

PRIMJENA MOBILNE TEHNOLOGIJE U PROIZVODNJI KRUMPIRA NA GOSPODARSTVU VAN DEN BORNE AARADAPPELEN (NIZOZEMSKA)

Miloš, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Križevci college of agriculture / Visoko gospodarsko učilište u Križevcima**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:185:783333>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Križevci University of Applied Sciences](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

REPUBLIKA HRVATSKA
VISOKO GOSPODARSKO UČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Josip Miloš, student

PRIMJENA MOBILNE TEHNOLOGIJE U PROIZVODNJI
KRUMPIRA NA GOSPODARSTVU VAN DEN BORNE
AARDAPPELEN (NIZOZEMSKA)

ZAVRŠNI RAD

Križevci, prosinac 2019.

REPUBLIKA HRVATSKA
VISOKO GOSPODARSKO UČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Josip Miloš, student

PRIMJENA MOBILNE TEHNOLOGIJE U PROIZVODNJI
KRUMPIRA NA GOSPODARSTVU VAN DEN BORNE
AARDAPPELEN (NIZOZEMSKA)

ZAVRŠNI RAD

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Dr.sc. Zvezdana Augustinović, prof.v.š. | - predsjednica povjerenstva |
| 2. Nada Dadaček, dipl.ing., v.pred. | - mentor i članica povjerenstva |
| 3. Dr.sc. Krunoslav Škrlec, prof.v. š. | - član povjerenstva |

Križevci, prosinac 2019.

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	2
2.1. Mobilne informacijske tehnologije u poljoprivredi	2
3. MATERIJALI I METODE.....	6
4. REZULTATI I RASPRAVA	8
4.1. Poljoprivredno gospodarstvo Van den Borne Aardappelen	8
4.2. Vremenske prilike	13
4.3. Tlo	15
4.4. Proizvodnja krumpira	17
4.4.1. Tehnološka karta proizvodnje krumpira	18
4.5. Inovativne tehnologije.....	22
4.5.1. DUALEM 21HS, ORBit – mehanički skeneri tla	23
4.5.2. GPS (eng. Global positioning system) i stalni tragovi.....	24
4.5.3. Varijabilna primjena proizvodnih inputa (eng. Variable rate (VR))	25
4.5.4. Primjena satelitske tehnologije	27
4.5.5. Navodnjavanje – DACOM i Raindancer	28
4.5.6. Bespilotne letjelice UAV	29
4.6. Planovi za budućnost	31
5. ZAKLJUČAK	32
6. POPIS LITERATURE.....	34
SAŽETAK.....	35

1. UVOD

Prema Borneu J. V. (2019.), precizna poljoprivreda se sastoji od tri pristupa. To su primjena unaprijed određenih količina inputa, primjena inputa u pravo vrijeme i njihova primjena na pravom mjestu, dok se prema *McKinsey&Company* (2016.) precizna poljoprivreda definira kao tehnološki pristup upravljanju poljoprivredom koji promatra, mjeri i analizira potrebe pojedinih polja (parcela) i usjeva. Razvoj precizne poljoprivrede oblikovan je iz dva razloga ili izazova: velike mogućnosti i napredne analitičke sposobnost s jedne strane, i mobilnih Internet tehnologija (zračne snimke, senzori, sofisticirane vremenske prognoze), s druge strane (Magnin 2016.).

Poljoprivreda je niz složenih pojedinačnih, ali međusobno ovisnih procesa pa je poljoprivredne aktivnosti potrebno organizirati u učinkovitim fazama kako bi se osigurala održivost poslovanja. Stoga se uspjeh određenog proizvoda temelji unutar okvira poljoprivrednik, tehnologija i koncept usluga odnosno savjetovanja. Mobilne informacijske tehnologije značajno su pridonijele rastu i sociološko ekonomskom razvoju poslovanja u zemljama odnosno regijama u kojima su usvojene i integrirane.

Implementiranjem takvih tehnologija ne samo da se povećava produktivnost komercijalnih gospodarstava, već je i lakši pristup informacijama, smanjuju se transakcijski troškovi, poboljšava se isporuka usluga i stvaranje poslova, generiraju se novi prihodi te uvelike štede postojeći resursi (FAO, 2017.).

Jaz u primjeni digitalnih tehnologija između zemalja u razvoju i razvijenih zemalja najizraženiji je u poljoprivredi. Primjerice, 2019. u Republici Hrvatskoj primjena informacijskih tehnologija (IT) zaživjela je tek na 5 - 10 % površina, dok u Kraljevini Danskoj digitalne tehnologije primjenjene na 70 – 80 % poljoprivrednih površina (Jurišić, 2019.).

Ovaj rad je pisan s ciljem prezentacije uporabe mobilnih mrežnih tehnologija u poljoprivrednoj proizvodnji. Prikupljanjem literaturnih podataka i podataka dobivenih intervjuiranjem vlasnika i radnika te eksploatacijskom analizom uporabe paketa mobilnih uređaja prikazuje sve prednosti i načine uštede na poljoprivrednim proizvodnim površinama gospodarstva Van den Borne Aardappelen (Nizozemska), gdje sam obavio svoju stručnu praksu.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Mobilne informacijske tehnologije u poljoprivredi

U trenutnom okruženju upotreba održivih informacijskih i komunikacijskih tehnologija u poljoprivredi nije opcija, to je nužnost (Sylvester, 2018.). Globalni izazovi koji prijete planeti Zemlja iziskuju nova rješenja za proizvodnju hrane. Poljoprivreda današnjice već je duboko ušla u krizu (Slavikova, 2019). Ljudi na Svijetu je više nego ikad, a u isto vrijeme proizvođača hrane je manje nego ikad prije. U 2018. godini 12.9 % ljudi populacije u Svijetu nema pristupa dovoljnoj dnevnoj količini nutrijenata (FAO, 2019.). Poljoprivreda kakvu danas poznajemo doprinosi 9 % u ukupnoj emisiji štetnih plinova (Tubiello, 2019.). Poljoprivreda značajno utječe na klimatske promjene. Emisije stakleničkih plinova iz proizvodnje usjeva i stoke doprinose oko pet milijardi metričkih tona CO₂ godišnje u atmosferu (Tubiello, 2019.). Najviše štetnosti po okoliš uzrokuje loše gospodarenje raspoloživim resursima.

U posljednje vrijeme sve češće se govori o preciznoj, digitalnoj, odnosno pametnoj poljoprivredi. U ovom radu rabiće se naziv pametna poljoprivreda koja obuhvaća i precizne i digitalne tehnologije u poljoprivredi. Pametno gospodarenje proizvodnim resursima u poljoprivredi znači primjenu modernih informacijskih i komunikacijskih tehnologija (IKT) ¹u poljoprivredi, što vodi ka onome što danas nazivamo „Treća zelena revolucija“ (Fabregas, 2019.). Prema istom autoru nakon uvođenja novih tehnologija bilinogojstva i revolucije u genetici, treća ili zelena revolucija preuzima poljoprivredu temeljenu na kombiniranoj primjeni IKT rješenja poput precizne opreme, interneta stvari (IoT), senzora i pokretača, sustava za geopozicioniranje, Big Data (tehnologija koja omogućava prikupljanje i obradu velikih količina strukturiranih i nestrukturiranih podataka u stvarnom vremenu), Bepilotnih letjelica (UAV) robotike itd.

Učinkovitost uzgoja poljoprivrednih kultura sastoji se u mogućnosti poljoprivrednika da predvidi prirodne uvjete i reagira na njih na najbrži mogući način. Prije nekoliko godina, preciznost takvih prognoza nije bila toliko pouzdana - sada je impresivno visoka zahvaljujući momentalnom prikupljanju i distribuciji podataka uz pomoć mobilnih mrežnih tehnologija.

¹ U ovom radu će se koristiti dva termina za opisanu pametnu tehnologiju:

- ITK informacijske i komunikacijske tehnologije u poljoprivredi
- mobilne tehnologije u poljoprivredi

Počeci primjene pametnih tehnologija u poljoprivredi datiraju iz 90-tih godina prošloga stoljeća. U to vrijeme na velikim komercijalnim farmama u Australiji, Americi i Kanadi počela je intenzivna eksploatacija tehnologija satelitskog praćenja (Borne J. V., 2019.). Tada se tehnologija koristila za mapiranje granica polja te navigaciju radnih agregata kroz polje (traktora i kombajna).

Razvojem tehnologije u novom mileniju proširile su se i mogućnosti pametne poljoprivrede (Digiteum, 2019.):

- a) Odabir odgovarajućih kultura s višim prinosima i unosnijim tržištima
- b) Precizne performanse potencijalnih prinosa automatskim snimanjem relevantnih podataka
- c) Povećanje ekonomske i ekološke održivosti farme
- d) Predviđanje klimatskih prilika s pravovremenim odgovorom.



Slika 1. Primjena mobilnih (mrežnih) tehnologija
(Izvor: *bigstockphoto.com*)

Zbog velike količine podataka koje treba obraditi, pametna poljoprivreda zahtijeva znanje kojem se pridodaje složenost u procesima donošenja odluka. Podaci se brzo sakupljaju i složeno je, gotovo nemoguće proučavati ih bez odgovarajućeg računalnog programa. Velika količina podataka prikupljenih pomoću različitih preciznih tehnika i mobilnih tehnologija mogu

zahtijevati dodatne stručne savjete i smjernice poljoprivredniku o tome kako te podatke najbolje iskoristiti u upravljanju resursima. Pametna poljoprivreda je kapitalno intenzivnija od manualnog sakupljanja podataka ponajprije zbog nabavnih troškova tehnologije te potrebe investiranja potrebnog vremena za edukaciju i treninge (Kritikos, 2017.).

Kontinuiranim razvojem tehnologije u komercijalne svrhe, danas se na tržištu nude različita mobilna rješenja za provođenje pametne odnosno precizne poljoprivrede u praksi. Pojam pametna agronomija se koristi za djelatnost koja obuhvaća korištenje IKT u donošenju važnih odluka u biljnoj proizvodnji (Magnin, 2016.). Implementacija tehnika pametne poljoprivrede postaje sve važnija i za održivu profitabilnost poljoprivrednih gospodarstava (Jurišić, 2019.).

