 1 američka poljoprivredna agencija za statistiku u dogovoru s ministarstvom poljoprivrede SAD-a provodi daljinska istraživanja uporabe poljoprivrednih parcela te nekoliko godina kasnije dolazi i do prvih modeliranja u svrhu planiranja poljoprivredne proizvodnje, te između i ostalog i optimizacije gnojidbe (Hanuschak, 2004.).

### 3. Materijali i metode

U sklopu projekta prekogranične suradnje između Republike Hrvatske i Republike Srbije pod nazivom "Doprinos poljoprivrede zdravoj hrani i čistom okolišu" (eng. *Agricultural Contribution Towards Clean Environment and Healthy Food*, AGRI-CONTO-CLEEN) prikupljeni su podaci o plodnosti i opterećenosti tala u prekograničnom području, provedeno je uzorkovanje tala i usjeva za agroekološke i pedološke analize, gnojidba usjeva, kalcizacija tala, uporaba herbicida, pesticida i insketicida u zaštiti bilja. U sklopu projekta AGRI-CONTO-CLEEN, poljoprivrednim gospodarstvima koji su obuhvaćeni izrađene su gnojidbene preporuke na temelju provedenih analiza.

U svrhu cilja istraživanja ovog diplomskog rada obuhvaćeni su podaci plodnosti tala za obiteljsko poljoprivredno gospodarstvo Berak i Vinograci, te su spomenuti podaci korišteni kao baza podataka uz postojeću bazu podataka projekta, prilikom izrade kartografskih prikaza u ArcGIS 9.3 softwareu.

#### 3.1. Baza podataka i laboratorijske analize

Dio podataka korišten za potrebe modeliranja obuhvaća analize tla obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava Vinograci i Berak. Analize obuhvaćaju pH vrijednost tla, humusa te, koncentracija AL- pristupačnog fosfora i kalija.

pH vrijednost uzoraka određivana je pH-metrom, u 1:2,5 (w/v) suspenziji tla s destiliranom vodom za utvrđivanje aktualne kiselosti, a s 1M KCl za utvrđivanje supstitucijske kiselosti (ISO, 1994.).

Sadržaj humusa u tlu određen je bikromatnom metodom koja predstavlja mokro spaljivanje organske tvari tla kalijevim bikromatom. Koncentracija humusa u uzorcima nakon spaljivanja organske tvari određena je spektrofotometrijski (ISO, 1998.).

Lakopristupačni fosfor i kalij u tlu određeni su AL metodom, ekstrakcijom tla s amonij laktatom (Egner i sur., 1960.). Fosfor određen prema AL metodi odnosi se na frakciju topivu u vodi, te u slabim kiselinama koja je najznačajnija za ishranu bilja. Određen je plavom metodom, a koncentracija je izmjerena pomoću spektrofotometra. Dobiveni rezultati izražavaju se u mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O 100 g<sup>-1</sup> tla.



### 3.2. GIS slojevi

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada u svrhu unosa vektorskih podataka i stvaranja sloja s georeferenciranom bazom podataka korištena je karta WMS kao osnovni sloj nadogradnje tijekom navedenog modeliranja, a dostupna je na stranici Geoportala Državne Geodetske uprave RH. Navedeni sloj sadrži digitalni ortofoto u boji iz 2011. godine. Na navedeni sloj, iscrtane su predmetne parcele općina Vinograci i Berak, prateći postojeće veličine u evidenciji Arkoda, sustavu evidencije zemljišnih parcela u Republici Hrvatskoj. Postojeći sloj, povezan je s podacima analize tla, te prilikom odabira željene funkcije dobivena je prostorna distribucija željenog svojstva.

### 3.3. Gnojdbene preporuke

Potrebe za aplikacijom osnovnih hraniva, dušika, fosfora i kalija, najviše ovisi o karakteristikama tla i njegovoj kvaliteti. Potrebe za gnojidbom, u sklopu ovog istraživanja, su utvrđene putem sustava potpore odlučivanju (dss). DSS je računalom podržan interaktivni sustav koji donositeljima odluke pomaže prilikom donošenja odluka oko gnojidbe. Poljoprivredni proizvođači ili upravitelji, koriste ove preporuke kako bi optimizirali svoju proizvodnju i smanjili troškove gnojidbe uz istovremeno smanjivanje negativnog utjecaja na okoliš.

Navedeni sustav potpore (kalkulator gnojidbe) dostupan je na internet stranici EU IPA projekta: Doprinos poljoprivrede čistom okolišu i zdravoj hrani ([www.agroekologija.com](http://www.agroekologija.com), Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Odjel za Agroekologiju).

Za izračun potreba za gnojidbom pomoću DSS kalkulatora korišteni su sljedeći podaci:

- Planirani usjev i planirani urod: pšenica s planiranim urodom od 5 t (na temelju Statističkog ljetopisa Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske iz 2016. Godine)
- Predusjev: kukuruz kao najčešća kultura kao predusjev pšenici, tako da su podaci korišteni u vidu žetvenih ostataka kukuruza, i srednja vrijednost uroda za koju su optimalne vrijednosti N, P i K korištene

- Karakteristike tla: pH (H<sub>2</sub>O), pH (KCl), sadržaj humusa (%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (mg/100g) te K<sub>2</sub>O (mg/100g), korišteni su podaci iz baze podataka dok su podaci za teksturnu klasu i N<sub>min</sub> (kg/ha) uzete prosječne vrijednosti za regiju
- Organska gnojidba predusjeva: naziv gnojiva, upotrebljena količina, godina aplikacije. S obzirom da se organska gnojiva slabije koriste, nije uzeta u obzir organska gnojidba predusjeva.
- Planirana organska gnojidba: naziv i količina gnojiva;
- Dostupna mineralna gnojiva

Sintezom dobivenih podataka putem DSS zajedno s bazom podataka, gnojdbene preporuke za OPG Berak i Vinograci, povezane su u sklopu kreirane baze podataka zajedno s osnovnim slojem kartom digitalnog ortofoto-a iz 2011.godine te kartografski prikazuju navedene preporuke gnojdbne koje uključuju projekciju gnojdbne dušikom, fosforom i kalijem, projekciju organske gnojdbne i kalcizacije.

### **3.4. Statistička obrada podataka**

Rezutati su obrađeni u statističkom programu Minitab® Statistical Software version 15 (2007.). Korištene su korelacija, analiza varijance (ANOVA) i Tukey test za prikazivanje značajnih razlika.

#### 4. Rezultati

Ovim istraživanjem obuhvaćene su dva poljoprivredna gospodarstva, Berak i Vinogradci. U sklopu poljoprivrednog gospodarstva Berak, obuhvaćene je 29 poljoprivrednih parcela veličine od 0,6 ha do 12,97 ha, prosječne veličine 3,1 ha. Radi detaljnije analize stanja parcele su podjeljene na 50 parcela veličine od 0,6 ha do 4 ha prosječne veličine 1,7 ha. Ukupna površina promatranih parcela je 85 ha.

U sklopu poljoprivrednog gospodarstva Vinogradci obuhvaćeno je 30 poljoprivrednih parcela veličine od 0,28 ha do 35,09 ha, prosječne veličine 3,6 ha koje su također radi detaljnije analize podjeljene na 52 parcele veličine 0,28 ha do 17,95 ha prosječne veličine 2,1 ha. Ukupna površina promatranih parcela u Vinogradcima je 109 ha.

Za oba gospodarstva i njihove poljoprivredne parcele izvršene su analize pH, sadržaj humusa, hidrolitička kiselost tla, te sadržaj fosfora i kalija amonij laktat (AL) metodom (Tablica 2.).

Tablica 2. Opisna statistika promatranih lokaliteta

	lokalitet	n	Prosjek	StDev	Min.	Max.	<i>p</i>
<b>pH(H<sub>2</sub>O)</b>	Vinogradci	52	5.8	0.6967	4.4	7.6	***
	Berak	50	7.2	0.972	5.7	8.6	
<b>pH(KCl)</b>	Vinogradci	52	4.9	0.722	3.9	7.1	***
	Berak	50	6.4	1.06	4.7	7.7	
<b>Humus</b>	Vinogradci	52	1.7	0.3376	1.1	2.7	***
	Berak	50	2.1	0.2515	1.6	2.8	
<b>AL P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	Vinogradci	52	11.2	7.145	4.9	47.2	***
	Berak	50	21.2	24.89	5.6	100.0	
<b>AL K<sub>2</sub>O</b>	Vinogradci	52	17.5	6.699	9.1	44.1	***
	Berak	50	24.3	4.619	15.7	35.6	

\*\*\*  $p < 0.001$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*  $p < 0.05$ ; ns – nema značajnih razlika

Izvor: Autor

Za oba poljoprivredna gospodarstva i njihove parcele generirane su gnojidbene preporuke koje su se usporedile te su utvrđene razlike u potrebama između dva gospodarstva za mineralnu gnojidbu s i bez organske gnojidbe.

