



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

A műszaki megvalósíthatósága és gazdasági haszna egy
golfpálya öntözés rekonstrukciójának, és a precíziós
gyepgazdálkodásnak

OE-AMK

Hallgató neve: **Hordós László Gergely**

2023.

Hallgató törzskönyvi száma: **T000881/FI12904/A-G**



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Hordós László Gergely

Szaktervezési száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000881/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: precíziós gazdálkodási szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: A műszaki megvalósíthatósága és a közgazdasági haszna egy golfpálya öntözés rekonstrukciójának, és a precíziós gyepgazdálkodásnak

A dolgozat címe angolul: The technical feasibility and economic benefit of a golf course irrigation reconstruction and precision grass cultivation

A feladat részletezése:

Golfpálya öntözés fejlődésének ismertetése a szakirodalom alapján. A példa golfpálya és a felmérés folyamatának bemutatása. A felmérés adatainak kiértékelése és megjelenítése térinformatikai szoftverek segítségével. Az új rendszer megtervezése és kiértékelése. Az eredeti és az új rendszer adatainak összevetése és a kapott eredmények értékelése. A pályafenntartás anyagi és munkaerő ráfordítás csökkenésének és az öntöző berendezés korszerűsítésének vizsgálata. A precíziós vízkijuttatás, és a kombinált tápanyagellátás és növényvédelmi eljárások bevezetési lehetőségeinek vizsgálata.

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

Külső konzulens neve: Laczkó Zoltán

Munkahelye: Pannónia Golf Club

A kiadott téma elévülési határideje: 2026. 02. 10.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szaktervezési: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 24.



[Signature]

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2023. 12. 15.

[Signature]

belső konzulens

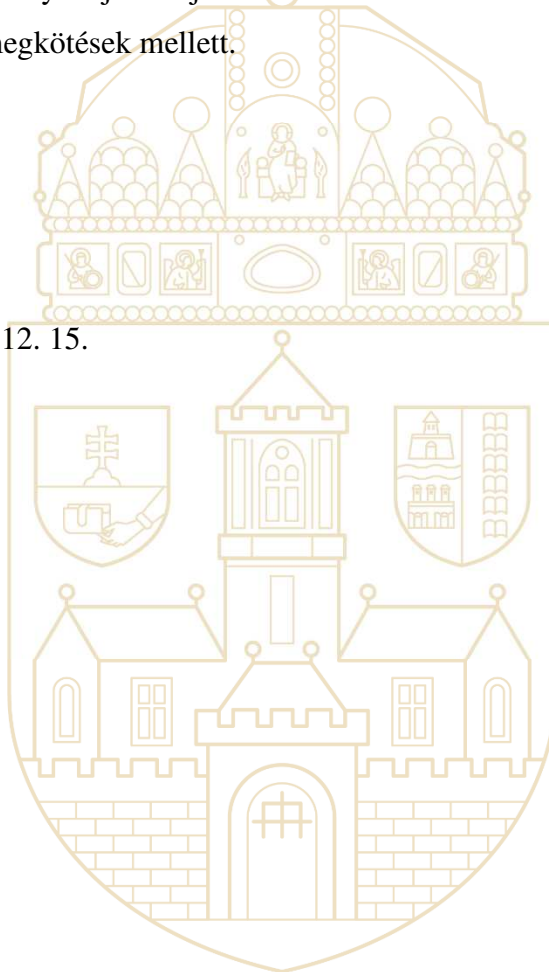
[Signature]

külső konzulens

HALLGATÓI NYILATKOZAT**Alba Regia Műszaki Kar****Geoinformatikai Intézet**

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozat/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Budapest, 2023. 12. 15.



.....
hallgató aláírása

1 Tartalom

2	Bevezetés	6
3	Irodalom feldolgozás	7
3.1	A dolgozat célja.....	7
3.2	A golfpályák felépítése	7
3.3	A szórófejek elhelyezése.....	10
3.3.1	A lyuk körüli célterület (green) öntözése	10
3.3.2	Az elütő hely a Tee öntözése	12
3.3.3	Fairway-k öntözése	13
4	Az öntözés egyenletesség mérése és kiértékelése.....	16
4.1	Az öntözés egyenletessége [5][7][10].....	16
4.2	Christiansen-féle mutató (CU) [%]	16
4.3	Kijuttatási egyenletességi mutató (DU) [%]	17
4.4	Programozási együttható (SC)	17
5	A vizsgált golfpálya bemutatása	19
5.1	Az eredeti öntöző terv ismertetése	19
5.2	A szivattyú állomás és az öntöző tó	21
5.3	Összefüggés az öntözés egyenletessége, a beruházási költségek és a fenntartás költségek között.	22
6	A megvalósult öntözés felmérése, kiértékelése légifelvétel elemzéssel és számítógépes szimulációval.....	25
6.1	Terület felmérése DJI Multispectral drónnal	25
6.2	A tervrajz pontosítása GNSS technológiával.....	27
6.3	A felmérés során kapott tényleges alaprajz és az eredeti terv összevetése	28