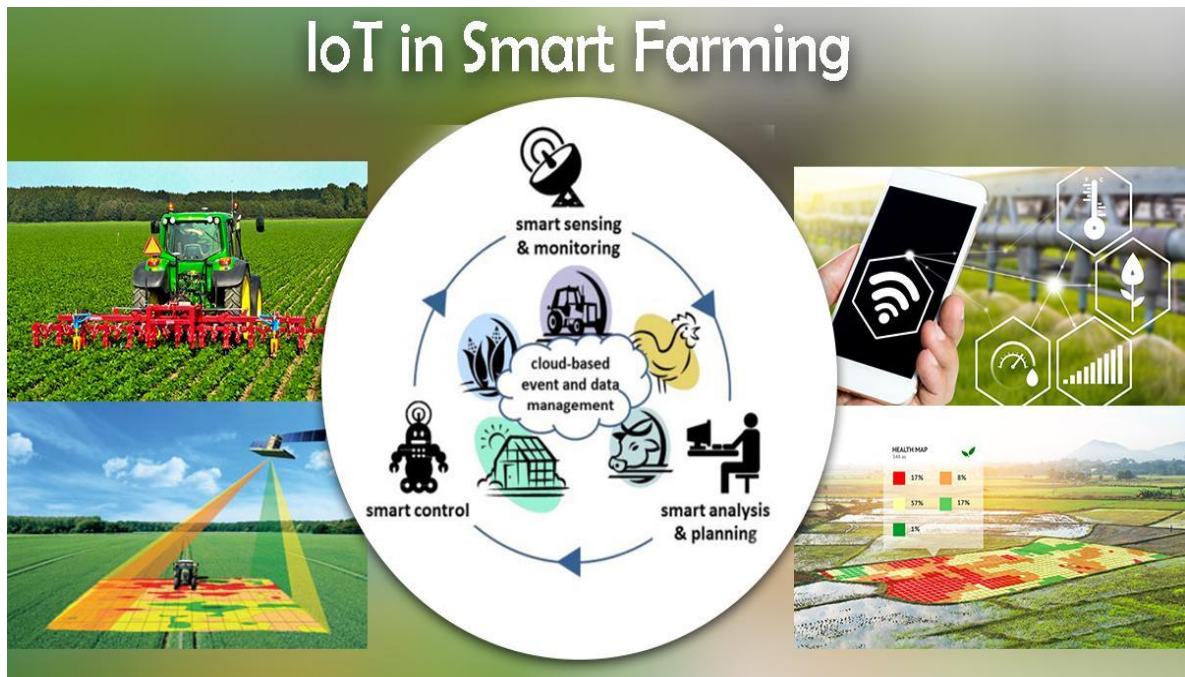
Neka od istraživanja u Hrvatskoj bila su provedena tijekom 2018. na području Virovitičko-podravske županije pod vodstvom Irene Rapčan. Rapčan i sur. su provodili istraživanje na temu „Gnojidba pšenice u sustavu precizne poljoprivrede“, a zaključci su sljedeći:

- precizna poljoprivreda je sustav upravljanja u bilnogojstvu gdje se uz primjenu novih tehnologija prikupljeni podaci, obrađuju i primjenjuju na poljoprivrednoj površini
- primjena precizne poljoprivrede podrazumijeva uštedu vremena, mineralnih gnojiva i financijskih sredstava, a povećava prinos i kakvoću uroda
- da bi se pametna poljoprivreda implementirala na neko gospodarstvo, potrebno je posjedovati složena znanja i vještine, te specifične uređaje i alate.

Pametna poljoprivredna praksa se provodi na osnovi povezivanja Internet stvari (eng. *Internet of things*). Danas su poznati mnogi uređaji koji se povezuju Internetom u svrhu prikupljanja, obrade i analize podataka, a prema vodiču o preciznoj poljoprivredi većina uređaja se svrstava u 20 skupina i to (Zemlicka, 2018.):

1. precizni poljoprivredni implementi/agregati
2. *auto-steer* tehnologija
3. tehnologija prijenosa podataka
4. softver za upravljanje podacima
5. mjerači protoka (pesticida, gnojiva, vode i sl.)
6. GPS - navigacijska tehnologija

7. automatsko mjerenje mase proizvoda u sanduku kombajna, prikolice, kamiona
8. prikaz podataka u kabini traktora/kombajna
9. senzori u tlu
10. precizna kontrola navodnjavanja
11. precizni sijači aparati (*downforce*)
12. precizni aparati za sadnju biljaka
13. precizne AG aplikacije
14. precizni sustavi varijabilne primjene materije
15. brojače jedinice za preciznu sjetvu/sadnju
16. mikro kontrolori
17. RTK signal
18. ispitivanje/uzorkovanje tla
19. bespilotne letjelice
20. mapiranje (prinosna, dostupne vode, topografije i dr.).



Slika 2. Primjena Internet stvari u biljnoj proizvodnji
(Izvor: *mizou.co*)

3. MATERIJALI I METODE

Proučavanje mobilnih tehnologija u sklopu koncepta precizne poljoprivrede bilo je provedeno tijekom četiri mjeseca stručne prakse na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu Van den Borne Aardappelen u Kraljevini Nizozemskoj. Za provedbu istraživanja primjene mobilnih tehnologija odnosno tehnologije internet stvari koristile su se proizvodne površine zasađene merkantilnim krumpirom, te pokusna polja. Uz financijsku pomoć *Erasmus+* programa stručna praksa trajala je od 3. lipnja 2019. do 28. rujna 2019.

U istraživanjima korišteni su primarni podaci prikupljeni intervjuima i sekundarni podaci prikupljeni iz dostupne literature. Informacije za potrebe izrade završnoga rada prikupljene su intervjuiranjem vlasnika i operatora mehanizacije (u više navrata) te dopunjeni literaturnim navodima. Kao izvor podataka korišten je Internet, znanstveni, diplomski i stručni radovi, te katalozi i stručni časopisi. Neki podatci prikupljeni su pohađanjem raznih konferencija i seminara na samom gospodarstvu Van den Borne Aardappelen.

Intervjuiranjem Jacoba i Jana van den Bornea te operatora mehanizacijom prikupljeni su podaci o:

- obiteljskom gospodarstvu Van den Borne Aardappelen,
- strukturi sjetve
- agroekološkim uvjetima u proizvodnji krumpira
- agronomskim odlukama u proizvodnji krumpira
- načinu korištenja pojedinih poljoprivrednih agregata
- zahvatima i učincima pojedinih poljoprivrednih agregata
- primjeni tehnologija precizne poljoprivrede
- vrsti i načinu korištenja pojedinih mobilnih (internet) uređaja u proizvodnji krumpira
- prednostima primjene mobilne (internet) tehnologije
- nedostacima primjene precizne poljoprivrede
- inovacijama
- budućim planovima na gospodarstvu.

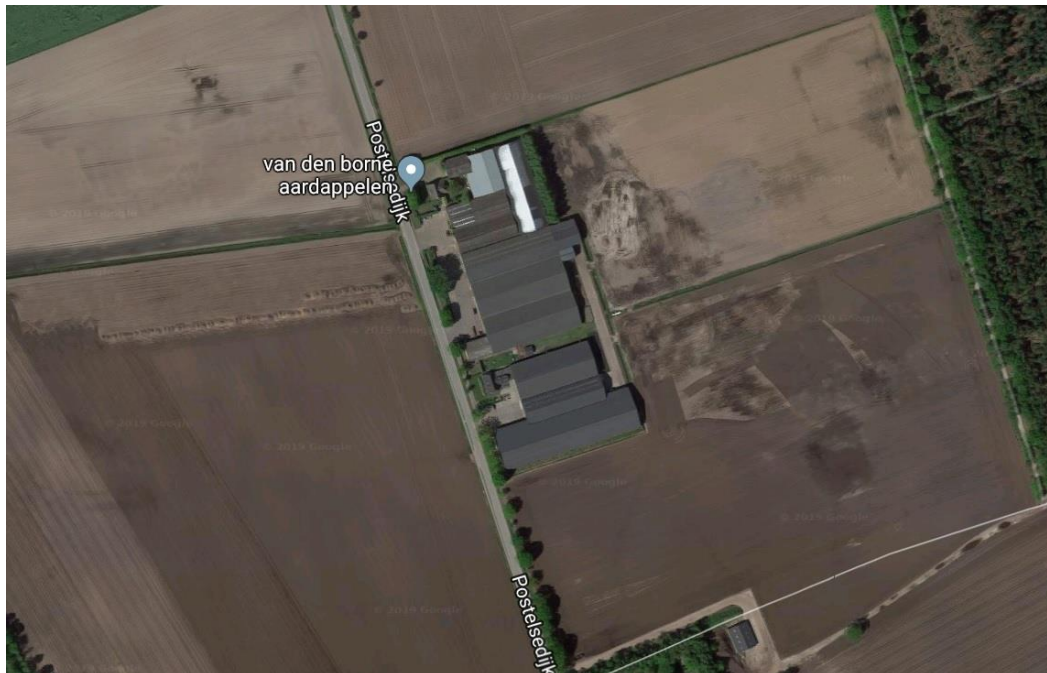
Primarni podatci su dopunjeni pretraživanjem dostupne literature o:

- problemima i izazovima vezanim uz poljoprivredu danas
- pametnoj, odnosno preciznoj poljoprivrednoj proizvodnji
- istraživanjima tehnika mobilnih tehnologija u poljoprivredi u Republici Hrvatskoj
- proizvodnji krumpira
- utjecaju tehnologije na kvalitetu krumpira
- nizozemskoj poljoprivredi
- primjeni informacijskih tehnologija u poljoprivredi
- implementaciji mobilnih (mrežnih) tehnologija na poljoprivrednim gospodarstvima
- opisu načina rada određenog mobilnog uređaja koji se koristi na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu Van den Borne Aardappelen u proizvodnji krumpira.

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Poljoprivredno gospodarstvo Van den Borne Aardappelen

Gospodarstvo obitelji Van den Borne je jedno od najinovativnijih poljoprivrednih gospodarstava u Nizozemskoj. Vlasnici gospodarstva Jacob i Jan Van den Borne danas su inicijatori mnogih inovativnih rješenja vezanih uz proizvodnju hrane. Danas uz poljoprivrednu proizvodnju, oni obavljaju i druge djelatnosti poput istraživanja novih tehnologija u biljnoj proizvodnji, profesionalnih edukacija i savjetovanja, organiziranja konferencija i *evenata*, testiranja moderne (nove) mehanizacije, provođenja međunarodnih projekata, obavljanja različitih usluga, kao što su pružanje usluga mehanizacije, proizvodnje i prodaje solarne i energije vjetra te prodaje naftnih energenata drugim poljoprivrednicima. Gospodarstvo Van den Borne usko surađuje s poznatim svjetskim obrazovnim institucijama kao što su Wageningen (WUR), Has Den Bosch (HAS) i Aeres u Nizozemskoj i Fakultet Gent, Belgija. Kako bi bili u koraku ispred ostalih surađuju i testiraju različite tehnologije s svjetskim poznatim firmama kao što su: *Dacom*, *NAK*, *Isagri*, *Yara*, *Trimble*, *DLV Plant*, *Van Iperen*, *Agrifirm*, *Fritzmeier* i dr.