Tablica 3. Statistika preporuke gnojidbe za OPG Berak i Vinogradci

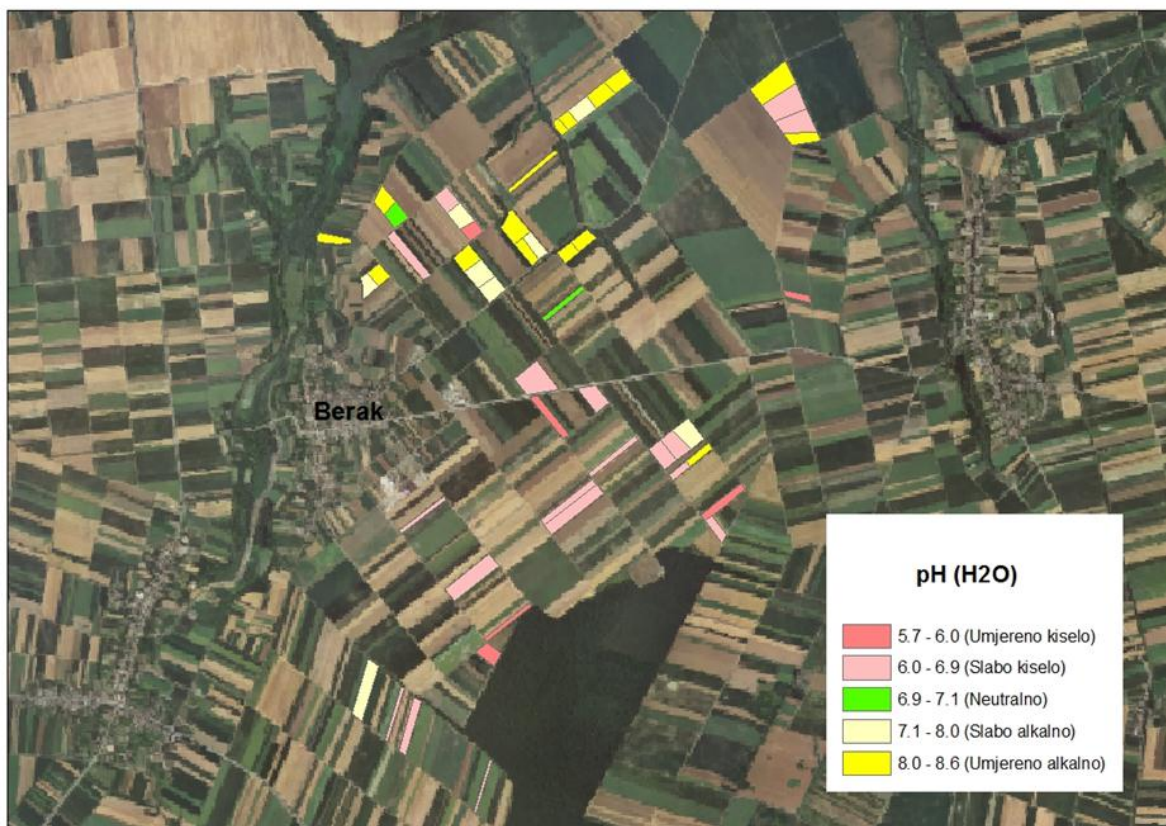
	<b>LOKALITET</b>	<b>n</b>	<b>Prosjek</b>	<b>StDev</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>p</b>
<b>N po ha</b>	<b>BERAK</b>	50	68.1	31.64	22.0	172.4	*
	<b>VINOGRADCI</b>	52	130.0	179	5.6	807.7	
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> po ha</b>	<b>BERAK</b>	50	52.5	37.57	0.0	142.9	**
	<b>VINOGRADCI</b>	52	122.0	150.3	0.0	733.3	
<b>K<sub>2</sub>O po ha</b>	<b>BERAK</b>	50	25.4	24.42	0.0	103.5	***
	<b>VINOGRADCI</b>	52	114.5	153.8	0.0	633.3	
<b>OG po ha</b>	<b>BERAK</b>	50	24.1	11.52	7.1	60.3	*
	<b>VINOGRADCI</b>	52	46.4	63.25	2.0	269.2	
<b>N OG po ha</b>	<b>BERAK</b>	50	30.7	14.28	8.6	77.6	*
	<b>VINOGRADCI</b>	51	58.0	80.5	2.5	384.6	
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> OG po ha</b>	<b>BERAK</b>	50	25.5	25.18	0.0	88.8	*
	<b>VINOGRADCI</b>	51	49.7	69.08	0.0	466.7	
<b>K<sub>2</sub>O OG po ha</b>	<b>BERAK</b>	50	0.6	2.814	0.0	14.4	***
	<b>VINOGRADCI</b>	51	20.3	32.66	0.0	166.7	

Izvor: Autor

#### 4.1. pH reakcija tla

U analiziranim uzorcima utvrđen je raspon *trenutne* kiselosti koji varira od umjereno kiselih tala do umjereno alkalnih. Ukupno je analizirano 50 uzoraka tla za OPG Berak, te od ukupnih 29 parcela podijeljenih na 50 parcela; 6 parcela spadaju u kategoriju umjereno kiselih tala, 18 slabo kiselih, 2 neutralne reakcije, 8 slabo alkalne reakcije, te 16 umjereno alkalne reakcije.

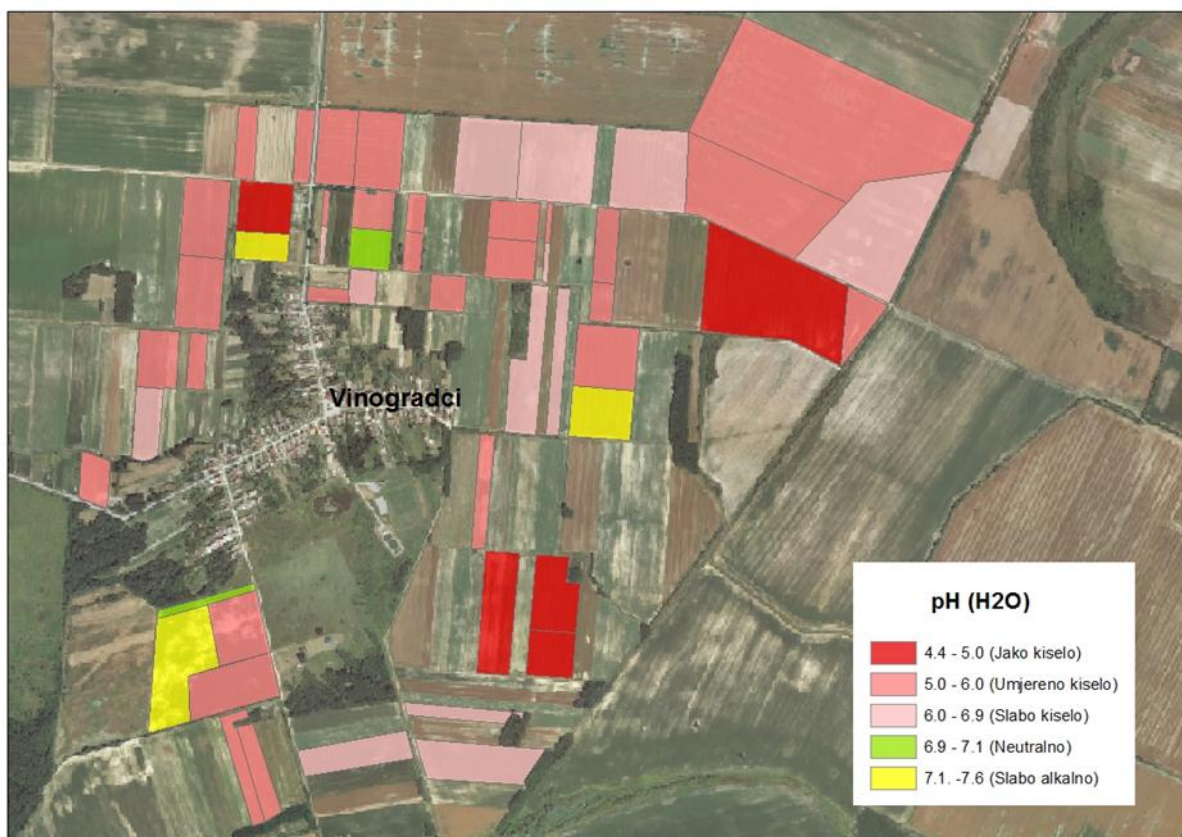
Karta 1. pH reakcija tla na parcelama OPG-a Berak



Izvor: Autor

Za OPG Vinogradci analizirano je 52 uzorak tla, te je od ukupnog broja 30 poljoprivrednih parcela podijeljenih na 52 parcele, njih 5 jako kiselo (pH 4,4-5,0), 29 umjereno kiselo (pH 5,0-6,0), 13 slabo kiselo (pH 6,0-6,9), 2 neutralne reakcije (pH 6,9-7,1), te 3 slabo alkalne reakcije (pH 7,1-7,6).

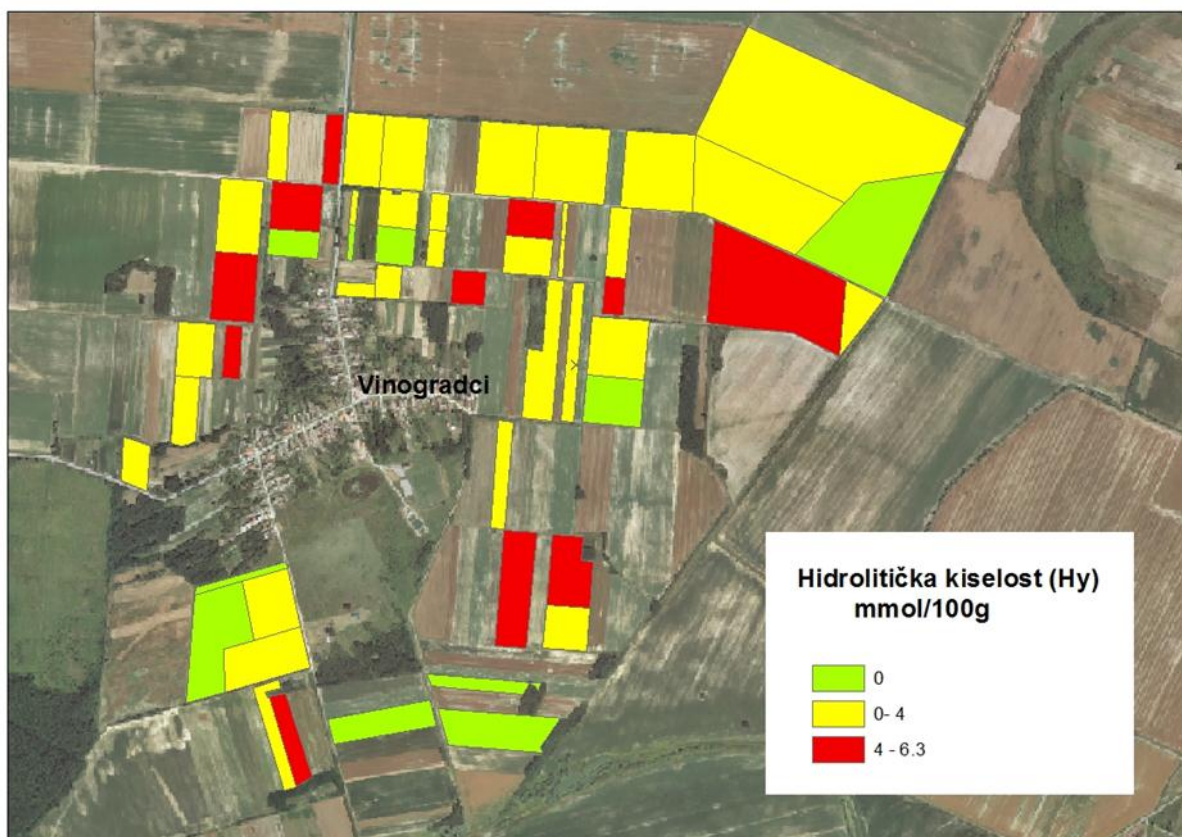
Karta 2. pH reakcija tla parcela OPG-a Vinogradci