7	A drón felmérés feldolgozása és az eredmények összevetése az öntözőrendszer csapadék eloszlásával.	30
7.1	Az 1. szakasz kiértékelése a feldolgozott légifelvételek segítségével	30
8	Az új öntözőrendszer tervének bemutatása	36
8.1	Az új tervezési koncepció	36
8.2	Az új öntözőrendszer tervezésének folyamata	38
8.2.1	Az elütő hely (tee) öntözése.....	39
8.2.2	Összekötő sáv az elütő hely (tee) és a fairway között	40
8.2.3	A fairway öntözése	40
8.2.4	A green öntözése.....	43
9	Költségszámítás a teljes beruházásra	44
10	További javaslatok a precíziós golfpálya gazdálkodás megvalósításához.	46
10	Megtérülés vizsgálat a rekonstrukció alapján	48
10.1	Öntözővíz megtakarítás elvi mértéke	49
11	Összefoglalás	50
12	Felhasznált irodalom:.....	54
13	Alkalmazott számítógép programok	55
14	Mellékletek	55

2 Bevezetés

A parköntözés csúcsa a golfpálya öntözés. Ezt a jelzőt a beöntözött terület mérete, a felhasznált alkatrészek minősége és nagy száma, valamint a vezérlés fejlettsége is indokolja. Bár egy összetett közterület, vagy ipari létesítmény öntözésének megtervezése sem feltétlen könnyebb, mint egy golfpályáé, de ez mindkét esetben inkább gyakorlat kérdése.

Az öntözőrendszer szakszerű megtervezése önmagában még nem biztosítja a golfpálya gazdaságos üzemeltetését, mert sok múlik a rendelkezésre álló költségvetésen, a működtető szaktudásán és azon is, hogy az öntözőrendszer ténylegesen jól szolgálja, segíti-e mindezt a munkát.

Anélkül, hogy tervezőként folyamatosan követnénk és elemeznénk az általunk elvégzett munkát, nem leszünk képesek szakmai fejlődésre. Ha nem értjük a pályafenntartás teljes folyamatát, összefüggéseit, ha nem tudjuk a munkánk hatását felmérni, akkor nincs esélyünk az ott dolgozók napi munkavégzését segíteni. Ha nem képezzük tovább a fenntartó személyzetet, akkor a jó öntözési gyakorlat elsajátítására és alkalmazására sem lesz lehetőségük, ami óhatatlanul többlet fenntartási költséget eredményez.

A vizsgálatokkal az összefüggéseket keresem a pálya felvételi állapota, minősége, a ráfordítások mennyisége és az öntözés egyenletessége között.

Köszönetet szeretnék mondani a következőknek: Laczkó Tamás, Grasics Péter, Érsek Ákos, Füzesi István, Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata, Laczkó Zoltán és Karlócai Péter.

3 Irodalom feldolgozás

3.1 A dolgozat célja

A golfozás a világon az egyik legnépszerűbb rekreációs tevékenység. Közhiedelemmel ellentétben nem a kiváltságosok, hanem a középosztály sportja, amelyet élethosszig játszhat bárki. A játék élvezetéhez nagyban hozzájárul a golfpálya minősége, amely laikusok számára a gyepborítás egyöntetűségében érhető tetten. Természetesen - mint minden a világon – a gyepgazdálkodáson messze túlmutat egy pálya fenntartása, amelyek az agrotechnikai, készletgazdálkodási, közgazdasági, és humán erőforrás menedzsment aspektusa egyaránt fontos.

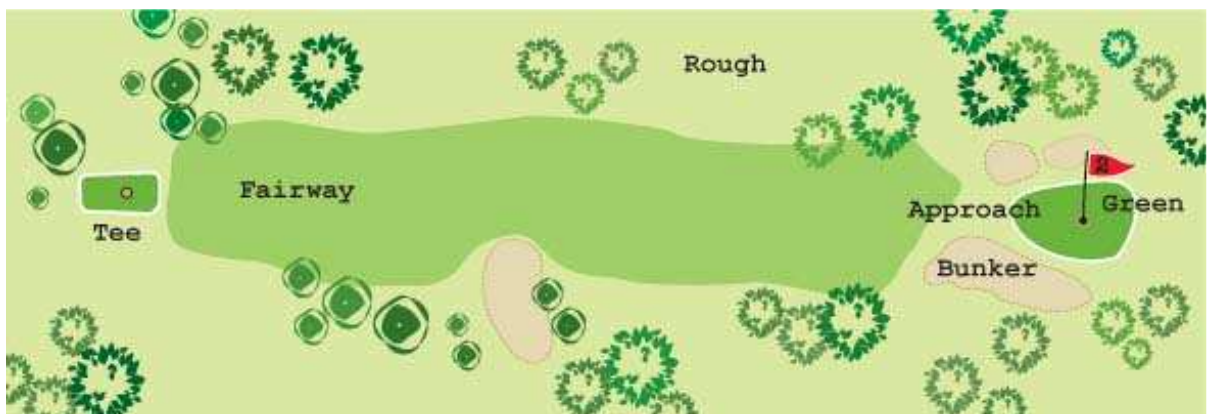
A szakdolgozat célja ezen összefüggések egy részének összefoglalása és egy kiválasztott golfpálya gyepborításának újszerű vizsgálata.