Slika 3. Gospodarstvo obitelji Van den Borne Aardappelen
(Izvor: Google karte)

Pedesetih godina prošloga stoljeća obitelj Van den Borne započinje svoju poljoprivrednu priču u selu Postel na samoj granici s Belgijom, nedaleko od grada Reusela u provinciji Noord Brabant. Od samih početaka vlasnici Jan i Anna van den Borne sakupljaju podatke te traže rješenja problema koji se javljaju tijekom proizvodnih sezona. U to vrijeme na gospodarstvu su se uzgajale žitarice i goveda za proizvodnju mlijeka. Šezdesetih godina Jan kupuje prvi žitni kombajn i počinje s proizvodnjom graška i šećerne repe, a 1974. obitelj započinje s proizvodnjom krumpira. U proizvodnji su se koristile sorte za prerađu u čips. Jedan od prvih otkupljivača bio je međunarodni prehrambeni konglomerat *Nestlé*. Tada dolazi do prvih značajnijih investicija u kupnju zemljišta i nabavu mehanizacije.

Sin Louis van den Borne preuzima gospodarstvo 1978. U to vrijeme u selu Postel nije bilo električne energije. Zalaganjem Louisa i njegove žene 1979. dolazi električna infrastruktura te započinje izgradnja gospodarskih objekata poput skladišta za krumpir. Louis napušta uzgoj žitarica zbog niskih cijena i od 1983. obitelj se fokusira na proizvodnju krumpira, graška i šećerne repe. Tada su uzgajali tri sorte krumpira: *Bintje*, *Mentor* i *Prominent*. Inicirali su prva testiranja ljetnih sorata krumpira koje se sade početkom kolovoza i vade u listopadu.



Slika 4. Sortiranje krumpira na polju 1984.
(Izvor: Van den Borne)

U međuvremenu Louis je nabavio cijelu liniju poljoprivrednih strojeva od pripreme tla do vađenja i transporta krumpira. Već tada je obitelj mogla obaviti sve agrotehničke zahvate vezane uz krumpir s vlastitom mehanizacijom. Godine 1987. Louis je prestao surađivati s *Nestlé* a

obitelj se okrenula skladištenju i sortiranju krumpira na vlastitom gospodarstvu i direktnoj prodaji. Devedesetih godina uz proizvodnju konzumnog krumpira uzgajaju i sadni materijal čime zaokružuju ciklus proizvodnje krumpira. U daljnjim godinama kontinuirano investiraju u zemljište i modernu mehanizaciju.

Godine 1995. izgrađuju moderno skladište krumpira s automatiziranom ventilacijom kapaciteta 4.000 t. Iste godine dolazi do značajnijeg ulaganja u Fendt traktore, ključne za pravovremeno obavljanje svih agrotehničkih zahvata uz nisku potrošnju energije. Kasnih devedesetih godina Louis nabavlja samokretne četveroredne strojeve za vađenje krumpira marke AVR i samokretnu prskalicu radnog zahvata 39 m marke Agrifac. Početkom novog milenija idu u smjeru modernizacije mehanizacije u proizvodnji krumpira i izgradnji modernih skladišnih prostora s automatiziranom kontrolom uvjeta skladištenja krumpira, kapaciteta 12.000 t.

Jacob i Jan, sinovi Louisa van den Borne preuzimaju poslovanje u 2006. kada osnivaju tvrtku za pružanje usluga mehanizacije u proizvodnji krumpira. Te prve proizvodne godine investiraju u GIS sustave. Implementiranje navigacijske tehnologije na gospodarstvu bilo je daljnji orijentir za investiranje u modernu informatičku tehnologiju (Borne J. V., 2019.). U jesen 2006. implementiraju sustav izrade karata prinosa na samokretne kombajne. Tijekom zimskih mjeseci Jacob odlazi u Australiju gdje provodi vrijeme u cilju pronalaska praktične primjene preciznih sustava Internet tehnologija u poljoprivredi. Krajem godine na gospodarstvu je izbio požar koji je uništio nova skladišta, uskladišteni krumpir i dio mehanizacije. Izgradnja novih skladišta je započela u proljeće 2007. i bila je završena do sezone vađenja krumpira.

Sezona proizvodnje krumpira 2007. bila je jedna od najtežih i najstresnijih za obitelj i poslovanje (Borne J. V., 2019.). Većina agrotehničkih zahvata u polju bilo je izvedeno mehanizacijom iz usluga. Kako bi nastavili poljoprivrednu proizvodnju Jacob i Jan podižu kredit u banci kako bi zamijenili u vatri uništenu mehanizaciju. Jedna od značajnijih investicija bila je nabava novog samokretnog četverorednog kombajna gusjeničara za krumpir marke Puma. Kombajn s gusjenicama nabavljen je s ciljem smanjenja zbijanja tla pri vađenju krumpira. U 2008. gospodarstvo nabavlja mehanizaciju visoke učinkovitosti kako bi smanjili troškove proizvodnje. Jedno od najznačajnijih ulaganja te godine bila je nabava nove prskalice tvrtke Dammann. Prskalicom kapaciteta od 10.000 l može se poprskati 150 ha u jednom radnom danu. Nabavkom Fendt 930 traktora započinje primjena moderne mobilne tehnologije precizne

poljoprivrede u svrhu povećavanja profitabilnosti poslovanja. Već u prvoj godini nakon implementacije varijabilnih aplikacija određenih inputa smanjili su se troškovi rada, goriva, gnojiva i pesticida, a povećali prinosi.



Slika 5. Pogled na gospodarstvo 2007.
(Izvor: Van den Borne)

Kako je gospodarstvo bilo prvo u Nizozemskoj na isprobavanju tehnologija precizne poljoprivrede na tržištu, mnogi proizvođači Internet tehnologija su inicirali suradnju pa u 2010. Jacob osniva partnerstvo pod nazivom „*Making sense*“ - radi smisleno. Partnerstvo je zasnovano između obrazovnih institucija WUR, HAS, TTW, BLGG i mnogih privatnih kompanija koje rade istraživanja na temu održivosti poljoprivrede. Proizvodne sezone 2010. na pokusnim poljima krumpira sakupljani su podatci u svrhu izgradnje specifičnih senzora koji se danas primjenjuju širom svijeta. Na pokusnim poljima bili su izrađivani i testirani senzori proizvođača Fritzmeier, Yara, Agleader i Greenseeker. Rezultati s pokusnih polja bili su korišteni za varijabilno apliciranje proizvodnih inputa na komercijalnim površinama s krumpirom. Nakon sakupljanja podataka i analize došlo se do zaključaka kako senzori tvrtke Fritzmeier najbolje odgovaraju za preciznu proizvodnju krumpira. Iste godine obitelj osvaja nagradu ZLTO za najboljeg inovatora godine u Kraljevni Nizozemskoj.

U 2011. u suradnji sa Učilištem Gent iz Belgije započinju provođenje analize tla modernim preciznim tehnologijama. Mehanizirani skener tla ORBit je testiran i moderniziran s mogućnošću slanja podataka u računalni program DACOM. U prvoj godini primjenom skenera tla elektro provodljivosti bilo je moguće preciznije odraditi varijabilnu primjenu proizvodnih resursa. Iste godine započinje testiranje i primjena bespilotnih letjelica s ciljem povećanja profitabilnosti u proizvodnji krumpira. Suradnju je inicirao Jakob s nizozemskom tvrtkom Aurea.



Slika 6. Prvo testiranje bespilotne letjelice u 2011.
(Izvor: Van den Borne)

Prepoznavanjem korisnosti modernih digitalnih tehnologija u proizvodnji kultura gospodarstvo se odlučuje na nabavku vlastitog skenera za elektro provodljivost tla. Prije sadnje krumpira sve proizvodne parcele se analiziraju i na osnovi dobivenih rezultata, kasnije, tijekom vegetacije se precizno doziraju. Uz skener tla kupuju i moderne bespilotne letjelice koje koriste za skeniranje tla i usjeva. Nabavljaju još dvije samokretne prskalice kapaciteta 12.000 l opremljene s dva zasebna tanka kako bi se istovremeno mogle obavljati dvije aplikacije, tj. primijeniti pesticide i folijarna gnojiva u jednom proходу. Prskalice su opremljene sa šest različitih senzora Fritzmeier Isaria u svrhu isključenja odnosno uključivanja sekcija mlaznica na granama prskalice. Krajem 2012. gospodarstvo je nominirano te osvaja međunarodnu nagradu

za najinovativnije poljoprivredno gospodarstvo u Europi - RIWA-Maas. Priznanje su dobili zbog inovativnog rješenja za razgradnju ostataka kemijskih sredstava bez štetnog utjecaja na okoliš.

Početakom 2014. implementiraju tehnologiju promjenjive primjene organskih gnojiva na osnovi podataka elektro provodljivosti tla i digitalnih karata prinosa. Za tu svrhu, na razbacivačima stajskoga gnoja ugrađeni su senzori EM-38MKII. Nabavljaju se nove samokretne prskalice marke Dammann kapaciteta 12.000 l opremljene sensorima kao i prijašnje. Tvrtka Dammann je na zahtjev Jakoba konstruirala samokretne prskalice s ciljem smanjenja štetnih posljedica uzrokovanih zbijanjem tla. Krajem godine započinju suradnju s njemačkom tvrtkom Fendt.

U 2015. glavne aktivnosti su bile usmjerene na testiranje i primjenu tehnologije Fendt Vario traktora, opremljenih s najpreciznijom navigacijom RTK +/- 1,5 cm. Zahvaljujući testovima na gospodarstvu Van den Borne noviji modeli traktora Fendt su opremljeni s posebnim računalnim programima koji skupljaju podatke o potrošnji goriva, zbijenosti tla, otporu i zahtjevnosti određenog radnog zahvata i sl. Uz navedeno nabavljen je novi skener elektro provodljivosti tla Dualem 21s koji omogućuje analizu četiri razine pedološkog profila tla u jednom proходу.