Izvor: Autor



Karta 3. Hidrolitička kiselost parcela OPG-a Vinogradci

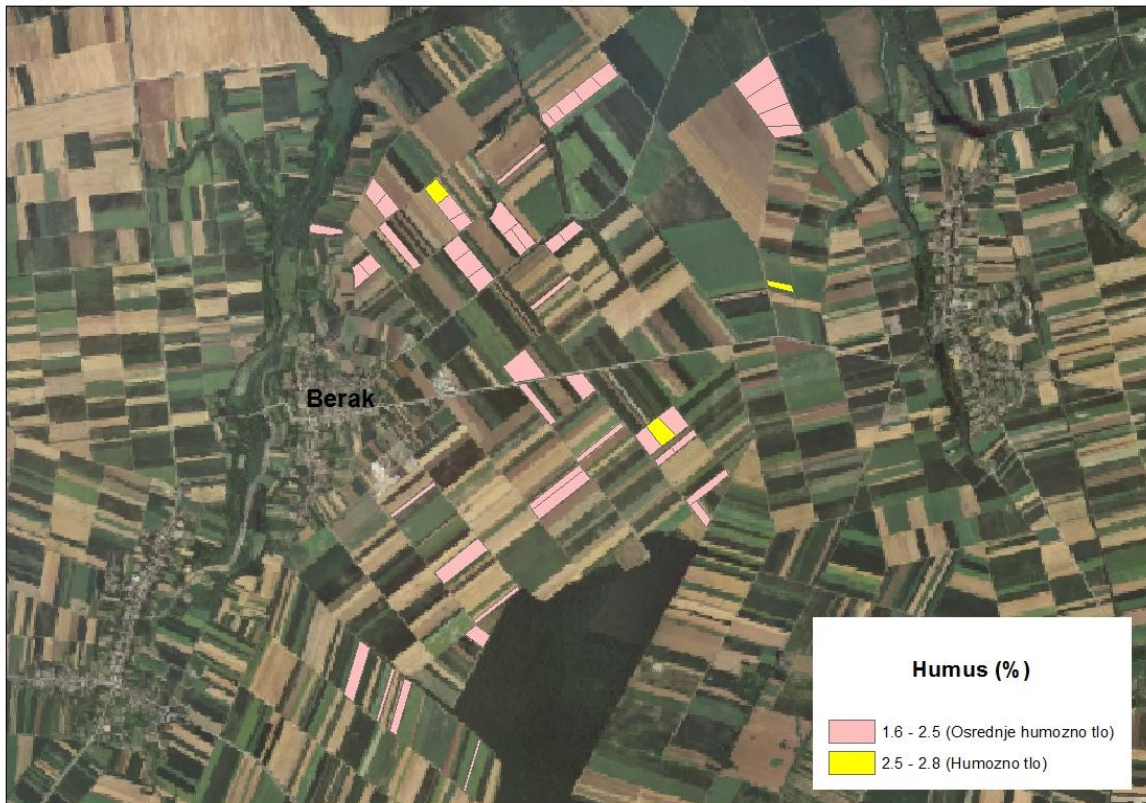


Izvor: Autor

## 4.2. Sadržaj humusa

Prema utvrđenim vrijenodstima sadržaja humusa za OPG Berak, 47 parcele prema uzoracima tla spadaju u kategoriju srednje humoznog tla (1,6-2,5 % humusa) dok svega 3 parcele spadaju u kategoriju humoznog tla (2,5-2,8 % humusa) kao što je vidljivo na karti 4.

Karta 4. Sadržaj humusa na parcela OPG-a Berak

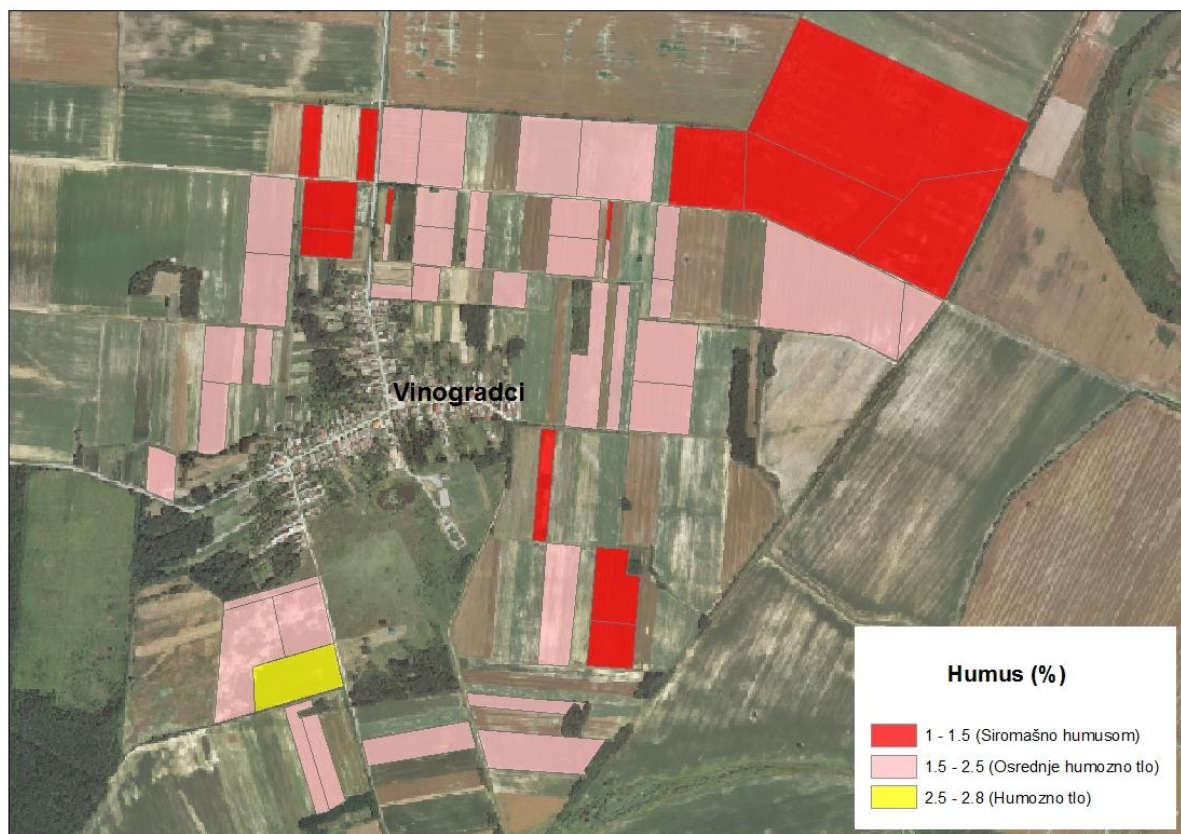


Izvor: Autor



Prema utvrđenim vrijednostima sadržaja humusa za OPG Vinogradci, 13 parcela prema uzoracima tla spadaju u kategoriju tla siromašnog humusom (1-1,5 % humusa) dok 38 parcele spada u kategoriju osrednje humoznog tla (1,5-2,5 % humusa), te svega jedna parcela spada u kategoriju humoznog tla (2,5-2,8 % humusa).

Karta 5. Sadržaj humusa na parcelama OPG-a Vinogradci

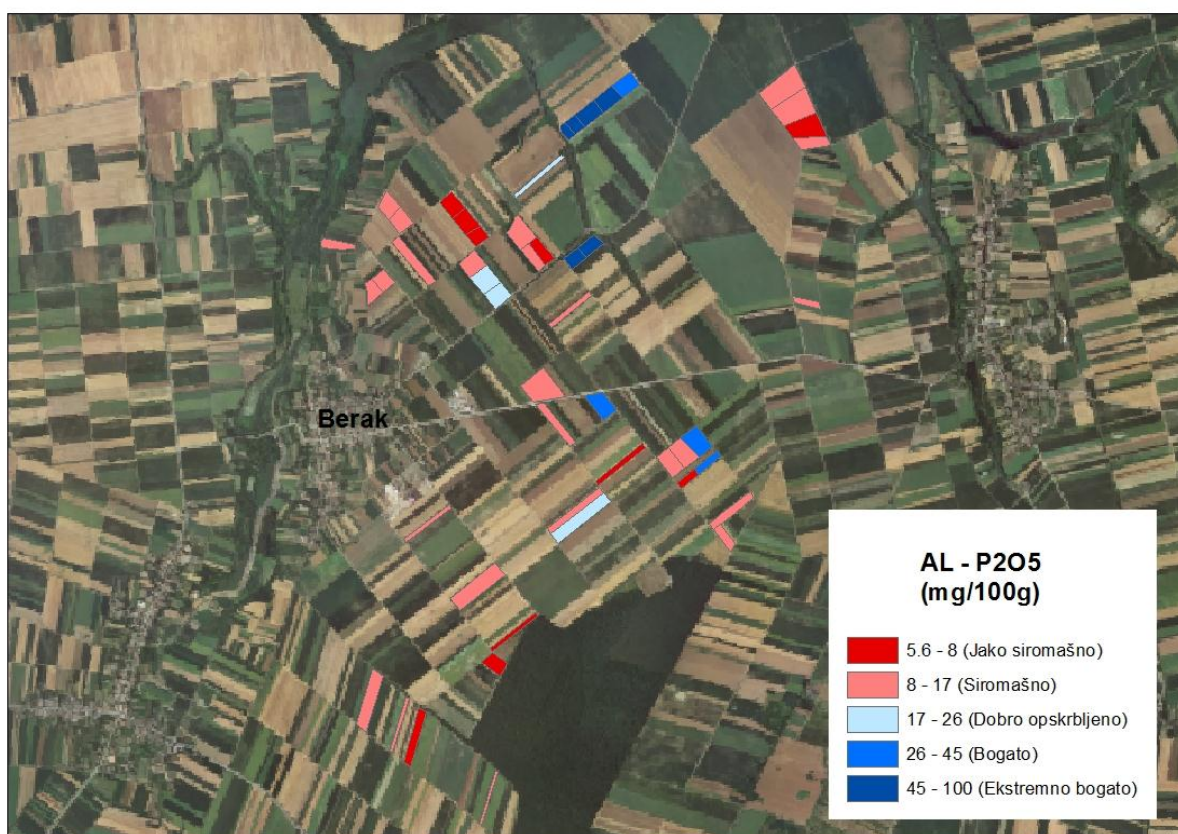


Izvor: Autor

### 4.3. Sadržaj fosfora

Prema rezultatima analize tla na OPG-u Berak od ukupnih 50 poljoprivrednih parcela, koje čine poljoprivredno gospodarstvo, njih 10 je jako siromašno fosforom, 26 je siromašno opskrbljeno fosforom, njih 4 je dobro opskrbljeno, 4 parcele su bogate fosforom, te 6 parcela je ekstremno bogato fosforom kao što je vidljivo na karti 6.