3.2 A golfpályák felépítése

Többfajta golfpálya létezik, vannak gyakorló (Par 3-as), 9, 18 és 27 szakaszos (lyukas) pályák.

Az öntözött területek egy golfpályán a következőképpen csoportosíthatók:

- játéktér, pálya, lyuk, a legnagyobb területű rész
- gyakorlótér, amely több különálló részből áll
- egyéb öntözött részek, mint parkok, közösségi terek.



3-1. ábra: Golfpálya egy szakaszának felépítése

Az öntözött pálya több részből áll, ezt az **3-1. ábra** is mutatja. (Megjegyzés: a golfpálya részeinél következetesen az angol elnevezéseket használom, ahol nem alakult ki megfelelő magyar kifejezés. Ahol lehetőség van rá, természetesen vegyesen használom a leíró magyar kifejezést és az angol elnevezést, de vannak olyan fontos pályaelemek, ahol ilyenek nincsenek pl.: approach, rough, bunker.)

A pálya elején a labda elütő helye a **tee**. Általában több, ritkábban egy jól megkülönböztethető, a környezetéből kiemelkedő, rövidre nyírt (10-12 mm) fűvel borított, tíz, vagy akár több száz négyzetméteres terület(ek), ahol színes jelek mutatják a labda lerakásának helyét. [1][6]

A hosszú átjátszandó szakasz, egyben a legnagyobb területű egység a golfpályán a **fairway**. A gyep nyírásának magassága 12-20 mm. Hossza 80 m-től akár 600 m-ig terjedhet, szélessége változó, átlagosan kb. 30 m, de lehet sokkal keskenyebb, és akár több száz méter széles is. Ez a terület egység a legnagyobb, itt lehet a legtöbb megtakarítást elérni, ezért a fairway öntözésére érdemes a figyelmet fordítani. [1][5]

A célterület, a lyuk környéke (**green**), átlagosan 7 mm hosszúra nyírt gyepvel, drénezett kvarchomok-humusz ágyazaton. Területe a pár száz és néhány ezer négyzetméter között mozog. A legértékesebb terület, az öntözése a lehető legjobb kell legyen. [6]

A fairway vége és a green eleje között a megközelítő terület (**approach**) található. Sok esetben nem különböztethető meg a fairwaytől, ritkábban a greentől.

A fairway szélétől távolodva first cut következik, amely csak a kb. 10 mm-rel magasabbra vágott gyepben különbözik a fairwaytől. Nem kezeljük különálló egységként. [1][6]

A játékkeret a **rough** (a golfpályát övező „vadon” hagyott terület) veszi körül. Vízigénye golfpályánként, régiókként eltérő lehet, van, ahol az erősebb kontraszt érdekében nem öntözik, de célszerű külön öntözéssel tudatos vízellátást biztosítani a környező területnek.

A játék megnehezítésére homokos csapdák is készülnek a labdák landolási területeinél, ezeket **bunkereknek** hívják. A bunkerek kis területű, íves körvonalú homokkal töltött mélyedések, amelyek környezetét a magas minőség érdekében külön öntözik, elkerülve a homok nedvesen tartását. [9]

A gyakorlótér a **putting green**, ami a nevéből adódóan egy green felület, csak nagyobb.



3-2. ábra: Hunter G-990
golfpálya szórófej
[kép: Hunter industries]

Itt a lyukra gurítást (puttot) lehet gyakorolni. A **chipping areán**, a greenre ütések tanulhatjuk, a piching area a bunkerekből kiütés gyakorlásának helye. A **driving range** a hosszú ütések helyszíne. A driving range egy széles elütő helyből (tee) és egy fairway szerű széles füves területből áll (távolságjelző táblákkal). [6]

Az egyéb öntözött részekbe gyakorlatilag minden beletartozhat, a klubház körüli kert, tenispályák, lovaspályák, parkolók, ültetvények, erdők. [9]

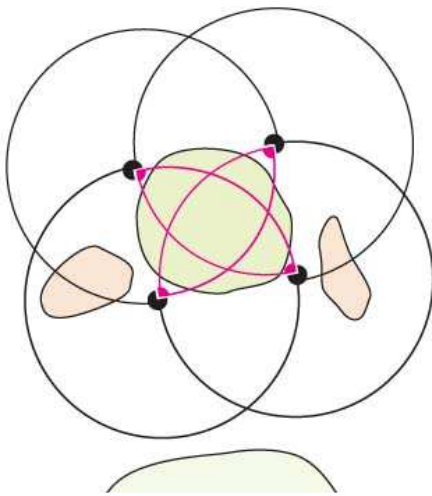
A golfpályák öntözésére különleges cél szórófejeket fejlesztettek ki, részben a meglévő szórófejek alkatrészeiből. A **3-2. ábrára** tekintve feltűnő a robusztus felépítés, és a széles gallér. A golfpályák fenntartását önjáró munkagépekkel végzik, így ehhez

kell méretezni az öntözés alkatrészeit is. A gépkezelő feladata összetett, miközben műveli a pályát, nem figyelhet oda minden szórófejre, ezért fontos, hogy a kormány mellől is látható legyen a felszíni szerelvény. A széles gallér másik funkciója – mivel a pályák vízáteresztő képességét folyamatosan homok szórásával javítják – hogy, a szórófejeket koptató kvarchomokot a kiemelkedő résztől távol tartsa. A szórófej kitámasztásában is jelentős szerepe van a gallérnak, kevésbé ferdül el, ha ráhajt a több tonnás munkagép. [1][6][9]