S preciznim navodnjavanjem krumpira i šećerne repe uz pomoć mrežne tehnologije intenzivnije je započeto u 2017. investiranjem u automatizaciju sustava navodnjavanja čime se štedi radno vrijeme i dobiva precizno korištenje vode za navodnjavanje. Iste godine Jacob otvara praktični centar pod nazivom „*Praktijkcentrum voor Precisielandbouw*“ koji pruža edukacijske usluge iz područja poljoprivrede. Na edukaciju dolaze studenti, agronomi, vlasnici gospodarstava, profesori i stručnjaci od Argentine do Rusije.

Tijekom 2018. i 2019. i dalje se ulaže u tehnologiju precizne poljoprivrede sa svrhom povećanja profitabilnosti i smanjenjem štetnog utjecaja na okoliš. Imperativ se stavlja na podizanju zdravstvene ispravnosti tla uz pomoć Internet tehnologija. Uz navedeno, Jakob inzistira na strategiji dijeljenja znanja kako bi i drugi proizvođači odnosno stručnjaci usko vezani uz poljoprivredu primjenjivali tehnike precizne poljoprivrede.

4.2. Vremenske prilike

Selo Postel ima umjereno toplu vlažnu klimu (Cf) pod utjecajem Atlantskog oceana s toplim ljetima i blagim zimama. U prosječnim godinama temperatura zimi ne pada ispod -9°C . Iako je

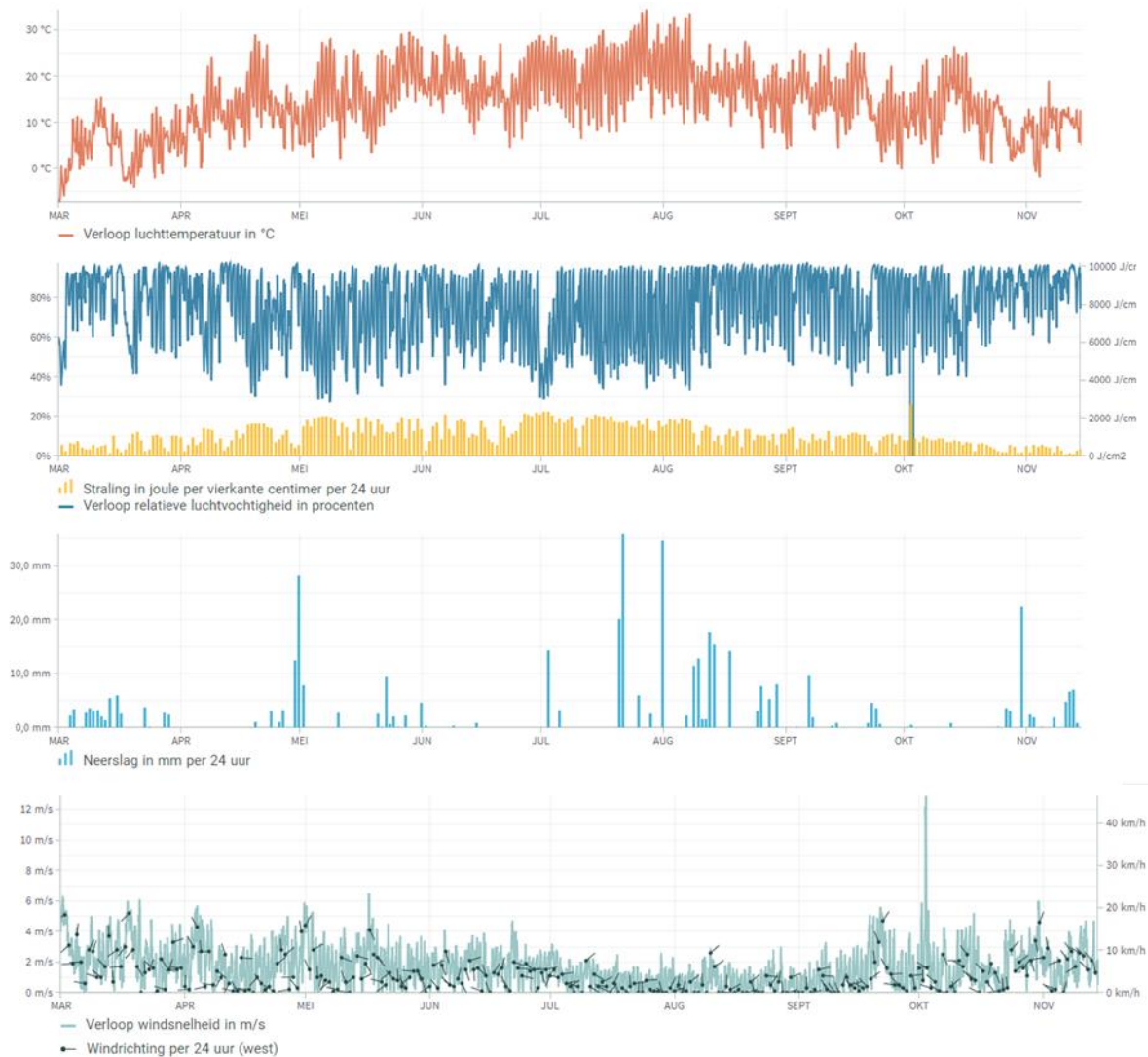
pojava mrazova i sinjega česta tijekom zime, snijeg se ne zadržava dugo zbog pozitivne temperature tijekom dana. Prosječno padne 750 mm oborine, prosječna relativna vlažnost zraka je oko 81 % . Dok prosječni (1981.-2018.) sunčani sati godišnje iznose 1 603.6 (Borne J. V., 2019.). Najtopliji dan bio je zabilježen 25. srpnja 2019. s temperaturom zraka od 40,3 °C, a najhladniji 13. siječanj 1968. kada je izmjereno -21.7 °C.

Na gospodarstvu Van den Borne koriste se precizni podatci o vremenskim uvjetima kako bi prognoza bila što pouzdanija za poduzimanje određenih aktivnosti poput obrade tla, sadnje, zaštite odnosno vađenja krumpira. Sakupljanje podataka obavljeno je privatnim stanicama za vremensku prognozu. Na Slici 7. prikazana je mobilna stanica za praćenje vremenskih uvjeta.



Slika 7. Mobilna stanica za vremensku prognozu
(Izvor: Van den Borne)

Svakodnevno se prikupljaju podaci o temperaturi, relativnoj vlazi zraka, oborini, brzini i smjeru vjetra, temperaturi tla na dubini 0, 15 i 30 cm, svjetlosti i sunčevo zračenje. Sakupljeni podatci se šalju u računalni program DACOM i u realno kratkom vremenu računalni program automatski analizira sakupljene podatke te ih šalje na mobilne uređaje korisnika na osnovi kojih će oni provesti propisanu mjeru, primjerice zaštitu ili navodnjavanje. U Grafikonu 1. prikazane su temperatura, radijacija, relativna vlažnost zraka, oborina, te brzina i smjer vjetra u proizvodnoj 2018. godini.



Grafikon 1. Vremenske prilike na gospodarstvu Van den Borne u 2018.

(Izvor: Van den Borne)

4.3. Tlo

Poljoprivredne površine se nalaze u krugu od 40-ak kilometara od sjedišta gospodarstva i od 845 ha polovica parcela se nalazi na području Kraljevine Nizozemske, a druga polovica na teritoriju Kraljevine Belgije. Glavni usjevi su krumpir i šećerna repa, a radi siju se još zob, ječam, pšenica i kukuruz. Poljoprivredne površina prostiru se na 262 parcela pa je prosječna površina parcele 3,18 ha. Glavnina parcela je nepravilnog oblika što je dodatni izazov tijekom obavljanja agrotehničkih mjera suvremenom mehanizacijom. Osim velikog broja parcela, proizvodne površine imaju još dva bitna nedostatka. To su ograničenja zbog povremenog

plavljenja s jedne strane i ograničenja zbog potrebe navodnjavanja, odnosno nedostatka vode u pojedinim godinama s druge strane. U uređenje tla uložena su značajna financijska sredstva u odvodnju cijevnom drenažom i navodnjavanje.

Tla na imanju su različite elektroprovodljivosti. Iako su tla pogodna za proizvodnju korjenastih i gomoljastih kultura, ona su vrlo siromašna organskom tvari pa se svake godine gnoje organskim gnojivima pa su u gornjem, površinskom horizontu do 30 centimetara povećali organsku tvar, odnosno humus. Na taj način, pjeskovita tla su poprimila tamno sivu do crnu boju i prema analizi tla iz 2019. većina tala sadrži 3 – 4 % humusa.

Imperativ je stavljen na plodnost ili kako to oni nazivaju zdravlje tla (Borne J. V., 2019.). Svi agrotehnički zahvati su strogo kontrolirani, a to se osobito odnosi na preciznu primjenu gnojiva i pesticida te navodnjavanje. Prema Borne J. V. (2019.), primjena preciznih tehnika na proizvodnim površinama dugoročno povećava sadržaj humusa na nekim tlima i do 2 %. U sljedećoj tablici prikazani su prosječni podaci nekih svojstava tla važnih za preciznu gnojidbu. Uzorci pedoloških profila su uzeti pomoću automatizirane sonde vođene GIS sustavom, a dobiveni podaci su u realno kratkom vremenu poslani u “oblak“ bazu podataka pomoću računalnog programa DACOM. Uzorkovanje i analize tla obavljaju se tijekom zimskih mjeseci, kada su tla bez kultura.