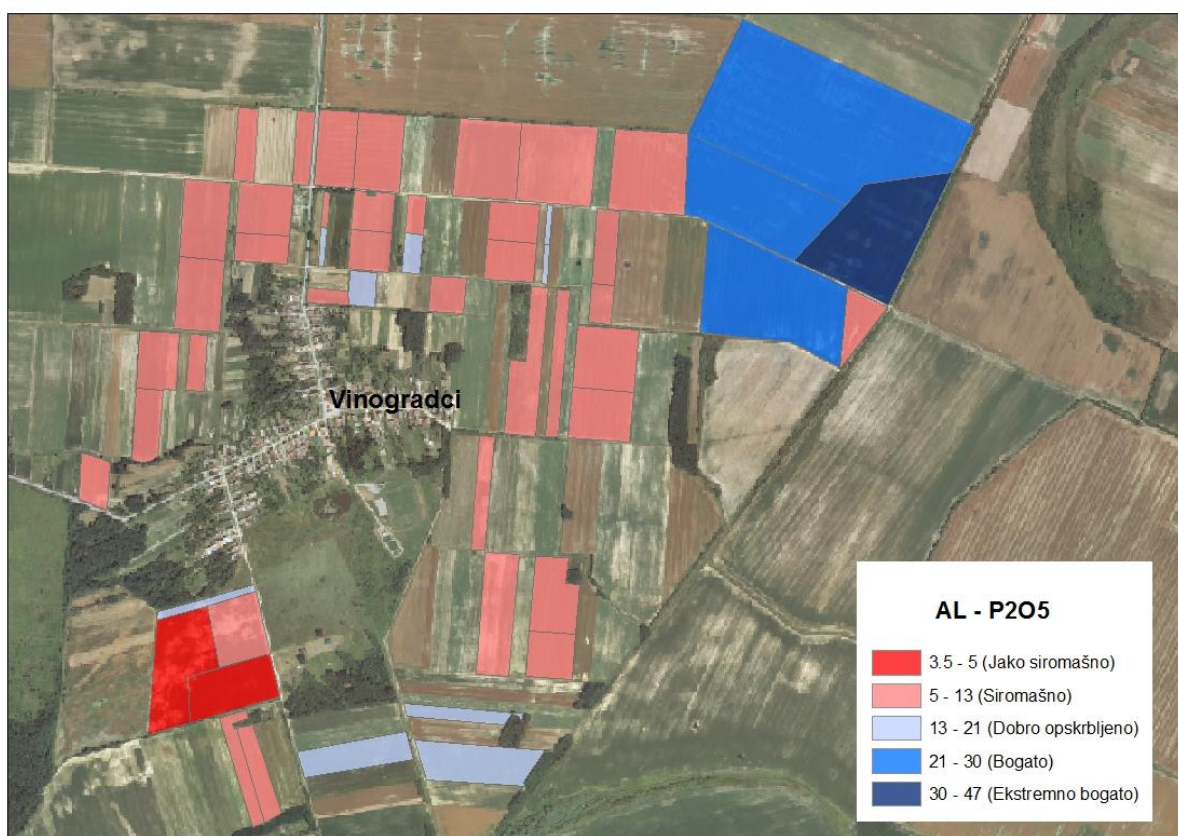
Karta 6. Sadržaj fosfora na parcelama OPG-a Berak



Izvor: Autor

Prema rezultatima analize tla na OPG-u Vinogradci od ukupnih 52 poljoprivredne parcele, koje čine poljoprivredno gospodarstvo, njih 2 je jako siromašno fosforom, 38 je siromašno opskrbljeno fosforom, njih 9 je dobro opskrbljeno, 2 parcele su bogate fosforom, te jedna parcela, odnosno dio jedne parcele je ekstremno bogat fosforom uslijed ispiranja i erozije tla kao što je vidljivo na karti 8.

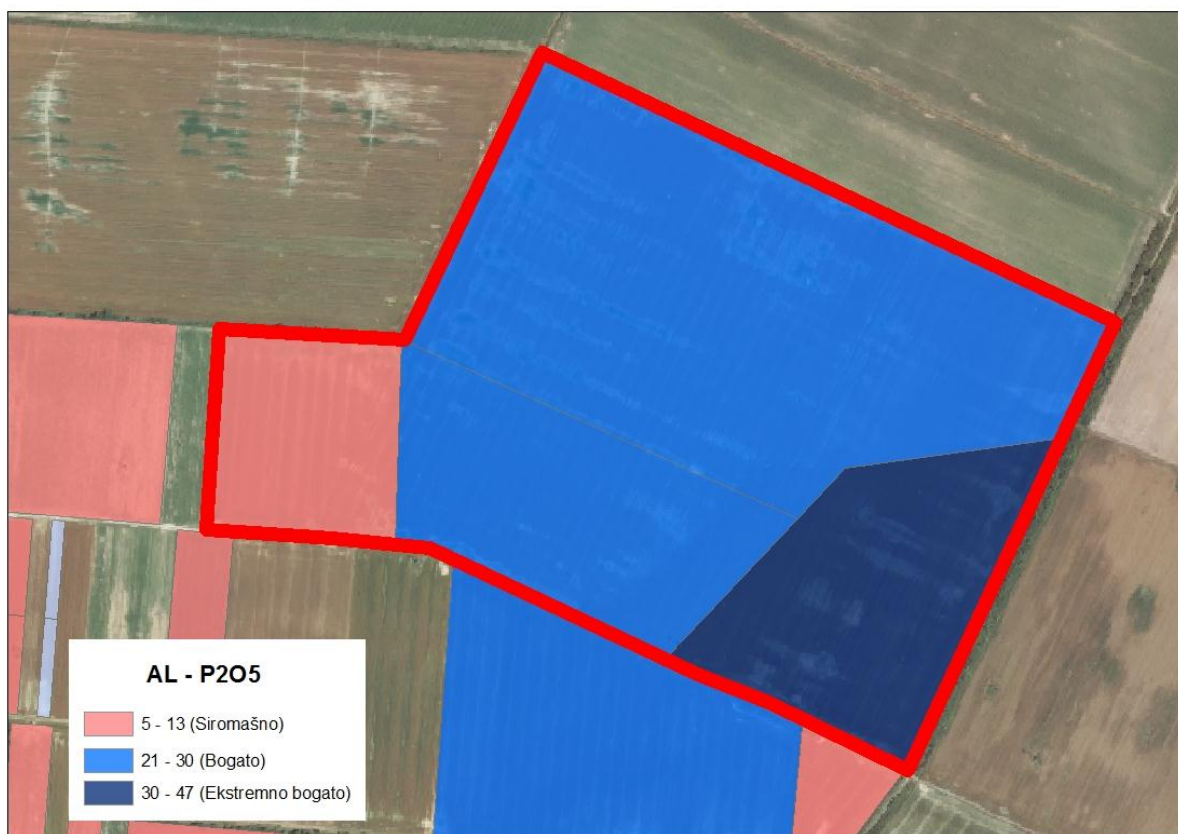
Karta 7. Sadržaj fosfora na parcelama OPG-a Vinogradci



Izvor: Autor



Karta 8. Prikaz ispiranja fosfora na parceli OPG-a Vinogradci

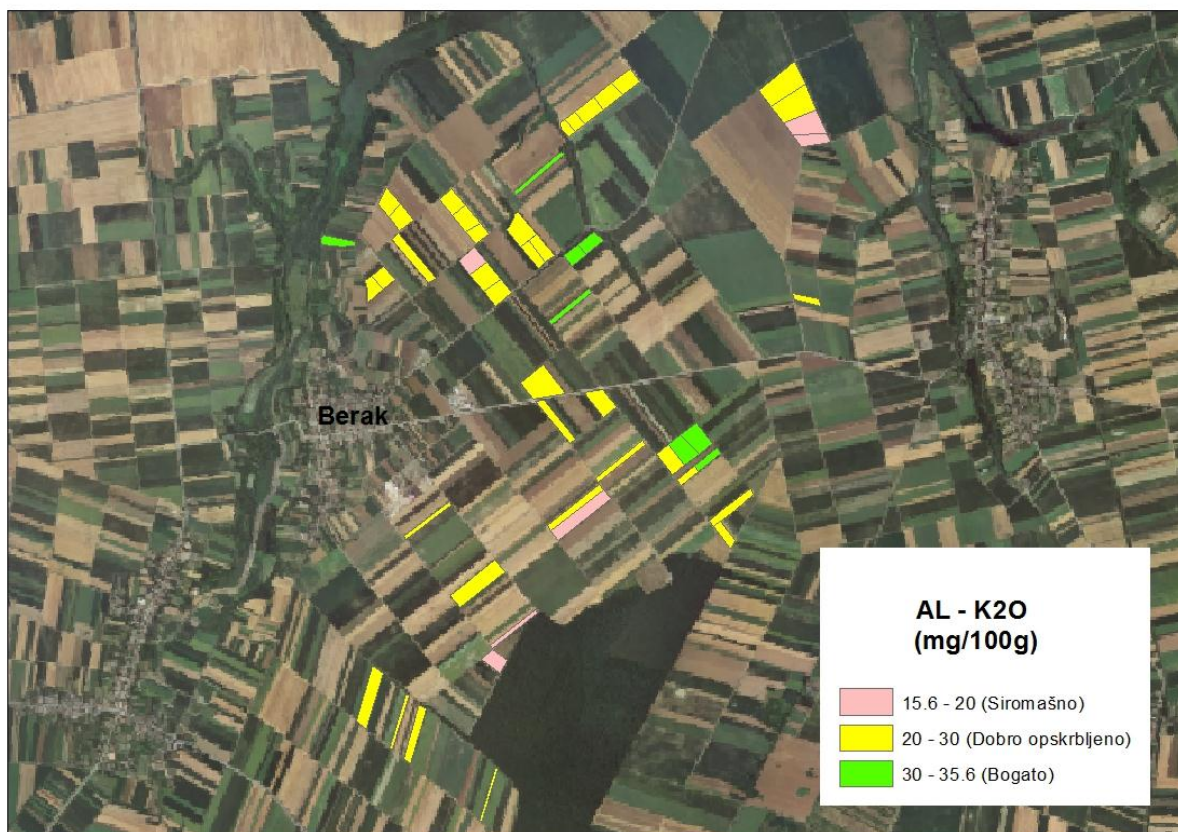


Izvor: Autor

#### 4.4. Sadržaj kalija

Prema rezultatima analize tla na OPG-u Berak od ukupni 50 poljoprivrednih parcela, koje čine poljoprivredno gospodarstvo, njih 6 je siromašno kalijem, 36 je dobro opskrbljeno te njih 8 je bogato kalijem.