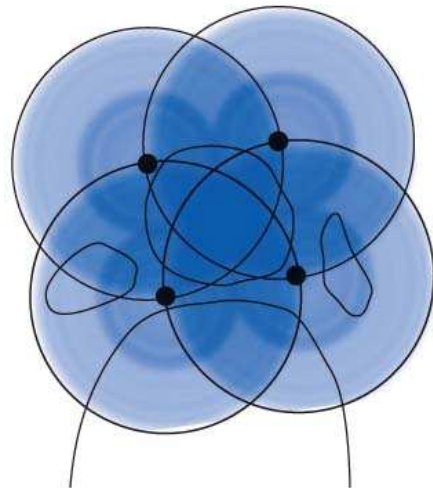
3.3 A szórófejek elhelyezése

3.3.1 A lyuk körüli célterület (green) öntözése

A kiemelten fontos a green (a lyuk körüli célterület) öntözése. A green gyepfelülete 2,5-7 mm magasságra nyírt, köríves formájú, 250-800 m² területű tábla. Egy green minőségét a labda gurulási sebességével jellemzik. Mivel minden befolyásolja a guruló labda útját, az egyenletes vízeloszlás azért fontos, hogy a gyepborítás minősége egyenletes legyen. A greenen belül nem lehet semmilyen pályaelem, ezért olyan fejeket és fúvókákat kell választani, amelyek képesek átöntözni az egyik szélről a másikig. A greenek vízszükséglete 25 %-al magasabb, mint a fairwayé, és az öntözése még azon országokban is elengedhetetlen, ahol a pálya többi részét nem igényli a kiegészítő vízpótlást (Anglia, Skandináv országok). [1][9]

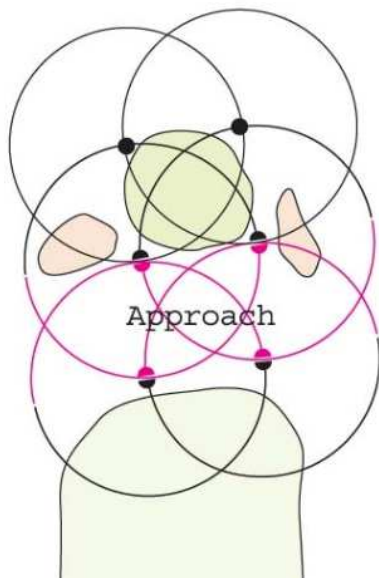


3-3. ábra: Green öntözése megkettőzött szórófejekkel



3-4. ábra: Green öntözésének csapadék eloszlása

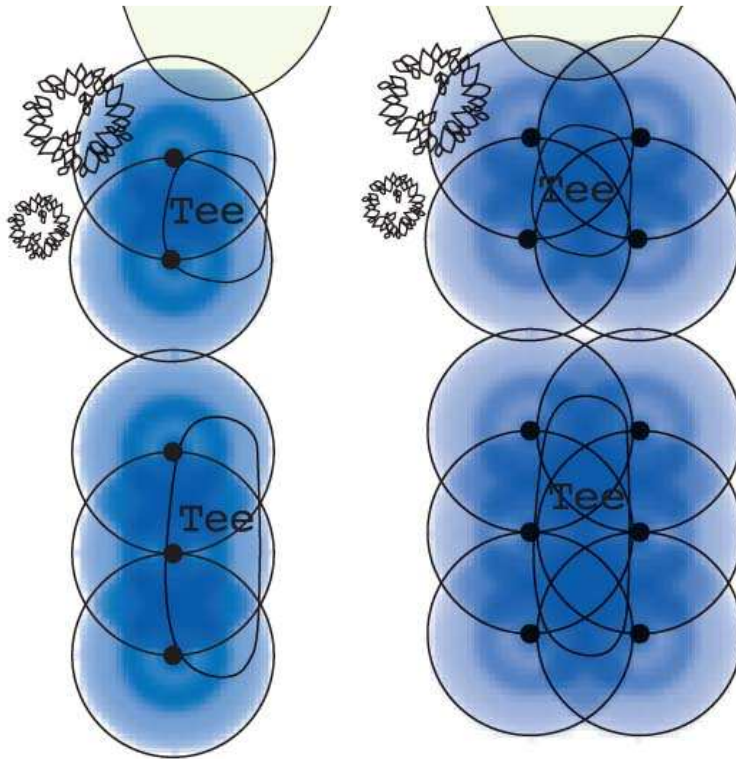
A tipikus green öntözése 3-6 teljes kört öntöző szórófejből áll (**3-3. ábra**). Ez a rövidre nyírt gurító részen kellő egyenletességet biztosít, de a magasabbra nyírt, a szórófejek határolta területen kívül az öntözővíz már kevés (nincs szórófejtől-szórófejig öntözés, csak egyoldalas, így a szórófejektől távolodva csökken a csapadék intenzitása). A hosszabbra nyírt fű nagyobb párologtató felületű, és a gyengébb vízeloszlással kombinálva, vagy túlöntözzük a greent, és jól tartjuk a környékét, vagy megfelelő a green vízborítása, de elégtelen a környezetéé. A greent körbevevő részsűk és a homokcsapdák (bunkerek) – esetenként a bunkerek nem öntözhetők – tovább nehezítik a fenntartó és a tervező dolgát. Ez csak többlet szórófejek beépítésével orvosolható. Jelentékeny mennyiségű vizet takarítunk meg, ha a fejek számát megkettőzzük (lásd a **3-3. ábrát**), és a nagyobb vízigényű külső területeket külön időtartamban öntözzük. Ha a legnagyobb szórófejek öntözési sugaránál is szélesebb greeneket készítenek, akkor nem lehet szórófejtől-szórófejig öntözni. Ilyenkor gondoskodni kell a kézi kiegészítő öntözésről. [1][6][10]