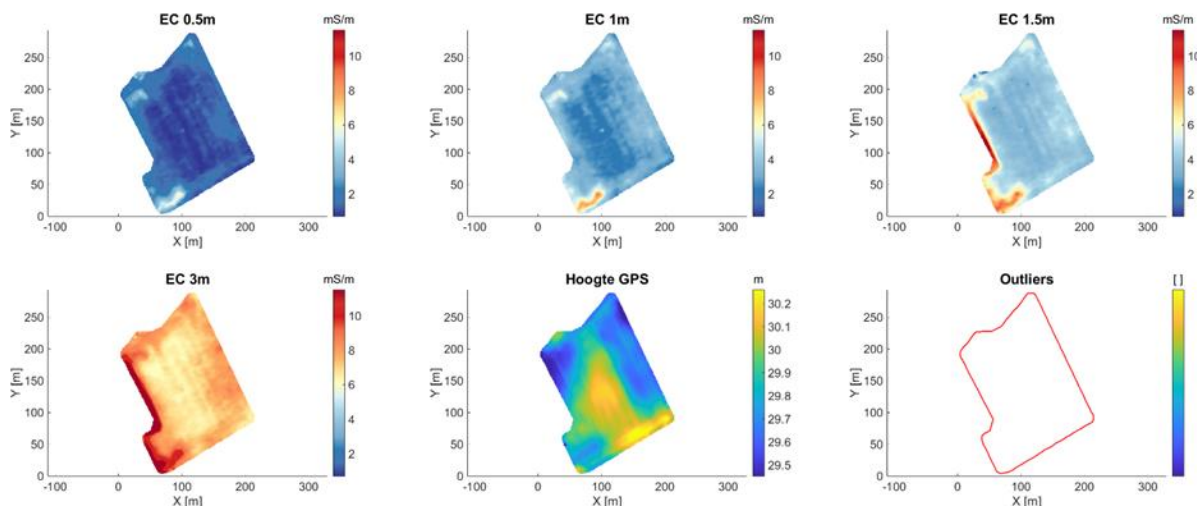
Tablica 1. Rezultati analize profila tla prosječne proizvodne površine

Dubina profila u cm	boja	tip tla	humus u %	% gline	M50 medij frakcije pijeska
0 - 16	tamno siva, tamno smeđa	vrlo humusno, pjeskovito s manjim udjelom gline	5 - 8	10 - 17,5	105 - 150 mu
16 - 27	smeđa do tamno siva	srednje humusno, pjeskovito ilovasto	2,5 - 5,0	10 - 17,5	105 – 150 mu
27 - 42	smeđa	srednje humusno, pjeskovito ilovasto	1,5 - 2,5	10 - 17,5	105 - 150 mu
42 - 66	svijetlo smeđa	slabo humusno, ilovasto pjeskovito	0 - 0,75	0 – 10,0	105 - 150 mu
66 - 120	svijetlo žuta do siva	ilovasto s finim svijetlim pijeskom	0 - 0,75	0 – 10,0	105 - 150 mu

Izvor: Van den Borne Aardappelen

Na osnovi provedenih analiza tla izrađuju se precizne mape potencijalne plodnosti pojedinog dijela svake parcele, a one se kasnije koriste kod primjene inputa. Mapa elektro-

provodljivosti svake parcele se dodatno provjerava i usklađuje s mapom prinosa dobivenih u žetvi. Analiza elektroprovodljivosti se vrši mehaničkim skenerom tla ORBit. Na Slici 8. prikazani su digitalizirani rezultati dobiveni mehaničkim skeniranjem tla na elektroprovodljivost na parceli „Johan Kuipers Kobilek“, koordinata 51°29'92.2", 5°40'12.6"E.



Slika 8. Rezultati skeniranja elektroprovodljivosti tla
(Izvor: Van den Borne)

4.4. Proizvodnja krumpira

U proizvodnoj sezoni 2019., krumpir za konzumiranje bio je zasađen na 600 ha, a na površini od pet hektara bio je zasađen krumpir u svrhu provođenja znanstvenih istraživanja. Uz krumpir, bila je zasijana šećerna repa na 70 ha, a ostatak površina ozimom pšenicom, ječmom i kukuruzom. Gospodarstvo usko surađuje s ostalim vlasnicima poljoprivrednog zemljišta u krugu od 40 km. Kako krumpir može doći na istu površinu svake četvrte godine, potrebno je imati na raspolaganju dovoljno slobodnog zemljišta. Na nekim površinama provodi se plodored s žitaricama i šećernom repom, dok ostale parcele se zamjenjuju po potrebi s proizvođačima koji ne sade krumpir.

Proizvodnja krumpira u 2019. bila je organizirana na 168 parcela, prosječne veličine od 3,18 ha, a sadile su se sorte za preradu u pomfrit: Asterix, Agria, Ramos, Miranda, Fontane i Bintje.

4.4.1. Tehnološka karta proizvodnje krumpira

Tehnološka karta proizvodnje krumpira opisuje standardne agrotehničke mjere u proizvodnji krumpira sorti Agria i Fontane u 2019. Tehnološke karte se mijenjaju iz godine u godinu zbog promjene agroekoloških uvjeta, ponajprije vremenskih prilika i prilagodbe novim tehnologijama precizne poljoprivrede. Sorta Agria je srednje kasna sorta. Gomolji su ovalnog, dugoljastog oblika, tanke žute kožice i žutog mesa, pogodna je za jelo i industrijsku preradu. Srednje je otporna na krastavost i plamenjaču lista, a ostvaruje zadovoljavajući prinos na pjeskovito ilovastim tlima bogatim humusom.

Predkultura krumpiru najčešće su strne žitarice i preorani travnjaci. Kako je većina tala na gospodarstvu pjeskovite teksture, obrada tla se obavlja netom prije sadnje. Krajem veljače i početkom ožujka gnoji se organskim gnojivima. Tekuća organska gnojiva se deponatorima unose u tlo, a kruta organska gnojiva se razbacuju po površini i zatim zaoravaju na dubinu sjetvenog oranja, 25 - 30 cm.



Slika 9. Oranje
(Izvor: Van den Borne)

U poorano tlo automatskim, četverorednim sadilicama Miedema Structural 4000 (Slika 10.) sade se gomolji krumpira na željeni razmak i dubinu uz istovremenu primjenjuju mineralnih gnojiva. Sadni materijal obavezno je provjeren na bolesti poput rizoktonije (*Rhizoctonia solani*). U vegetaciji primjenjuju se različite tehnologije poput satelita, bespilotne letjelice, senzori te barem jednom tjedni odlazak u polje s ciljem sakupljanja podataka koji se koriste za kasniju,

varijabilnu primjenu mineralnih gnojiva i pesticida te za prognozu bolesti, štetnika i korova. Na Slici 11. prikazana je varijabilna primjena mineralnih gnojiva uz pomoć N-senzora tvrtke Fritzmeir. Fritzmeir N-senzor prikuplja podatke o količini dušika u listu biljke te o količini biomase u pojedinoj fazi rasta i razvoja. Sakupljeni podatci se automatski šalju u centralni sustav upravljanja traktora koji uz pomoć mikro kontrolera povećava odnosno smanjuje količinu primijenjenih gnojiva.



Slika 10. Sadnja krumpira (*Izvor: Van den Borne*)



Slika 11. Varijabilna primjena mineralnih gnojiva uz pomoć N-senzora (*Izvor: Van den Borne*)

4.4.1.1. Gnojidba krumpira

Tehnološku kartu gnojidbe za sortu Fontane u 2019. prikazuje sljedeća tablica. U odnosu na ostale sorte, Agria ima manje zahtjeve prema dušiku i u usporedbi sa primjerice sortom Bintje to iznosi i do 30 %. Višak dušika može negativno utjecati na količinu i kvalitetu krumpira. Gnojidba dušikom za ovu sortu standardno se obavlja u dva navrata; 2/3 dodaje se prije sadnje, a ostatak tijekom vegetacije i ona se utvrđuje na osnovi podataka sakupljenih mobilnim uređajima. Glavnina dušika se dodaje u osnovnoj gnojidbi gnojdbom sa sporo opuštajućim organskim gnojivima koja na taj način osiguravaju biljkama pristup potrebnom dušiku tijekom cijele vegetacije. Utvrđena potrebna količina dušika dodaje se mineralnom gnojdbom u formi gnojiva s brzo, odnosno sporo opuštajućim dušikom. Uglavnom ukupna količina dušika za sortu Agria ne prelazi 200 kg ha⁻¹.

Tablica 2. Tehnološka karta gnojidbe za sortu Fontane u 2019. na proizvodnoj površini „Johan Kuipers Kobilek“, koordinata 51°29'92.2",5°40'12.6"E.

Datum	Tretman
12.03.	skeniranje tla s Dualem 21HS – elektroprovodljivost tla
25.03.	40 m ³ ha ⁻¹ gnojovke (188 kg aktivnog N, 25 kg P ₂ O ₅ i 280 kg K ₂ O), varijabilna primjena.
26.04.	oranje
04.05.	490 kg ha ⁻¹ Entec26, 230- 80 % (26 % N (7,5 % NO ₃ ⁻ , 18,5 % NH ₄ ⁺), 12 % S) ili 290 (100 %) kg ha ⁻¹ Agrocote Max (43 % Ur-N), varijabilna primjena.
05.05.	Sadnja (sorta: Fontane, veličina: 55 – 60b) s Miedema Structural sadilicom, na 46 cm međurednog razmaka. U sadnji dodaje se 100 kg ha ⁻¹ Sulfazote (22 - 0 - 0 - 7,5 SO ₃) Nematocid Vidate je dodan u redove.
13.06.	navodnjavanje (25 mm).
18.06.	snimanje i analiza polja (satelitom, dronom, manualni testovi)
25.06.	navodnjavanje (25 mm)
27.06.	snimanje i analiza polja (satelitom, dronom, manualni testovi)
7.07.	Kali60 (60 % vodo-stabilni K ₂ O) 350 kg ha ⁻¹ , varijabilna primjena
7.07.	navodnjavanje (25 mm)
14.07.	80 kg ha ⁻¹ Kalkammonsalpeter (KAS+S; 24 - 0 - 0 - 4 MgO - 6 CaO - 16S), varijabilna primjena
21.07.	navodnjavanje (25 mm)
01.08.	navodnjavanje (25 mm)
04.08.	snimanje i analiza polja (satelitom, dronom, manualni testovi)
14.08.	130 kg ha ⁻¹ Kalkammonsalpeter (KAS; 27 - 0 - 0 - 4 MgO - 6 CaO), varijabilna primjena.
03.09.	snimanje i analiza polja (satelitom, dronom, manualni testovi)
02.10.	manualni testovi
03.10.	desikacija

Datum	Tretman
18.10.	vađenje krumpira

Izvor: Van den Borne

Fosfor i kalij se uvijek dodaju prema analitičkim podacima sakupljenih različitim metodama i tehnikama precizne poljoprivrede kako za sortu Agria, tako i za sve sorte krumpira na gospodarstvu Van den Borne.

Od mikroelemenata najvažniji su mangan i magnezij koji se dodaju prema podacima analize sakupljenim različitim metodama tehnika precizne poljoprivrede. Gnojdba se uvelike razlikuje od sorte do sorte, odnosno po parcelama. Različite sorte imaju različite zahtjeve prema nutrijentima.