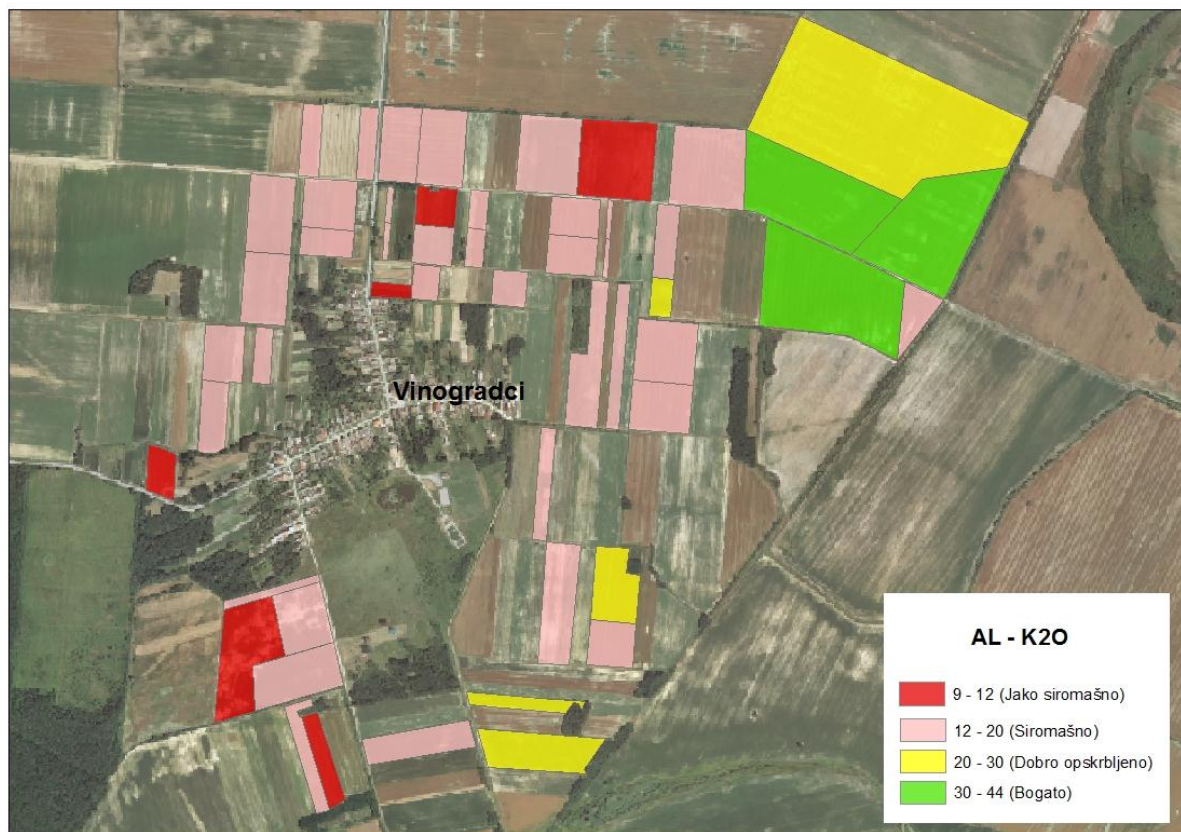
Karta 9. Sadržaj kalija na parcelama OPG-a Berak



Izvor: Autor

Prema rezultatima analize tla na OPG-u Vinogradci od ukupnih 52 poljoprivredne parcele, koje čine poljoprivredno gospodarstvo, njih 6 je jako siromašno kalijem, 38 je siromašno opskrbljeno te njih 5 je dobro opskrbljeno kalijem, i svega 3 parcele su bogate kalijem.

Karta 10. Sadržaj kalija na parcelama OPG-a Vinogradci



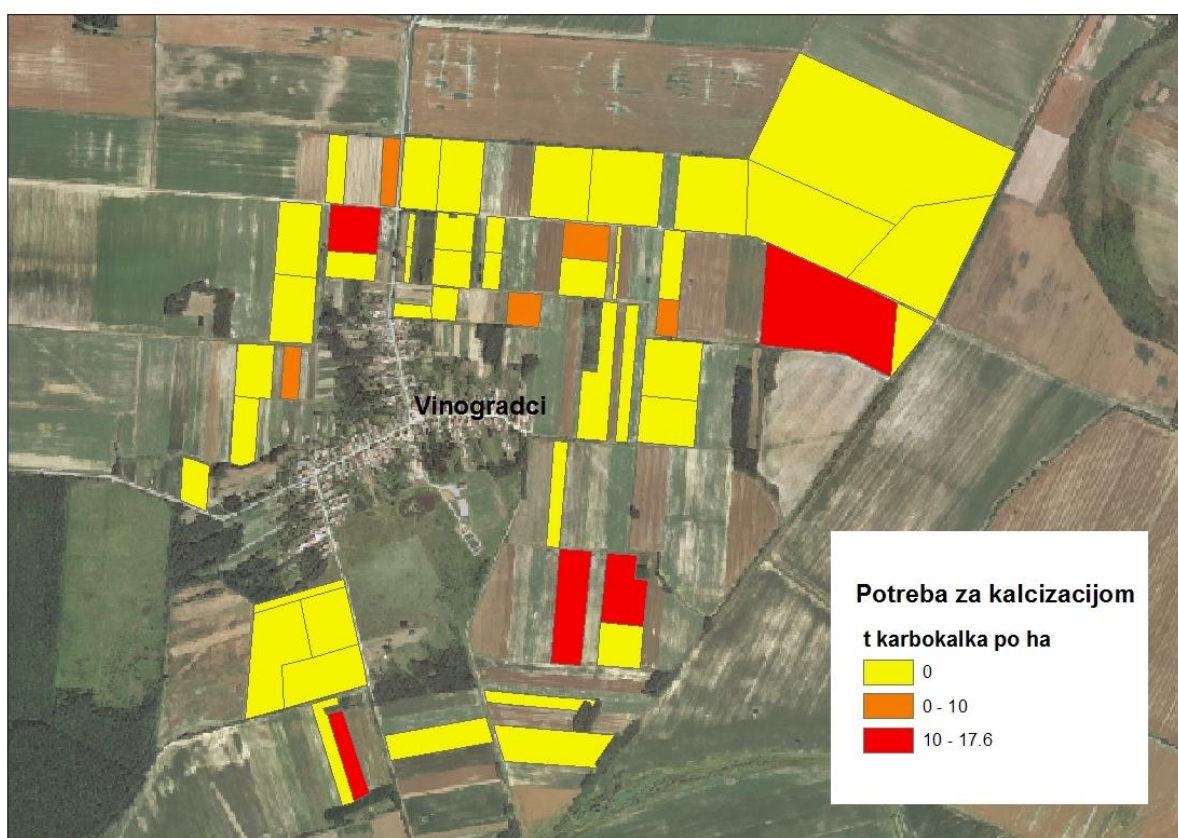
Izvor: Autor



#### 4.5. Potrebe za kalcizacijom

Prema rezultatima izračuna DSS (kalkulatora) koji je na temelju rezultata analize tla i planiranog uroda i usjeva, izračunao potrebe za kalcizacijom na OPG-u Vinogradci. Kartografski prikaz potreba za kalcizacijom vidljiv je na karti broj 11, te je od ukupnih 52 poljoprivredne parcele, koje čine poljoprivredno gospodarstvo, njih 5 zahtjeva kalcizaciju u rasponu od 0-10 t/ha, također 5 parcela zahtjeva kalcizaciju u rasponu od 10 do 17,6 t/ha dok ostalih 42 parcele nemaju potrebe za kalcizacijom.