3-5. ábra: Approach öntözése megkettőzött szórófejekkel

A green és a fairway között az approach található, ami öntözés szempontjából a második legfontosabb terület. Igényesebb pályákon a greenek meghosszabbításaként építik meg, csak magasabbra nyírják a fűvet. Ha az approach a greennel azonos minőségű, akkor az öntözése sem választható el attól, de az approach szórófejeit mindenképpen külön működtetjük a fairwaytól. A **3-5. ábrán** látható, hogy a legegyszerűbb, ha a green és az approach határán a szórófejeket megkettőzzük, egymásnak háttal építve be azokat. Hasonlóan járunk el az approach és a fairway határán is. [1][6]

3.3.2 Az elütő hely a Tee öntözése



3-6. ábra: Egyszerű Tee öntözés egy sor szórófejjel

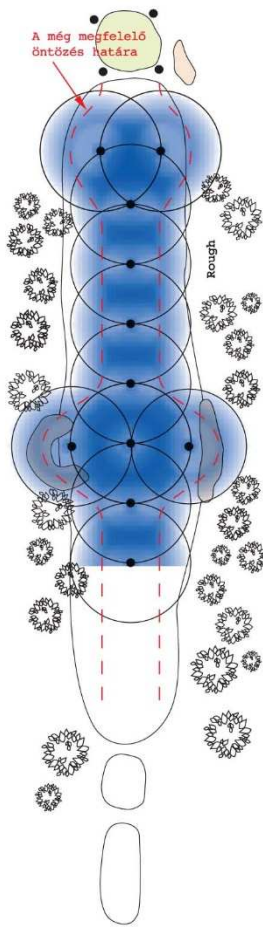
3-7. ábra: Jó Tee öntözés, kétoldalon elhelyezett fejekkel

Az elütő helyek (tee-k) öntözése fontossági sorrendben a greenek után következik. A tee 50-200 m² területű, 8-15 mm vágási magasságú, ovális vagy szögletes körvonalú vízszintes terület(ek). Évtizedekkel ezelőtt csupán egy sor szórófejjel öntözték a tee-t, ügyelve arra, hogy a terület határán helyezték el a fejeket (**3-6. ábra**). Ez az elrendezés erősen változó vízborítást eredményez. A legjobb öntözési minőséget úgy érhetjük el, ha a tee-t

két sor, négyszög-, vagy háromszög elrendezésű szórófejjel öntözzük. Az elütő hely legtöbbször egy kiemelésen található, ilyenkor a szórófejeket ne a rézsűbe, hanem a rézsűn kívül helyezzük el. [1][6]

A driving rangek (gyakorló terület) elütő helyei (mint holmi különösen nagyméretű tee-k) egymás mögött helyezkednek el, így akár 30 m-50 m mélyek, és 50-100 m szélesek lehetnek, ezért elkerülhetetlen, hogy a szórófejek a tee fűvén belülre is kerüljenek. Ha a gyakorlások alatt a fű gyorsan kikopik, a gyepfelújítás idejére lezárják a felújított területet. A jó öntöző ismérve, hogy az üzemszerű leállások idejére a felújított szektorokat a játékosok zavarása nélkül is öntözni tudjuk. [1][6]

3.3.3 Fairway-k öntözése



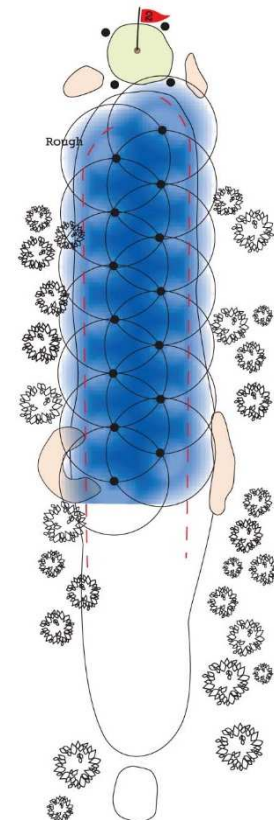
3-8. ábra: Fairway
egysoros öntözése

Ha a játéktér szélesebb, és a beruházásra nagyobb keretet biztosítottak, akkor a két soros elrendezés megfelelő kompromisszum (**3-9. ábra**). Ehhez kisebb szórótávolságú szórófejeket választhatunk, legtöbbször 22-27 m sugarú fúvókákkal. A két sor által határolt területen kívül az öntözést ugyanazok a problémák jellemzik, mint az egysoros elrendezésnél. Az értékelhető minőségben beöntözött sáv szélessége 44 m-54 m, a szélek felé fokozatosan csökkenő intenzitással. [1][6][9][10]