4.4.1.2. Zaštita krumpira

Zaštita krumpira jedna je od najvažnijih agrotehničkih mjera u proizvodnji krumpira. Na gospodarstvu Van den Borne, nikad nisu zabilježene značajnije štete uzrokovane štetnim organizmima na krumpiru (Borne J. V., 2019.). Najčešće bolesti krumpira kojima se daje posebna pozornost su: plamenjača krumpira (*Phytophthora infestans*), koncentrična pjegavost lista krumpira (*Alternaria solani*) i smeđa trulež gomolja (*Ralstonia solanacearum*), a od štetnika krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata*). Od korova najveći je problem crna pomoćnica (*Solanum nigrum L.*) dok ostali korovi ne predstavljaju veći problem u zaštiti (Borne J. V., 2019.).

Tablica 3. Provođenje zaštite bilja na polju „Johan Kuipers Kobilek“, u 2019.

Datum i vrijeme apliciranja	Proizvod	doza u kg ili l ha ⁻¹
3. 5. 2019. 06:55	Challenge	11.41 l
21. 5. 2019. 15:47	Nautile wg	15.14 kg
28-05-2019 15:04	h2flo	2.59 kg
03-06-2019 12:50	Kunshi	3.79 kg
11-06-2019 11:05	Kunshi	3.79 kg
15-06-2019 15:10	Zorvec enicade	1.14 l
24-06-2019 12:23	Zorvec enicade	1.14 l
29-06-2019 21:00	h2flo	2.01 kg
03-07-2019 11:19	Natriummolybdaat	0.02 kg
11-07-2019 11:08	Natriummolybdaat	0.02 kg
18-07-2019 10:01	Natriummolybdaat	0.01 kg
25-07-2019 10:56	Natriummolybdaat	0.02 kg
31-07-2019 13:16	Natriummolybdaat	0.02 kg
07-08-2019 09:26	Signum	1.52 kg

4.4.1.3. Vadenje i skladištenje krumpira

U jesen, na kraju vegetacije, najvažnije je odrediti pravo vrijeme vađenja krumpira. Pravi trenutak vađenja krumpira određuje se pomoću manualnih uzoraka s polja, za što se koristi metoda 2 x 3 m, tj. na svakom polju se ručno vade gomolji s 2 x 3 m krumpira. Nakon vađenja uzorci se puštaju kroz robot "GS reader", koji mjeri razne parametre krumpira kao što su prosječna dužina krumpira dužih od 50 mm, koja mora iznositi oko 8 mm i težina krumpira ispod vode, koja mora iznositi iznad 360 g/5kg. Osim toga važno je poznavati i fiziološku starost određene sorte krumpira, obzirom na datum sjetve i sumu radijacije Sunca. Nakon dobivenih rezultata odlučuje se redosljed vađenja, No prije samog vađenja krumpira izvodi se desikacija cime, kako bi se prekinula veza gomolja i stabljike u svrhu očuvanja gomolja, kako bi se kasnije kod vađenja smanjio udio ostataka nadzemnog dijela biljke koji poskupljuje proces sortiranja. Za uništavanje cime ranije su koristili herbicide na bazi glyphosata, no kako je od ove godine glyphosat zabranjen, tijekom rujna testirali su primjenu elektro magnetskih impulsa, što se pokazalo kao uspješno rješenje koje ima i manje štetno djelovanje na okoliš.

Nakon vađenja slijedi skladištenje krumpira. Za to je potrebno također važno znati i fiziološku zrelost gomolja kako bi se gomolji iste fiziološke starosti stavili u isto skladište. Skladišta imaju automatski sustav ventilacije, kako bi se održala optimalna temperatura i vlaga zraka u skladištu. Stanje krumpira u skladištu provjerava se pomoću brojnih kamera i senzora instaliranih unutar skladišta, te senzora ubačenih unutar hrpe krumpira. Uskladišteni krumpir se ne tretira nikakvim zaštitnim sredstvima, jer sav krumpir se proda do početka ožujka.

4.5. Inovativne tehnologije

Gospodarstvo Van den Borne Aardappelen je pionir u preciznoj poljoprivredi i koristi razne tehnološke inovacije poput GPS, satelita, poljskih senzora, vremenskih stanica ili CDA uređaja, zemljišnih skenera, bespilotnih letjelica, preciznih mjeritelja prinosa, automatiziranih traktora i dr. Na gospodarstvu se koristi više od četrdeset različitih mobilnih uređaja za sakupljanje i

analizu podataka te realizaciju precizne poljoprivrede (Borne J. V., 2019.). U ovom radu opisat ću samo one koji direktno utječu na povećanje prinosa krumpira.

4.5.1. DUALEM 21HS, ORBit – mehanički skeneri tla

Spomenuta je važnost provođenja analize elektroprovodljivosti tla i magnetsku osjetljivost. Svaka biljka preferira određenu vrijednost električne vodljivosti koja varira 1 - 4 m S cm⁻¹. Niska električna provodljivost tla indicira nedostatak hraniva, dok jako visoka vrijednost električne vodljivosti ukazuje na prezasićenost hranjivog medija hranivima, a u oba slučaja je apsorpcija u biljkama smanjena (Gospodarski list, 2019.). Tekstura tla utječe i na momentalnu vlagu koja također utječe na vodljivost tla. Ione vezane na druge čestice odnosno adsorpcijski kompleks tla teže je očitati dok voda pomaže njihovom oslobađanju i lakšem mjerenju. Električna vodljivost će po prisutnosti iona pokazati koliko je hraniva dostupno biljci jer biljke imaju različitu toleranciju prema otopljenim solima i koncentraciji hraniva (Gospodarski list, 2019.).



Slika 12. Mehanički skener tla i precizna sonda za uzorkovanje tla
(Izvor: Van den Borne)

Pravi radni zadatak svake godine na gospodarstvu obitelji Van den Borne je mehaničko skeniranje tla na elektroprovodljivost. Unazad nekoliko godina koristili su mehanički skener ORBit koji je razvijen na Belgijskom Učilištu Gent. U ovoj godini koristili su kanadski uređaj za mjerenje elektrorovodljivosti tla DUALEM 21HS (Slika 12.). Rezultat skeniranja tla su digitalne karte varijabilnosti potencijala prinosa unutar proizvodne parcele. Senzor spojen na GPS sustav

može generirati preko 100 uzoraka po hektaru pri brzini od 18 km h⁻¹. Obično razmak između uzoraka je 15 - 18 m. Dobiveni rezultati se uvijek podupiru s rezultatima dobivenim kemijskom analizom tla te s kartama stvarnog prinosa u žetvi.

Ovaj mobilni uređaj pruža vrlo preciznu sliku proizvodne površine uz relativno niske troškove provođenja (Borne J. V., 2019.). Tijekom skeniranja tla koristi se RTK navigacija s preciznošću +/- 2 - 3 cm. Podatci u stvarnom vremenu se generiraju u računalnom programu DACOM. Za izradu karata potencijalnog prinosa koristi se računalni program Crop – R.

4.5.2. GPS (eng. *Global positioning system*) i stalni tragovi

GPS sustav navigacije sve prikupljene informacije koristi za točno određivanje položaja, kako bi se prilikom zaštite bilja i ostalih agrotehničkih zahvata smanjili troškovi i povećao prinos (Jurišić i sur., 2015.). GPS antena se obično postavlja na najvišu točku traktora ili kombajna. Određivanje točnog mjesta na terenu je preduvjet za izvršavanje različitih projekata precizne tehnologije u poljoprivredi. Kod korištenja navigacijskih uređaja najvažnije je postići preciznost koja je ne odudara +/- 5 cm.

Na gospodarstvu obitelji Van den Borne koriste se RTK - GPS uređaji koji su instalirani na Fendt traktore, Dammann prskalice i Puma vadilice krumpira. RKT je trenutno najpreciznija navigacija s odstupanjima +/- 2-3 cm na udaljenosti od 10 km. U proizvodnji krumpira sustav se koristi u svim radnim zahvatima, od primjene organskih i mineralnih gnojiva, obrade tla, sadnje, njege i vađenja. Uvođenjem GPS tehnologije povećali su se prosječni prinosi za 11 %, a na manjim površinama nepravilnog oblika zabilježeno je iznadprosječno povećanje prinosa (Borne J. V., 2019.) %. Ovo se može postići zbog izbjegavanja preklapanja zasađenih redova, precizne primjene proizvodnih inputa te zbog korištenja stalnih tragova.

Korištenjem tehnike stalnih tragova i mehanizacije velikog zahvata prinos kod krumpira povećao se za 7 % u odnosu na prije aplicirane prakse (Borne J. V., 2019.). Sustav Auto – steer omogućuje navigacijskom sustavu automatizirano upravljanje radnim strojem bez intervencije operatora. Korištenjem stalnih tragova uvelike se smanjuje zbijenost tla. Stalni tragovi u vegetaciji se koriste kod prskanja i primjene mineralnih gnojiva (Slika 13.).

Prednosti RTK tehnologije su što se omogućuje efikasnija eksploatacija strojeva. Tome u prilog ide broj operatora mehanizacijom na gospodarstvu. Na gospodarstvu trenutno radi svega osam stalno zaposlenih djelatnika. Upravo je GPS tehnologija omogućila efikasnije iskorištavanje mehanizacije uz manje troškove ljudskog rada (Borne J. V., 2019.).



S

lika 13. Korištenje stalnih tragova u krumpiru
(Izvor: Van den Borne)

4.5.3. Varijabilna primjena proizvodnih inputa (eng. *Variable rate (VR)*)

Apliciranje varijabilnih količina proizvodnih inputa u bilinogojstvu pomaže poljoprivrednicima da povećaju prinos koristeći optimizirane razine gnojiva, sjemena i pesticida na proizvodnim površinama na kojima će dodani inputi dodati najveću vrijednost. Sustav se temelji na podacima prikupljenim tehnologijama poput senzora, GPS-a i digitalnih karata. Na gospodarstvu Van den Borne tehnologiju varijabilne primjene koriste još i za potrebe navodnjavanja i sadnje krumpira.