Karta 11. Potrebe za kalcizacijom na OPG-u Vinogradci

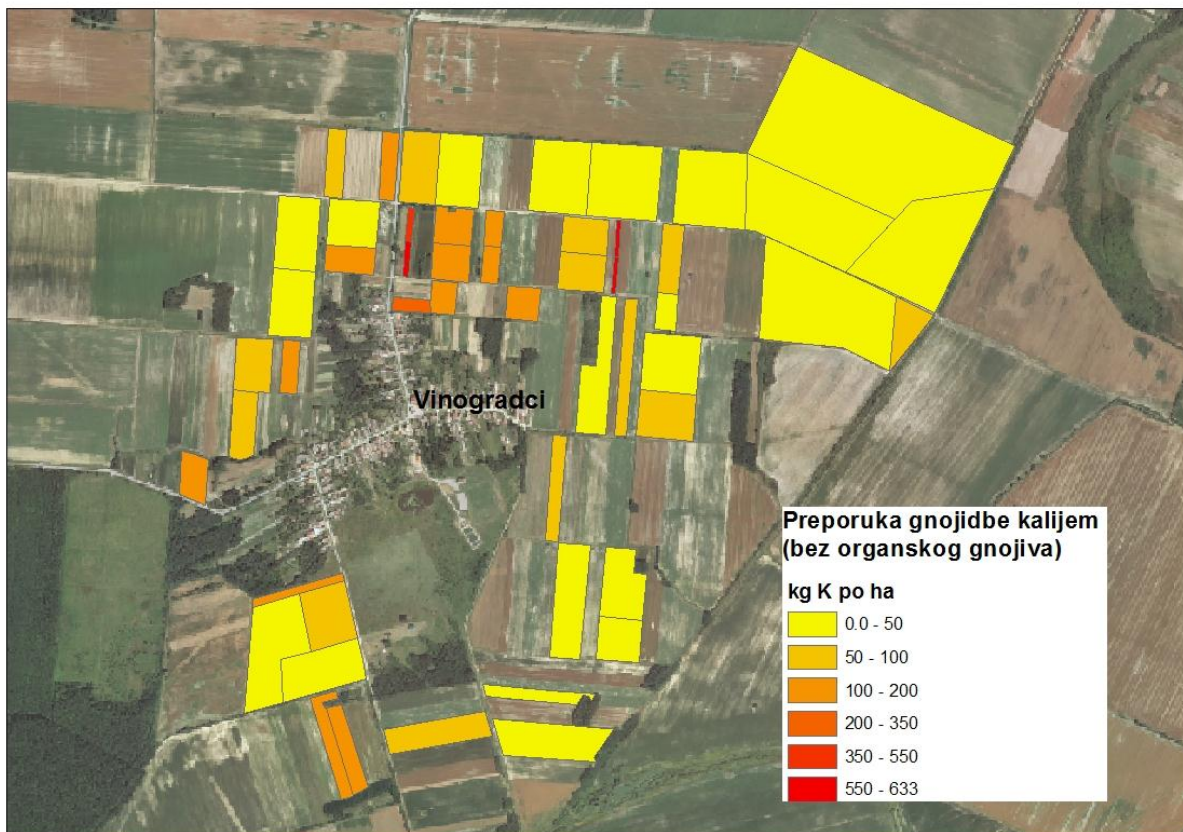


Izvor: Autor

#### 4.6. Potrebe za gnojidbom

Prema rezultatima izračuna DSS (kalkulatora) koji je na temelju rezultata analize tla i planiranog uroda i usjeva, izračunao potrebe za gnojidbom na OPG-u Vinogradci. Kartografski prikaz potreba za mineralnom gnojidbom kalijem bez organske gnojidbe vidljiv je na karti br 12. Vidljivo je da iz ukupnog broja parcela (52), njih 21 ima potrebe za mineralnom gnojidbom kalijem bez organske gnojidbe u rasponu od 0 do 50 kg kalija po ha, 14 parcela ima potrebe za gnojidbom kalijem u rasponu od 50 do 100 kg kalija po ha, 13 parcela ima potrebe za gnojidbom kalijem u rasponu od 100 do 200 kg kalija po ha, 1 parcela ima potrebe za kalijem u rasponu od 350 do 550 kg kalija po ha, 1 parcela ima potrebe za kalijem u rasponu od 350 do 550 te dvije parcele imaju potrebe za gnojidbom u rasponu od 550 do 633 kg kalija po ha.

Karta 12. Preporuka gnojidbe kalijem (bez organskog gnojiva)

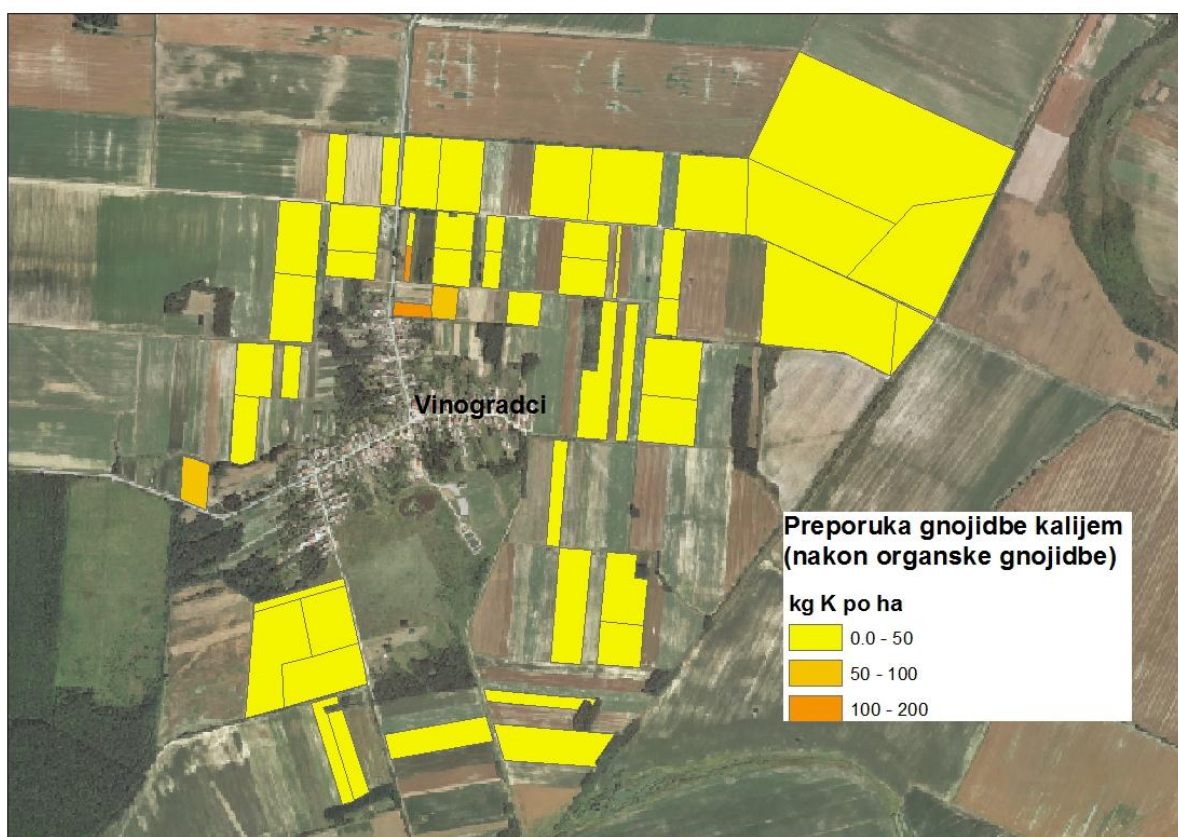


Izvor: Autor



Prema rezultatima izračuna DSS (kalkulatora) koji je na temelju rezultata analize tla i planiranog uroda i usjeva, izračunao potrebe za gnojidbom na OPG-u Vinogradci. Kartografski prikaz potreba za mineralnom gnojidbom kalijem nakon organske gnojidbe vidljiv je na karti br 13. Vidljivo je da iz ukupnog broja parcela (52), njih dvije imaju potrebe za mineralnom gnojidbom kalijem nakon organske gnojidbe u rasponu od 100 do 200 kg kalija po ha, također dvije u rasponu od 50 do 100 kg kalija po ha dok njih 47 ima potrebu za gnojidbom kalijem poslije organske gnojidbe u rasponu od 0 do 50 kg kalija po ha.

Karta 13. Preporuka gnojidbe kalijem (nakon organske gnojidbe)



Izvor: Autor

## 5. Rasprava

GIS modeliranje s ciljem održivog izbora usjeva i optimizacije gnojidbe za obiteljska poljoprivredna gospodarstva Berak i Vinogradci rezultirali su kartografskim prikazima gnojidbenih preporuka na temelju izračuna kalkulatora za gnojidbu te stručnog znanja prilikom planiranoj usjeva i njegovog planiranog uroda. Istraživani lokaliteti, na temelju analize opisne statistike vidljivo je iz analize varijance da su lokaliteti statistički značajno različiti po svim mjerenim parametrima. Na temelju analize korelacije za OPG Vinogradci utvrđena je čvrsta veza između sadržaja fosfora (AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) i kalija (AL-K<sub>2</sub>O), tj. porastom sadržaja kalija (AL-K) raste i sadržaj fosfora (AL-P), što sugerira da je gnojidba fosforom i kalijem pratila jedna drugu tj da su gnojidbe bile ujednačene. Na temelju analize korelacije za OPG Berak utvrđena je čvrsta veza između pH vrijednosti tla i sadržaja fosfora (AL-P), odnosno porastom pH raste i sadržaj fosfora (AL-P) (Tablica 1.).

GIS modeliranjem kartografski je prikazana distribucija pH reakcije parcela oba OPG-a, te je vidljivo kako na OPG-u Berak je utvrđeno većina parcela tog gospodarstva spadaju u kategoriju ili slabo kiselih parcela (18) ili umjereno kiselih (16). Na OPG-u Vinogradci je kartografski prikazano kako veći dio parcela spada u kategoriju umjereno kiselih (29) i slabo kiselih (13) na temelju utvrđene pH reakcije tih parcela. Važnost kartografskog prikaza proizlazi iz definiranja prostorne distribucije navedenog svojstva i pronalaženju uzroka takvom „uzorku“ ponašanja, te je moguće uz pomoć istog modeliranja planirati otklanjanje negativnih učinaka prostorne distribucije ovog svojstva.

Utvrđene su statistički značajne razlike u svojstvima tala između dva promatrana lokaliteta ( $p < 0.001$ ), kao što je vidljivo u tablici 2. Također, na temelju tablice 3 vidljiva je statistički značajna potreba za gnojidbom ( $p < 0.001$ ;  $p < 0.01$ ;  $p < 0.05$ ) u najvećoj mjeri potreba za kalijem. Na OPG-u Vinogradci vidimo 13 parcela nepovoljne pH reakcije i velike potrebe za kalcijacijom. Iz priloženog da se zaključiti kako su parcele na OPG-u Vinogradci slabije plodnosti u odnosu na parcele OPG-a Berak, što je vidljivo i iz priloženih kartografskih prikaza. Jedan od mogućih razloga boljeg plodnosti parcela OPG-a Berak bi mogla biti rezultat organske gnojidbe koja se primjenjuje na navedenom gospodarstvu te je za pretpostaviti time da su i parcele OPG-a Berak bogatije za osnovne makroelemente (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Na OPG-u Vinogradci postoji potreba za kalcizacijom 10 parcela čija je vrijednost hidrolitičke kiselosti (Hy) iznad 4. Potrebne količine se kreću od 9.6 do 17.7 t/ha. Da bi se neutralizirala suvišna kiselost svih 10 parcela potrebno je oko 250 t karbokala što bi iznosilo oko 16000 kn bez prijevoza uzimajući u obzir da je cijena karbokalka 65 kn/t (Upravni odjel za poljoprivredu i ruralni razvoj Osječko-baranjske županije i sur., 2016.). Dok na OPG-u Berak te vrijednosti su manje.

Također, bitno je naglasiti kako pH reakcija tla znatno utječe na odabir budućih usjeva te adekvatnim odabirom usjeva koji toleriraju određeni pH, u ovom slučaju nizak pH, mogu se izbjeći suvišni troškovi kalcizacije. Poznato je da većina ratarskih usjeva podnosi nisku do neutralnu pH reakciju (5,3 – 7,0) s naglaskom na slabo kiseloj pH vrijednosti (Bašić i Herceg, 2010.).

GIS modeliranjem prikazane su prostorne distribucije humusa na oba obiteljska poljoprivredna gospodarstva, te je vidljivo kako na OPG-u Berak prevladava srednje humuzno tlo (47 parcela) dok na OPG-u Vinogradci prevladava osrednje humusno tlo (38 parcela) i tlo siromašno humusom (13 parcela). Na temelju spomenutog modeliranja može se pretpostaviti da će se trend nižeg sadržaja humusa na OPG-u Vinogradci nastaviti ukoliko se ne bude planirala i aplicirala organska gnojidba uz mineralnu gnojidbu.