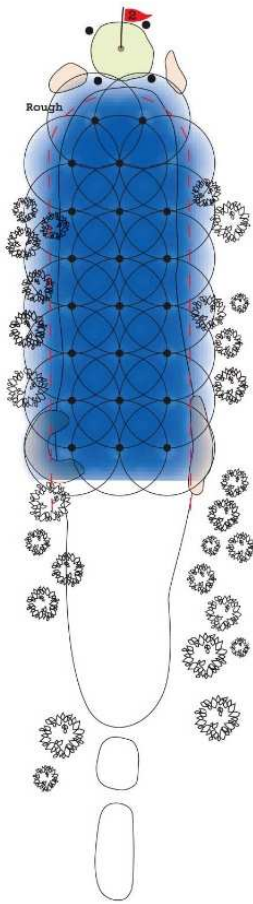
A szórófejeket elrendezhetjük három sorban is (**3-10. ábra**),

A golfpályák legnagyobb részét kitevő fairway-k 10-15 mm vágási magasságú, változatos formájú és domborzatú területek, az öntözésű a legköltségesebb. Annak függvényében, hogy milyen műszaki megoldást választunk, a hosszútávú üzemeltetés költségeit tudjuk növelni, vagy csökkenteni.

A legegyszerűbb, leggyengébb egyenletességet nyújtó elrendezés, ha csak a fairway középvonalán egy sorban helyezük el a szórófejeket. A mellékelt csapadékeloszlási diagrammon látszik (**3-8. ábra**), hogy a hasznos szélesség megegyezik az öntözés átmérőjének a felével (piros szaggatott vonal), így egy 30 m-es szórófej hiába öntöz egy 60 m-es kört, értékelhető egyenletességűnek csak 30 m-ig tekinthető. Az egyenetlenséget jól mutatják a számok, az értékelt területen belül (30 m átmérő!) csak 73 %-os egyenletességi mutató mérhető.



3-9. ábra: Fairway
kétsoros öntözése



3-10. ábra:

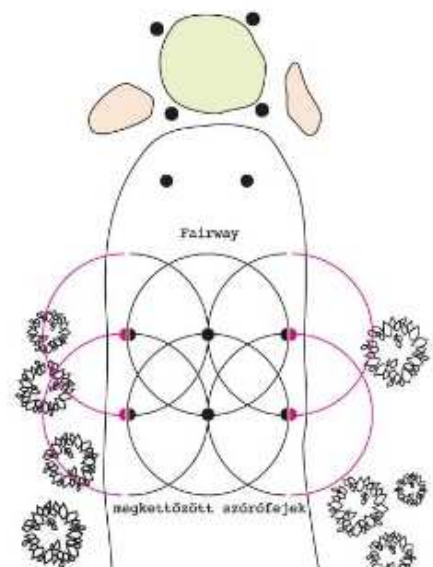
Háromsoros szórófej
elrendezés

rendszer.

A golfpályát övező vadon hagyott terület (rough) időszakos öntözése fontos, mert a nem kellően öntözött és ezért gyenge gyepvel fedett részeken a golflabda egy 180-200 m hosszú ütés után további 25-30 m-t gurulhat, a pályán kívüli ütés így nem éri el a kellő büntető hatását. Ha a gyep erős, akkor a labda hamarabb lefékeződik, nem kerül előnybe a rossz játékos. [1][6][9][10]

ez esetben a 17 m és 20 m közötti sugárral tervezzük meg a hálózatot. Látható, hogy a három sor szórófej már nagyon széles beöntözött területet eredményez (51 m-60 m), és a rough is csak a szükséges szélességben beöntözött. A három sor közötti 34-40 m-es sáv egyenletessége a műszakilag maximálisan elérhető legmagasabb érték, amelyet csak a szórófejek minősége korlátoz. A „vadon” hagyott rough beéri kevesebb vízzel is, a fairwayhez viszonyítva 25 %-al kisebb vízborítás elfogadott, ezért a szélső szórófej-soron kívül a sugár feléig jó a vízellátottság, utána csökkenő csapadék intenzitás jellemzik a területet. [1][6][9][10]

Az ötsoros öntözés tulajdonképpen a 3 soros öntözés kiegészítése két sor, a rough öntözésére szolgáló szórófejjel (3-11. ábra). Ennél az elrendezésnél – az ábrán látottak szerint – a fairwayt öntöző két szélső sor szórófejeit megkettőzik, és a teljes kör öntözése helyett két félkört öntöző szórófejet építenek be. Ezzel az elrendezéssel teljesen különválasztható a rough és a fairway, így a különböző vízigényekhez tetszőlegesen adaptálhatjuk a