Na osnovi izrađene digitalne karte na elektroprovodljivost, magnetsku osjetljivost ili mapu prinosa), strojevi se kontroliraju mikro kontrolerima koji odgovaraju na elektro impulse iz računalnog programa. Računalni program na osnovi podataka iz digitalnih karta i uz pomoć GPS uređaja upravlja s količinom apliciranog materijala na određenoj parceli. Aplikator zatim prati položaj stroja preko GPS-a dok se kreće po polju i primjenjuje propisane količine proizvodnog inputa. Za kvalitetnu izradu mapa potrebno je odraditi nekoliko koraka:

Korak 1. - precizno (RTK) uzorkovanje tla i laboratorijska analiza

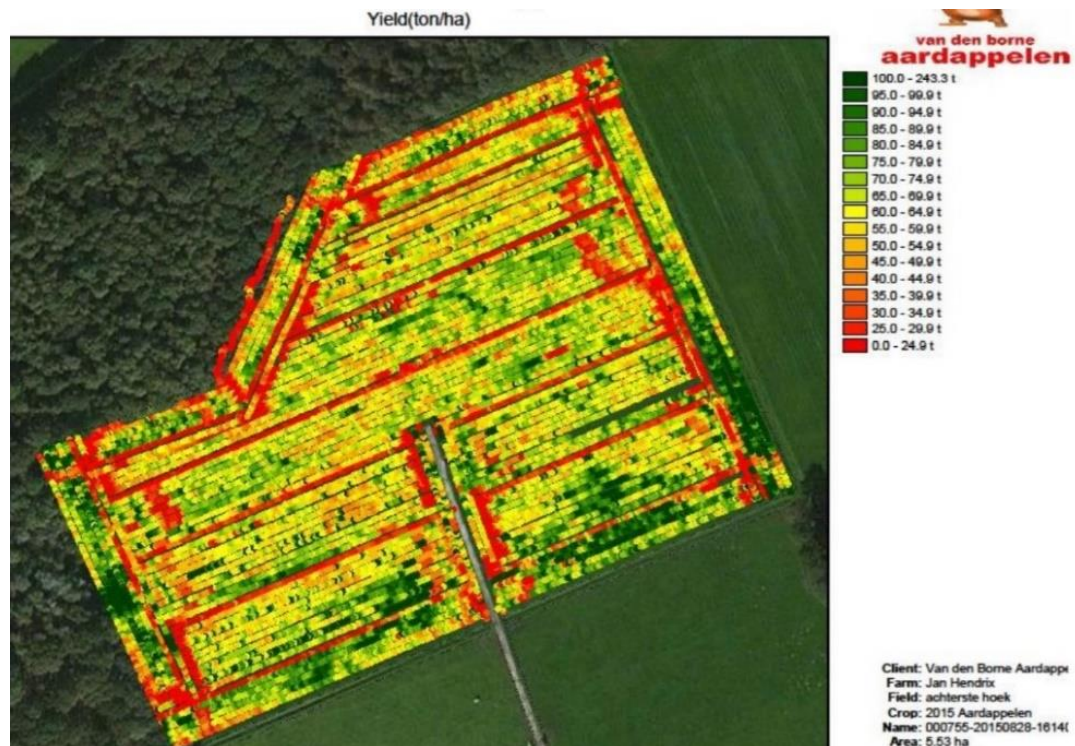
Korak 2. - analiza elektroprovodljivosti i magnetske osjetljivosti tla

Korak 3. - korištenje podataka s mape prinosa iz prijašnjih godina

Korak 4. računalnim programom razviti preciznu mapu „recepta“ potreba za hranivima.

Primjena varijabilne primjene proizvodnih inputa na osnovi senzora ne zahtijeva unaprijed izrađenu kartu. Senzori koji su ugrađeni na aplikator istodobno mjere svojstva tla ili značajke usjeva. Podaci se zatim prenose u stvarnom vremenu, a računalni sustav izračunava količinu inputa na osnovi potreba usjeva ili tla. Na gospodarstvu koristi se Freitzmeir Isaria senzor koji se kopča na prednju stranu radnog stroja. Prednost primjene varijabilne količine inputa je ta što pomaže u automatizaciji agrotehničkih procesa uz očuvanje okoliša i štedi gnojiva i pesticide. Potencijalno se povećava prinos učinkovitijom gnojidbom i prskanjem na osnovi trenutnih potreba usjeva i varijabilnosti poljoprivrednih gospodarstava.

Obiteljsko gospodarstvo Van den Borne koristi obje metode. Digitalne karte izrađuju na osnovi raznih analiza pomoću računalnog programa DACOM. Najpreciznije karte prinosa su dobivene skupljanjem podataka tijekom vađenja krumpira (Slika 14.).



Slika 14. Digitalna karta prinosa izrađena kod vađenja krumpira

(Izvor: Van den Borne)

Slika 14. prikazuje digitalnu mapu prinosa krumpira na reprezentativnom polju gospodarstva Van den Borne Aardappelen. Prinos krumpira na ovom polju bio je 76 t ha^{-1} (Borne J. V., 2019). Na slici se mogu vidjeti različite boje koje označavaju visinu prinosa određenog područja unutar polja. Tamno crvena boja označava vrlo niske prinose ($0 - 24 \text{ t ha}^{-1}$), dok tamno zelena boja označava područja s visokim prinosisima ($100 - 243 \text{ t ha}^{-1}$). Može se vidjeti kako tragovi odnosno zbijenost tla utječe na prinos krumpira.

Primjenom tehnologije stalnih tragova površina parcele se smanjuje u prosjeku za 4 %. Na 600 ha krumpira to je 24 ha ne zasađene površine pod krumpirom. Potencijalna bruto dobit po hektaru krumpira je cca 200.000 kuna (cijena 2.500 kn t^{-1}) što na 24 hektara iznosi cca 4,8 milijuna kn. Prije uporabe stalnih tragova neiskorištena površina iznosila je 9 %. Ulaganje u RTK tehnologiju i tehnologiju stalnih tragova isplatilo se u prvoj proizvodnoj sezoni (Borne J. V., 2019).

4.5.4. Primjena satelitske tehnologije

Satelitska tehnologija se koristi kako bi se procijenilo zdravlje usjeva. Pored toga satelitskim snimkama može se detektirati potreba za navodnjavanjem, gnojidbom i zaštitom. Eksploatacija satelitske tehnologije u poljoprivredi ide u smjeru optimalizacije apliciranja proizvodnih inputa te povećanju profitabilnosti.

Digitalne snimke dobivene satelitom prikazane su u NDVI (engl. *Normalized Difference Vegetation Index*) formi. Osim indeksa NDVI, satelitske snimke pružaju podatke o koeficijentu usjeva, indeks vlažnosti i sl. NDVI parametri se smatraju preciznim pokazateljem dušika u listu biljke. Ovdje je potrebno napomenuti kako NDVI dobiven satelitskom tehnologijom preciznije prikazuje nedostatak dušika kod žitarica i ostalih uskolisnih kultura u odnosu na krumpir i druge širokolisne kulture. Nedostatak korištenja satelitske tehnologije u preciznoj poljoprivredi je osjetljivost na vrijeme i topografska obilježja nekog areala.

Na gospodarstvu satelitska tehnologija odnosno satelitske snimke pomažu u izradi preciznih NDVI karata koje se koriste u varijabilnoj primjeni dušičnih gnojiva. Nadalje, na osnovi satelitskih snimaka određuje se prihrana i predviđaju potencijalni prinosi. Osim toga,

mogu pratiti mjesta koja su rizična za proizvodnju (poplava, suša, erozija i sl.), a uz sve navedeno smanjuju još i potrošnju goriva.

4.5.5. Navodnjavanje – DACOM i Raindancer

Krumpir na gospodarstvu se uzgaja na pjeskovitom tlu koje je vrlo propusno za vodu i osjetljivo na sušu. Iz tog razloga potrebno je provoditi navodnjavanje kako bi se eliminirao nedostatak vlage tijekom vegetacije i osigurao optimalan rast i razvoj usjeva. Trenutno se na gospodarstvu koriste dvije zasebne tehnologije u navodnjavanju. To su menadžment sustav za precizno određivanje momenta i norme i tehnologija varijabilnog navodnjavanja, prema potrebama usjeva.

Računalni program koristi senzore vlage u tlu DACOM koji mjere vlagu tla na različitim dubinama, provodeći radio valove kroz tlo. Senzor se instalirala odmah pored biljke, time se dobivaju precizniji podaci o dostupnoj vodi (Slika 15.).



Slika 15. DACOM senzor za navodnjavanje u polju
(Izvor: Van den Borne)

Na osnovi sakupljenih podataka i računalnom analizom donosi se odluka o navodnjavanju. Za korištenje DACOM sustava navodnjavanja gospodarstvo je dobilo priznanje za inovativno rješenje navodnjavanja sa smanjenjem štetnih utjecaja na okoliš. Senzorima i računalnim programom se optimizira upotreba vode te se smanjuje rizik od oštećenja usjeva uslijed suše tijekom vegetacije. Jedini nedostatak senzora je praćenje, odnosno sakupljanje stvarnih podataka s reprezentativne točke parcele. Stoga stvarni podaci s reprezentativnih točaka se dopunjuju s

informacijama dobivenim skeniranjem tla na elektroprovodljivost i vegetacijske indekse (Satelit, UVA). Točka postavljanja senzora se utvrđuje pomoću unaprijed izrađenih potencijalnih karata prinosa.

Senzori DACOM se postavljanju na dubinu do 60 cm na svakih 10 cm dubine. Senzori su povezani sa mobilnom meteorološkom postajom koja mjeri oborinu, brzinu vjetra i zračenje. Svi se ti podaci automatski prenose u računalni program DACOM u stvarnom vremenu. Računalnom analizom podataka svaki se moment navodnjavanja može točno odrediti. Korištenjem ove tehnologije na gospodarstvu količine vode po zasebnoj primjeni postale su manje, ali se povećao broj turnusa navodnjavanja.

Prinos krumpira na gospodarstvu se povećao za 5 % u usporedbi s normalnim režimom navodnjavanja (Borne J. V., 2019).

4.5.6. *Bespilotne letjelice UAV*

Bespilotne letjelice UAV (engl. *unmanned aerial vehicle*) u poljoprivredi mogu donijeti uštedu jer se njihovim korištenjem vrlo jednostavno može dobiti uvid u stanje usjeva na polju, uočiti pojava bolesti i nedostatak vode ili hraniva pa se može ciljano tretirati površina (Jurišić, 2019.). Podaci prikupljeni bespilotnim letjelicama pružaju prijeko potrebne podatke za precizni analitički model za potrebe precizne poljoprivrede. Sakupljeni podaci se podupiru s drugim izvorima podataka pa se analitičkim rješenjima nude precizne informacije o stanju parcele u određenom trenutku.

Obitelj Van den Borne započinje s prvim testovima precizne poljoprivrede 2012. kada su već bile uključene i bespilotne letjelice. Već u prvoj godini korištenja ostvareni su pozitivni rezultati u proizvodnji i ukupnom poslovanju jer one omogućuju digitalnu analizu stanja usjeva štedeći vrijeme i novac, a u isto vrijeme smanjuju štetan utjecaj pojedinih inputa na okoliš.