Uspoređujući vrijednosti potreba za mineralnom gnojidbom s i bez organske gnojidbe na oba OPG-a vidljivo je kako se vrijednosti mineralne gnojidbe smanjuju ukoliko se primjenjuju zajedno s organskom gnojidbom, iz čega se da zaključiti kako uporabom organske i mineralne gnojidbe također se mogu smanjiti troškovi gnojidbe. Na OPG-u Vinogradci je ovaj slučaj izrazito vidljiv, te u slučaju primjene mineralne gnojidbe zajedno s organskom vidljivo je kako bi se uporaba mineralnih gnojiva čak prepolovila, tj. dušik bi u mineralnom obliku se primijenio čak za 55 % manju količinu od utvrđene za samo mineralnu gnojidbu., fosfor bi se primijenio za 50 % manje u mineralnom obliku a primjena kalija u mineralnom obliku bi se smanjila za 75 %. Pametnim izborom usjeva i primjenom adekvatne količine gnojiva, organskog i mineralnog, dugoročno bi doprinijelo poboljšanju kvalitete tla i time usjeva. Poznata je važnost primjene organskih gnojiva čime se poboljšavaju svojstva tla, posebno struktura tla što ima za posljedicu bolji vodnozračni odnos, veću retenciju vode, veću raspoloživost svih hraniva te jača otpornost tla prema eroziji na nagnutim terenima (Škvorc i sur., 2014.). Također, dolazi do povećanja sadržaja humusa u tlu i mikrobiološke aktivnosti. U ovom slučaju, od ključne važnosti su stručno i znanstveno znanje, ali i savjeti, prilikom

kreiranja gnojidbenih preporuka te na inzistiranju istih da se proizvođači drže kreiranih smjernica.

## 6. Zaključak

Na temelju provedenog GIS modeliranja utvrđene su potrebe za kalcizacijom, mineralnom i organskom gnojidbom na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima, Berak i Vinogradci na temelju planiranog usjeva i uroda pšenice te su isti kartografski prikazani.

Kartografskim prikazima potvrđeno je da obiteljsko poljoprivredno gospodarstvo Berak raspolaže s plodnijim tlom u vidu sadržaja humusa i pH vrijednosti reakcije tla (alkalno tlo) dok na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu Vinogradci (kiselu tlo) postoji potreba za kalcizacijom ali i primjenom organske gnojidbe zajedno s mineralnom kako bi se poboljšala plodnost tla i ekonomska učinkovitost gnojidbe.

S obzirom na pH reakciju tala, izborom usjeva koji je tolerantniji na niži pH dodatno se doprinosi ekonomskoj učinkovitosti poljoprivredne proizvodnje snižavanjem troškova potrebne kalcizacije. Na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu Berak utvrđeno je da porastom pH reakcije tla da se povećava i sadržaj fosfora.

GIS modeliranjem potvrđeno je da primjenom organske i mineralne gnojidbe doprinosimo kvaliteti tla ali i snižavanju troškova mineralne gnojidbe.

## 7. Popis literature

1. Day, W., Audsley, E., Frost, A. R. (2007.): An engineering approach to modelling, decision support and control for sustainable systems, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363: 527–541.
2. Buick, R.D. (1997.): Precision Agriculture: An intergration of information technologies with farming, 50th N.Z. Plant Protection Conf. 1997: 176-184.
3. Yousefi, M. R. , Razdari, A. M. (2015.): Application of Gis and Gps in Precision Agriculture (a Review), *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*; 3 (1), 7-9
4. Informacija o stanju i problematici biljne proizvodnje na području Osječko-Baranjske županije (2013.): Upravni odjel za poljoprivredu i ruralni razvoj Osječko-baranjske županije, HGK Županijska komora Osijek, PSS Podružnica Osječko-baranjske županije, Osijek
5. Reetz, H. F. Jr. (2016.): Fertilizers and their efficient use,
6. Mičević, B. (2016.): Razvoj sustava za upravljanje poljoprivrednim zemljištem u okviru poljoprivredne politike Republike Hrvatske, doktorska disertacija.
7. Lončarić, Z., i sur. (2015.): Doprinos poljoprivrede čistom okolišu i zdravoj hrani,
8. European Parliament (2014.): Precision Agriculture: an opportunity for EU Farmers- Potential support with the cap 2014-2020.
9. Mulla, J.D. (2013.): Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps, *biosystems engineering* 114: 358-371.
10. Nemenyi, M, Mesterhazi, P.A., Pecze, Zs. (2003.): The role of GIS and GPS in precision farming, *Computers and Electronics in Agriculture* 40: 45/55.
11. Apostol, S., Viau, A. A., Tremblay, N., Briantais, J.-M., Prasher, S., Parent, L.-E., (2003.): Laser-induced fluorescence signatures as a tool for remote monitoring of water and nitrogen stresses in plants, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 29: 57-65.
12. Cohen, Y., Alchanatis, V., Meron, M., Saranga, Y., & Tsipris, J. (2005): Estimation of leaf water potential by thermal imagery and spatial analysis, *Journal of Experimental Botany*, 56: 1843-1852.
13. Pinter, P. J., Jr., Hatfield, J. L., Schepers, J. S., Barnes, E. M., Moran, M. S., Daughtry, C. S. T. (2003.): Remote sensing for crop management, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69: 647-664.

14. Blackburn, G. A. (1998.): Quantifying chlorophylls and carotenoids at leaf and canopy scales: an evaluation of some hyperspectral approaches, *Remote Sensing of Environment*, 66(3): 273-285.
15. Sripada, R. P., Heiniger, R. W., White, J. G., & Weisz, R. (2006.). Aerial color infrared photography for determining late-season nitrogen requirements in corn. *Agronomy Journal*, 97: 1443-1451.
16. Thenkabail, P. S., Smith, R. B., & De Pauw, E. (2000.): Hyperspectral vegetation indices and their relationships with agricultural crop characteristics. *Remote Sensing of Environment*, 71: 158-182.
17. Vogelmann, J. E., Rock, B. N., & Moss, D. M. (1993.): Red edge spectral measurements from sugar maple leaves. *International Journal of Remote Sensing*, 14: 1563-1575.
18. Ben-Dor, E. (2010.): Characterization of soil properties using reflectance spectroscopy, *Hyperspectral remote sensing of vegetation* 33: 705-726
19. Huete, A. R., & Escadafal, R. (1991.): Assessment of biophysical soil properties through spectral decomposition techniques, *Remote Sensing of Environment*, 35: 149-159.
20. Demetriades-Shah, T. H., Steven, M. D., & Clark, J. A. (1990.): High resolution derivative spectra in remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 33: 55-56.
21. Haboudane, D., Miller, J. R., Tremblay, N., Zarco-Tejada, P. J., & Dextraze, L. (2002.). Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture, *Remote Sensing of Environment*, 81: 416-426.
22. Pierce, F. J., Clay, D. (2015.): *GIS Applications in Agriculture*,
23. Moran, M. S., Inoue, Y., & Barnes, E. M. (1997.): Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management, *Remote Sensing of Environment*, 61: 319-346.
24. Tayari, E., Jamshid, R. A., Goodarzi, H. R. (2015.): Role of GPS and GIS in precision agriculture, *Journal of Scientific Research and Development* (3): 157-162,
25. Colvin, T. (1996.): Lessons from seven years of consecutive yield maps, *Proceedings of the 1996 Information Agriculture Conf.:* 72-73.
26. Lachapelle, G., Cannon, M. E., Penney, D. C. and Goddard, T. (1996.): GIS/GPS facilitates precision farming, *GIS World*: 54-56.

27. Stafford, J.V., Ambler, B., Lark, R.M. and Catt, J. (1996.): Mapping and interpreting the yield variation in cereal crops, *Computers and Electronics in Agric.* 14:101-119.
28. Hollist, R., Wollman, A. and Campbell, R. (1996.): No small potatoes: Monitoring the yield of high-value crops, *Precision Farming- Supplement to GPS World Magazine*: 24-28.
29. Krill, T.L. (1996.): Yield monitors. *Proceedings of the 1996 Information Agriculture Conf., University of Illinois*: 39-40.
30. Mesterhazi, P.A, Pecze, Zs., Nemenyi, M. (2001.): The engineering and GIS background of the precision farming technology, *Plant Protection* 37 (6): 273-281.
31. Williams, A.,L., Coleman, J., Galbraith, M. (2000.): Using GIS as an Agricultural Land-Use Planning Tool, *Virginia Agricultural Experiment Station Bulletin 00-2, Department of Crop and Soil Environmental Science, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Tech*
32. Mandal, D., S. K., Ghosh (2000.): Precision farming – The emerging concept of agriculture for today and tomorrow, in the *Nagarjuna Agricultural Research and Development Institute*, 79:12-25.
33. Kuma, A., G.N., Ghosh, S., Venniyoor (2007.): Application of Remote Sensing in Agriculture – Experiences, *Food and Nutrition Security Community*, 9: 75-89
34. Xie, N., Wang, W. (2007.): Ontology and acquiring of agriculture knowledge, *Agriculture Network Information*, (8):13-14
35. International Organization for Standardization (1994.): Soil quality – Determination of pH. ISO 10390:1994.
36. International Organization for Standardization (1998.): Soil quality – Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation. 14235:1998.
37. Egner, H., Riehm, H., Domingo, W.R. (1960.): Untersuchung über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden II. Chemische Extraktionsmethoden zu Phosphor- und Kaliumbestimmung. *K. Lantbr. Hogsk. Annlr. W.R.* 26: 199 – 215.
38. Službena stranica IPA prekograničnog programa Hrvatska – Srbija, Doprinos poljoprivrede čistom okolišu i zdravoj hrani AGRI-CONTO-CLEEN, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Zavod za agroekologiju ([www.agroekologija.com](http://www.agroekologija.com)) (20. veljače 2017.)
39. Bašić, F., Herceg, N. (2010.): Temelji uzgoja bilja, *Synopsis*, Zagreb
40. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): Ishrana bilja, *Zebra*, Vinkovci