3-11. ábra: Ötsoros fairway öntözés

Példa: A franciaországi Royan város 18 lyukas golfpályájának régi öntözőrendszere a '70-es évek végén épült, és 2005/2006, valamint 2006/2007 évek telén teljes átépítésen esett át. A szórófejek száma az átalakítás előtt 350 volt, ami egy vagy maximum két soros fairway öntözést feltételez. Az átépítések után a szórófejek száma, 900 darabra nőtt. A szórófejek számának több, mint 2,5 szeresére növelése sokkal egyenletesebb öntözést tett lehetővé, amely 20% éves vízmegtakarítás eredményezett, így évi 300 000 m³ helyett csupán 240 000 m³ vizet használnak fel. [11]

A számok tükrében jól látható, ha a beruházó az öntözésen szeretne spórolni, akkor a berendezés élettartama alatt az építésen megtakarított pénz sokszorosát fizeti ki a fölöslegesen kiöntözött vízzel. Látva a vízkészletek korlátosságát és az öntözővíz előállításában középtávon biztosan bekövetkező áremelkedést, nem lehet kérdéses a többsoros fairway öntözés létjogosultsága.

4 Az öntözés egyenletesség mérése és kiértékelése

A szakdolgozatban a Budapest Highland Golf Club 1. szakaszát (1. tee, 1 fairway, 1. green) vizsgáltam. A kilenc szakasz kiértékelése a szakdolgozat szempontjából többlet információval nem szolgál, így a következtetések levonását általánosan, hasonló golfpályákra is kiterjesztem. Az 1. szakaszból viszonylag nagy pontossággal, terület alapon kiszámítható az üzemeltetés költsége és az elérhető megtakarítás mértéke egy jövőbeli fejlesztés során.

Az öntözőrendszer kiértékelését a CATI Space-Pro TM programmal, a Certified Landscape Irrigation Auditor Training Manual: EIA, IA iránymutatásai alapján végeztem. [5][10]

A vizsgálat mérőlaborban készített szórófej profilok felhasználásával, a meglévő öntöző hálózat szimulációjával készül. Mivel ezek a mérések laborban és nem a konkrét területen készülnek, a relevanciájuk feltételesen érvényes.

Van lehetőség az öntözés auditjára is, amit a Landscape Irrigation Auditor Training Manual alapján [5], a területen végzett mérésekkel lehet elvégezni, de erre most nem volt lehetőség.

4.1 Az öntözés egyenletessége [5][7][10]

Az öntözésben a zóna fogalma: az egy időben, egyszerre vezérelt, egy csőhálózatra felszerelt, (együttműködő) szórófej(ek csoportja).

Az öntözés egyenletességét mérőszámokkal fejezhetjük ki, amelyek megmutatják, hogy az adott öntözőrendszer esetében milyen egyenletesen oszlik el a víz a terület felszínén. Az öntözőrendszer egyenletessége csak zónánként értelmezhető. Értéke megegyezik az adott zóna azon részének egyenletességével, amelynél a mérőszám a legkisebb. A különböző együtthatók meghatározásához szükséges néhány mérést elvégezni az öntözőrendszeren.

4.2 Christiansen-féle mutató (CU) [%]

Ez a számítási mód százalékos formában fejezi ki a vízkijuttatás egyenletességét az adott területen. A számítás lényege, hogy a csapadékmérő edényekben felfogott öntözővíz mennyiségek átlagtól eltérését veti össze az átlagos csapadékmennyiséggel.

Vagyis, minél kisebb az edényekben felfogott csapadékösszeg eltérése az átlagtól, annál egyenletesebb az öntözés.

4.3 Kijuttatási egyenletességi mutató (DU) [%]

Ez a számítás segít meghatározni a nyomás változásából, a helytelen fúvóka kiválasztásból vagy a fenntartás hiányából fakadó vízkijuttatási egyenlőtlenségeket a szórófejek által közre zárt térben. A DU (Distribution Uniformity) értékét százalékos formában kapjuk meg. Használata gyepöntözés esetében releváns.

4.4 Programozási együttható (SC)

A Programozási Együttható úgy fejezi ki az öntözés egyenletességét, hogy a teljes beöntözött területen belül az átlagos csapadékintenzitást összeveti a legkevésbé beöntözött egybefüggő terület intenzitásával. A Programozási Együttható (SC – Scheduling Coefficient) egy mértékegység nélküli szám, amely kifejezi, hogy az öntözés időtartamát hányszorosára kell megnövelni ahhoz, hogy a legszárazabb pont is kellő mennyiségű vizet kapjon. Gyep öntözése esetén ennek a mutatónak van a legnagyobb jelentősége, mivel a növényzet inhomogenitása nagyon látványos lehet, amelyet minden tulajdonos szeretne elkerülni, ezért folyamatos a túlóntözés-vízpazarlás mindenhol.