U 2016. Jacob pokreće inicijativu eksperimentalnih polja gdje se testiraju najnovije bespilotne letjelice koje će se kasnije komercijalizirati u svrhu poljoprivredne proizvodnje. Pod sloganom „više s manje“ mnoge tvrtke, edukacijske institucije i poljoprivredni proizvođači dijele znanje o uporabi bespilotnih letjelica u svrhu povećanja održivosti poslovanja 3P (eng. *Profit, People, Planet*). Jacob je na svom gospodarstvu izgradio privatni aerodrom za bespilotne letjelice koji mu omogućuje nesmetani let te pružanje usluga leta i drugim korisnicima. Jacob

posjeduje licencu kapetana (najviša razina osposobljavanja) za upravljanje bespilotnim letjelicama. Svaki let se mora posebno registrirati i prijaviti uredu nadležnom za zračni prostor.



Slika 16. Uporaba bespilotne letjelice za snimanje vegetacijskih indexa
(Izvor: Van den Borne)

Nakon šest godina provedbe vlastitih istraživanja može se zaključiti kako pravilno korištenje bespilotnih letjelica doprinosi smanjenom zagađenju tla i vode (Borne J. V., 2019.). Za sakupljanje podataka koriste se različite kamere. Temeljem digitalnog ortofota dolazi se do prepoznavanja vegetacijskih indeksa NDVI (engl. *Normalized Differential Vegetation Index*), GNDV (engl. *Green Normalized Differential Vegetation Index*) i TVI (engl. *Transformed Vegetation Index*). Između NDVI i faze rasta i razvoja usjeva postoje snažne korelacije (Sylvester, 2018.). Kako bi se ispunili svi zahtjevi precizne poljoprivrede gospodarstvo posjeduje nekoliko različitih profesionalnih bespilotnih letjelica koje se koriste za:

- snimanje golog tla (bez usjeva) radi analize hraniva na površini
- snimanje gustoće i visine drveća (šume) uz proizvodne površine – računa se intenzitet zasjenjivanja i korištenje hraniva iz tla
- mjerenje površina
- mjerenje duljina
- izradu topografije
- mapiranje polja - granica
- detektiranje bolesti, štetnika i korova, stresa, nedostatka hraniva

- utvrđivanje ostvarenog sklopa
- varijabilnu primjenu proizvodnih inputa.

4.6. Planovi za budućnost

Gospodarstvo Van den Borne Aardappelen je već danas pionir u mnogim tehnološkim rješenjima za poboljšanje proizvodnje krumpira i unapređivanja tehnika primjene precizne poljoprivrede. Neki od planova za budućnost su:

- uvođenje traktora gusjeničara
- uvođenje konzervacijske obrade tla
- uvođenje novih kultura (batat, durum pšenica, kozja brada, pastrnjak)
- nabava samokretne prskalice s mogućnošću precizne primjene više pesticida i hraniva u jednom proходу
- poboljšanje plodnosti (zdravlja) tla
- izgradnja farme vjetroelektrana
- izrada mreže (franšize) precizne poljoprivrede u drugim zemljama Europske Unije
- izgradnja i opremanje škole za preciznu poljoprivredu
- daljnja suradnja sa vodećim obrazovnim institucijama u Europi i svijetu
- daljnja suradnja sa *Startup*-ovima i inovativnim kompanijama
- daljnja suradnja sa studentima.

5. ZAKLJUČAK

Informacijske i komunikacijske tehnologije imaju sve važniju ulogu u traženju rješenja za izazove u održivoj proizvodnji hrane. Precizna poljoprivreda je kontinuirani proces. To je još uvijek novi smjer kretanja agrarnog sektora prema održivosti proizvodnje hrane, gledano globalno. Zaposlenih u poljoprivredi ima sve manje, a s druge strane sve više ima gladnih usta. Potrebno je proizvoditi više uz manje proizvodnih inputa. Klimatske promjene su novi izazov s kojim se poljoprivredna djelatnost mora suočiti.

Komercijalni poljoprivrednici ne stoje prekrštenih ruku. Agrarni sektor se mijenja iz godine u godinu prema održivijim načinima upravljanja dostupnim resursima. Promjene se vide i osjete zahvaljujući inovativnim poljoprivrednicima u suradnji s obrazovnim institucijama i tehnološkim tvrtkama. Upravo jedan od inicijatora mnogih promjena u današnjoj poljoprivredi je Jacob Van den Borne, nizozemski poljoprivrednik, vizionar koji koristi dostupnu tehnologiju te razvija novu, u cilju pospješivanja biljne proizvodnje. Osnovni cilj je tehnologijom unaprijediti poljoprivrednu proizvodnju uz ostvarenje boljih ekonomskih pokazatelja s manjim štetnim utjecajima na okoliš.

Kako bi se navedeno ostvarilo gospodarstvo Van den Borne Aardappelen je još prije jednog desetljeća počelo s korištenjem dostupnih tehnologija u poljoprivredi. Ulaganjem u GPS sustave 2006. započela je priča o preciznoj poljoprivredi. Od 2006. pa sve do danas upravo zahvaljujući ovom gospodarstvu razvile su se mnoge tehnologije precizne poljoprivrede koje se koriste diljem Svijeta.

Neke od važnijih aktivnosti koje se koriste u proizvodnji krumpira su analiziranje elektroprovodljivosti tla, magnetska osjetljivost, dostupnih i nedostupnih nutrijenata, vegetacijskih indeksa, vlage u tlu, zasjele zemljišta, nagib terena, struktura tla, mapiranje proizvodnih površina u cilju prognoze potencijalnog i stvarnog prinosa, varijabilna primjena proizvodnih inputa i dr.

Primjenom mobilne tehnologije prinos se u prosjeku povećao za 17 %. Iako postoje velike varijabilnosti unutar proizvodnih površina, prinosi krumpira su iznadprosječni za Kraljevinu Nizozemsku. Upravo zahvaljujući svojom spremnošću i znatiželjom za poboljšanje poslovanja,

gospodarstvo Van den Borne ostvaruje veći profit uz manja ulaganja, uz smanjenje štetnih utjecaja na okoliš.

6. POPIS LITERATURE

1. Borne, J. V. (12. 07 2019). (J. Miloš, Ispitivač) Postel, Nizozemska.
2. Borne, J. V. (20. 08 2019). Elektro provodljivost. (J. Miloš, Ispitivač)
3. Borne, J. V. (04. 06 2019). Precizna poljoprivreda. (J. Miloš, Ispitivač)
4. Digiteum. (09. 08 2019). *Precision Agriculture Technology: The Future of Precision Farming with IoT*. Dohvaćeno iz Digiteum: <https://www.digiteum.com/precision-agriculture-technology>
5. Fabregas, C. (2019). *What is Smart Farming?* SmartAKIS.
6. FAO. (2017). *Information and Communication Technology (ICT)*. Rim: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
7. FAO. (Rim 2019). Rim: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
8. Gospodarski list. (15. 04 2019). *Važnost mjerenja pH i EC u tlu za rast biljaka*. Dohvaćeno iz Gospodarski.hr: <https://gospodarski.hr>
9. Jurišić, M. (2019). Dan precizne poljoprivrede 2019. Osijek: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek (FAZOS).
10. Jurišić, M., Šumanovac, L., Zimmer, D., & Barač, Ž. (2015). Tehnički i tehnološki aspekti pri zaštiti bilja u sustavu precizne poljoprivrede. *Poljoprivreda*, 75-81.
11. Kritikos, M. (2017). *Precision Agriculture in Europe*. Brisel: EPRS | European Parliamentary Research Service.
12. Magnin, C. (2016). *How big data will revolutionize the global food chain*. Paris: McKinsey&Company.
13. Rapčan, I., Jurišić, M., Plaščak, I., Barač, Ž., Zimmer, B., & Bognar, M. (2018). Gnojidba pšenice u sustavu precizne poljoprivrede. *Agronomski glasnik 03/2018*, 163-172.
14. Slavikova, S. (2019). Conventional vs Sustainable Agriculture: Can Sustainable Agriculture Feed the World? *Greentumble*.
15. Sylvester, G. (2018). *E-Agriculture in Action: Drones for Agriculture*. Bangkok: FAO.
16. Tubiello, F. N. (2019). *Greenhouse Gas Emissions Due to Agriculture*. Rim: ResearchGate.
17. Zemlicka, J. (31. 10 2018). *2018 Essential Guide to Precision Farming Tools*. Dohvaćeno iz Precision farming dealer:

SAŽETAK

Tijekom obavljanja završne stručne prakse na gospodarstvu Van den Borne Aardappelen, Kraljevina Nizozemska, prikupljeni su podaci o primjeni suvremenih mobilnih tehnologija u preciznoj poljoprivredi. Uz financijsku pomoć Erasmus+ programa aktivnosti za potrebe rada započele su 03.06.2019., te se provodile do 28.09.2019.

Precizna poljoprivreda je precizna primjena proizvodnih inputa na pravom mjestu i u pravo vrijeme. Sam koncept nije nov. Uvođenje informacijskih i komunikacijskih (IKT) tehnologija je revolucija u pogledu na održivu proizvodnju hrane. Danas se koristi preko 40 različitih mobilnih uređaja precizne poljoprivrede koji direktno utječu na pospješivanje poslovanja poljoprivrednog poduzeća uz minimalne štetne utjecaje na okoliš.

Obiteljsko poljoprivredno gospodarstvo Van den Borne je pionir u korištenju tehnika i tehnologije precizne poljoprivrede. Poduzeće se pozicioniralo kao inovativni komercijalni proizvođač visokokvalitetnog krumpira. Zahvaljujući suvlasniku gospodarstva Jacobu Van den Borneu mnoge tehnologije su se razvile koje se danas koriste diljem Svijeta.

Najvažnije tehnologije koje pospješuju proizvodnju krumpira na gospodarstvu su mehanički skeneri tla (elektro provodljivost i magnetska osjetljivost tla), GPS (engl. *Global positioning system*) i stalni tragovi, varijabilna primjena proizvodnih inputa (engl. *Variable rate (VR)*), primjena satelitske tehnologije, navodnjavanje – DACOM i Raindancer, bespilotne letjelice UAV (engl. *unmanned aerial vehicle*) i dr.

Ključne riječi: Mobilna tehnologija, Precizna poljoprivreda, GPS, Krumpir, Nizozemska