## 8. Sažetak

Uporaba Geografskog Informacijskog Sustava (GIS) u svrhu planiranja uporabe zemljišnih parcela istraživačima je poznata već preko 40 godina, a u svrhu optimizacije gnojidbe poljoprivrednih parcela postala je popularna tijekom ranih 90tih. GIS modeliranje u poljoprivrednoj proizvodnji pomaže u identifikaciji prostorne distribucije promatranog svojstva, te izradom tematskih karata koje su povezane s postojećom bazom podataka nudi vizualan prikaz tekstualnih ili broječnih informacija o određenoj poljoprivrednoj parceli. Spomenuta baza podataka, objedinjuje rezultate kemijske analize tla, prethodne usjeve koji su bili uzgajivani na predmetnoj parceli, prethodne gnojidbene preporuke te podatke o prethodnim aplikacijama gnojiva. Također, baza podataka se prilagođava potrebama modeliranja i cilju istraživanja. Za potrebe GIS modeliranja u održivom izboru usjeva i optimizaciji gnojidbe, obuhvaćene su postojeće baze podataka projekta AGRI-CONTOCLEEN, sustavi potpore u odlučivanju (DSS), te stručno znanje agronoma prilikom terenskih pregleda. Cilj istraživanja bio je kartografski odrediti potrebe za gnojidbom i kalcizacijom na parcelama Vinogradci i Berak, te na temelju dobivenih rezultata odabrati najpogodnije usjeve za uzgoj na istraživanim parcelama, uzimajući u obzir da se radi o dva različita tipa tla, kiselom i alkalnom. GIS modeliranjem su utvrđene potrebe za kalcizacijom na oba OPGa, gnojidbene preporuke te nužnost organske gnojidbe na oba OPGa ne bi li se troškovi gnojidbe racionalizirali i poboljšala kvaliteta tla, osobito na OPGu Vinogradci. Također, planiranjem usjeva koji je tolerantan na nisku pH reakciju tla, troškovi kalcizacije se snižavaju. GIS modeliranjem u održivom izboru usjeva i optimizaciji gnojidbe doprinosimo lakšem, bržem i informacijama potkrijepljenim odlukama o budućoj poljoprivrednoj proizvodnji i doprinosimo zaštiti okoliša.

## 9. Summary

Application of Geographic Informatic System (GIS) in land-planing managment has been well known among researchers for over 40 years, and for optimization of fertilization in agriculture it started to get recognized in the early 90s. GIS modeling in agriculture helps to identify site specific distribution of a certain characteristic, and by creating theme maps which are associated with a database, you create a visual display of numerical information for a ceratin field site. Databases used in GIS modeling for sustainable crop selection and fertilizing optimization consists of records on agrochemical analysis of the soil both previous and current, previous crops, previous fertilizing recommendations and previous application of fertilizers. The database is adapted to the needs of modeling and objectivities of the research. In this research GIS modeling in sustainable crop selection and optimization of fertilization, combined the existing database of the project AGRI-CONTO-CLEEN, support systems in decision making (DSS), and the expertise of agronomists during field investigations. The aim of this study was to determine and visually display needs for fertilization and liming on the plots Vinogradci and Berak, and use these results to choose the most suitable crop for cultivation on these plots, taking into account that these are two different soil types, acidic and alkaline. GIS modeling identified needs for liming on both farms and fertilizer recommendations as well as the need for organic fertilization on both farms in order to rationalize the cost of fertilizers and improve the soil quality, particularly on the Vinogradci farm. Also, planning crop production that is tolerant to low pH reaction of the soil, lowers the costs of liming as well. GIS modeling in sustainable crop selection and optimization of fertilization contribute to easier, faster and more informed decisions for the future agricultural production and helps to reduce negative stress on the environment.

## 10. Popis tablica

Tablica	Naziv	Stranica
1.	Napredak daljinskih istraživanja putem satelita	16
2.	Opisna statistika promatranih lokaliteta	21
3.	Statistika gnojidbenih preporuka za OPG Berak i Vinogradci	22

## 11. Popis slika

Slika	Naziv	Stranica
1.	Precizna poljoprivreda kao proces	2
2.	Prikaz preklapajućih slojeva unutar GISa	4
3.	Slika parcele dobivene daljinskim istraživanjem koja prikazuje različitu prostornu distribuciju visine uroda	6
4.	Utvrđivanje uroda daljinskim istraživanjem (cjelokupni prikaz)	7
5.	Utvrđivanje uroda daljinskim istraživanjem (parcijalni prikaz)	7
6.	Aero monitoring	10
7.	Kontinuirani monitoring uroda putem dronova i mogućnosti	11
8.	Baza podataka u preciznom gospodarenju	13

## 12. Popis karti

Karta	Naziv	Stranica
1.	pH reakcija tla na parcelama OPG-a Berak	23
2.	pH reakcija tla na parcelama OPG-a Vinogradci	24
3.	Hidrolitička kiselost na parcelama OPG-a Vinogradci	25
4.	Sadržaj humusa na parcelama OPG-a Berak	26
5.	Sadržaj humusa na parcelama OPG-a Vinogradci	27
6.	Sadržaj P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> na parcelama OPG-a Berak	28
7.	Sadržaj P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> na parcelama OPG-a Vinogradci	29
8.	Prikaz ispiranja fosfora na parceli Vinogradci	30
9.	Sadržaj K <sub>2</sub> O na parcelama OPG-a Berak	31
10.	Sadržaj K <sub>2</sub> O na parcelama OPG-a Vinogradci	32
11.	Potrebe za kalcizacijom na OPG-u Vinogradci	33
12.	Preporuka gnojidbe kalijem (bez organske gnojidbe)	34
13.	Preporuka gnojidbe kalijem (nakon organske gnojidbe)	35

## **Temeljna dokumentacijska kartica**

**Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera  
Poljoprivredni fakultet u Osijeku**

**Diplomski rad**

**Sveučilišni diplomski studij, Voćarstvo, Vinogradstvo i Vinarstvo smjer Voćarstvo**

**GIS modeliranje u održivom izboru usjeva i optimizaciji gnojidbe**

**Teodora Todorčić Vekić**

### **Sažetak**

Uporaba Geografskog Informacijskog Sustava (GIS) u svrhu planiranja uporabe zemljišnih parcela istraživačima je poznata već preko 40 godina, a u svrhu optimizacije gnojidbe poljoprivrednih parcela postala je popularna tijekom ranih 90tih. GIS modeliranje u poljoprivrednoj proizvodnji pomaže u identifikaciji prostorne distribucije promatranog svojstva, te izradom tematskih karata koje su povezane s postojećom bazom podataka nudi vizualan prikaz tekstualnih ili brojčanih informacija o određenoj poljoprivrednoj parceli. Spomenuta baza podataka, objedinjuje rezultate kemijske analize tla, prethodne usjeve koji su bili uzgajivani na predmetnoj parceli, prethodne gnojidbene preporuke te podatke o prethodnim aplikacijama gnojiva. Također, baza podataka se prilagođava potrebama modeliranja i cilju istraživanja. Za potrebe GIS modeliranja u održivom izboru usjeva i optimizaciji gnojidbe, obuhvaćene su postojeće baze podataka projekta AGRI-CONTOCLEEN, sustavi potpore u odlučivanju (DSS), te stručno znanje agronoma prilikom terenskih pregleda. Cilj istraživanja bio je kartografski odrediti potrebe za gnojidbom i kalcizacijom na parcelama Vinogradci i Berak, te na temelju dobivenih rezultata odabrati najpogodnije usjeve za uzgoj na istraživanim parcelama, uzimajući u obzir da se radi o dva različita tipa tla, kiselom i alkalnom. GIS modeliranjem su utvrđene potrebe za kalcizacijom na oba OPGa, gnojidbene preporuke te nužnost organske gnojidbe na oba OPGa ne bi li se troškovi gnojidbe racionalizirali i poboljšala kvaliteta tla, osobito na OPGu Vinogradci. Također, planiranjem usjeva koji je tolerantan na nisku pH reakciju tla, troškovi kalcizacije se snižavaju. GIS modeliranjem u održivom izboru usjeva i optimizaciji gnojidbe doprinosimo lakšem, bržem i informacijama potkrijepljenim odlukama o budućoj poljoprivrednoj proizvodnji i doprinosimo zaštiti okoliša.

**Rad je izrađen pri:** Poljoprivredni fakultet u Osijeku

**Mentor:** prof. dr. Brigita Popović

**Broj stranica:** 45

**Broj karti i slika:** 21

**Broj tablica:** 3

**Broj literaturnih navoda:** 40

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** GIS modeliranje, optimizacija gnojidbe, planiranje usjeva

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. doc.dr. sc. Vladimir Ivezić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Brigita Popović, mentor
3. prof.dr. sc. Zdenko Lončarić, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Master thesis**

**Faculty of Agriculture in Osijek**

**University Graduate Studies, Fruit production, and Wine production**

### **GIS modeling in sustainable crop selection and fertilizing optimization**

**Teodora Todorčić Vekić**

#### **Summary**

Application of Geographic Informatic System (GIS) in land-planing management has been well known among researchers for over 40 years, and for optimization of fertilization in agriculture it started to get recognized in the early 90s. GIS modeling in agriculture helps to identify site specific distribution of a certain characteristic, and by creating theme maps which are associated with a database, you create a visual display of numerical information for a certain field site. Databases used in GIS modeling for sustainable crop selection and fertilizing optimization consists of records on agrochemical analysis of the soil both previous and current, previous crops, previous fertilizing recommendations and previous application of fertilizers. The database is adapted to the needs of modeling and objectivities of the research. In this research GIS modeling in sustainable crop selection and optimization of fertilization, combined the existing database of the project AGRI-CONTO-CLEEN, support systems in decision making (DSS), and the expertise of agronomists during field investigations. The aim of this study was to determine and visually display needs for fertilization and liming on the plots Vinogradci and Berak, and use these results to choose the most suitable crop for cultivation on these plots, taking into account that these are two different soil types, acidic and alkaline. GIS modeling identified needs for liming on both farms and fertilizer recommendations as well as the need for organic fertilization on both farms in order to rationalize the cost of fertilizers and improve the soil quality, particularly on the Vinogradci farm. Also, planning crop production that is tolerant to low pH reaction of the soil, lowers the costs of liming as well. GIS modeling in sustainable crop selection and optimization of fertilization contribute to easier, faster and more informed decisions for the future agricultural production and helps to reduce negative stress on the environment.

**Thesis performed at:** Faculty of Agriculture in Osijek

**Mentor:** prof. dr. sc. Brigita Popović

**Number of pages:** 45

**Number of figures:** 21

**Number of tables:** 3

**Number of references:** 40

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** GIS modeling, optimization of fertilization application, crop planing

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. Vladimir Ivezić, Ph. D., chairman
2. Brigita Popović, Ph. D., mentor
3. Zdenko Lončarić, Ph. D., member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d