4-1. táblázat: Az öntözés minősítése a számított tényezők szerint spray szórófejnél:

Minősítés	CU [%]	DU [%]	SC
<i>Jó</i>	0,65-0,75	0,65-0,75	$SC < 1,5$
<i>Közepes</i>	0,55-0,65	0,55-0,65	$1,5 < SC < 2$
<i>Nem megfelelő</i>	0,45-0,55	0,45-0,55	$SC > 2$

4-2. táblázat: Az öntözés minősítése a számított tényezők szerint forgó szórófejnél:

Minősítés	CU [%]	DU [%]	SC
<i>Jó</i>	0,75-0,85	0,75-0,85	$SC < 1,5$
<i>Közepes</i>	0,65-0,75	0,65-0,75	$1,5 < SC < 2$
<i>Nem megfelelő</i>	0,55-0,65	0,55-0,65	$SC > 2$

Ezek a mutatók miért fontosak? A vizsgálatom abból a feltevésből indul ki, hogy a Highland golfpálya automata öntözőrendszere egyenletlenül juttatja ki az öntözővizet, és az üzemeltetés évtizedei alatt jelentős többletköltséget eredményeztek a fenntartó számára, amely összemérhető, vagy meghaladhatja az igényesebb öntözőrendszer kiépítésének többlet ráfordítását.

Az **4-2. táblázat** szerinti jó besorolású öntözőrendszer esetén lehetségessé válik a tápanyagok (fertigation) (esetleg növényvédő szerek – chemigation) öntözővízzel kijuttatása, további jelentős megtakarítást eredményezve.

Jó besorolású öntözőrendszer, jó tápanyag ellátottság, könnyű fenntarthatóság, sokkal szebb pályát eredményez, ami egy piaci alapon működő golfklub esetében több játékost és nagyobb árbevételt generál.

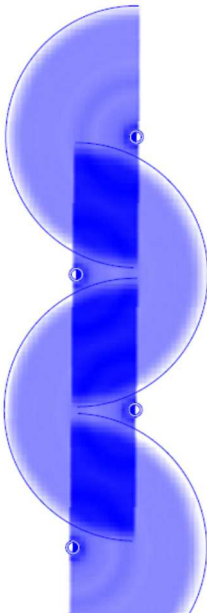
5 A vizsgált golfpálya bemutatása

A hazai és különösen a budapesti golfozók nincsenek könnyű helyzetben, ha jóminőségű pályán szeretnének játszani. Világvároshoz méltatlan, hogy csupán három 9 szakaszos pálya áll a város határain belül a játékosok rendelkezésére. A hozzáférhetőség egyértelműen akadály a játékosok számának növekedéséhez, bár az elmúlt években az új belépők és a klubtagságot vásárlók száma is látványos növekedésnek indult.

A Budapest Highland Golf Club pályája 2006-2007-ben épült, 9 szakaszból, egy PAR 3-as tanuló pályából, driving rangeből és gyakorló térből áll.

Az ingatlan rekultivált építési hulladék-lerakótelepre épült, a nagytétényi fennsíkon, ennek megfelelően szélnek kitett, jó vízáteresztő képességű, alacsony talajvíz-szintű területről van szó.

Információim szerint a beruházás szűkös anyagi körülmények között valósult meg, ezért az öntözőrendszer esetében biztosan a legkisebb összköltségű öntözőrendszer készült el.



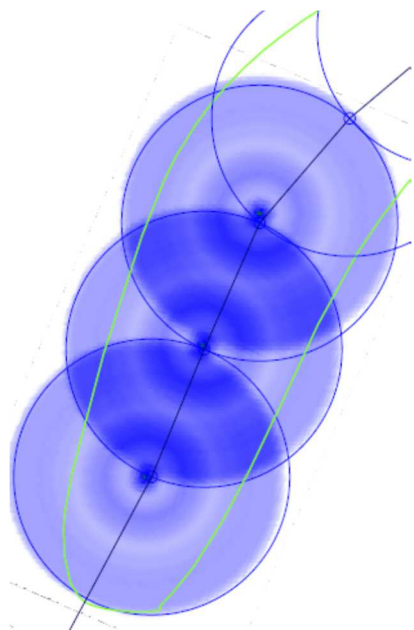
5-1. ábra: Eredeti öntözőterv elütőhely (tee) öntözésének denzogrammjá

A golfpálya vonalvezetését és terveit Lehoczky Gábor készítette, az öntözés tervezését és a kivitelezését is a Technoconsult Kft. végezte el. A golfpálya építése Tolnai Gábor, Laczkó Zoltán és Laczkó Tamás irányításával történt.

5.1 Az eredeti öntöző terv ismertetése

Karlócai Péter, a Technoconsult Kft. ügyvezetője bocsájtotta rendelkezésemre a 2006. 01. 06.-án készült öntözőrendszer tervrajzot, amelyről a következők állapíthatók meg:

Az elütő helyek (tee) öntözésére 2-2 db Rain Bird Falcon típusú sportpálya öntöző szórófejet terveztek. Szokatlan elrendezés az átlósan elhelyezett szórófejek alkalmazása, amely a szél hatásainak kevésbé tud ellen állni. A szórástávolságnál rövidebb beépítésnek köszönhetően az egyenletességi mutatók szigorúan az elütőhely felületén mérve ($CU=62\%$, $DU=73\%$) a megfelelő kategóriába esik. A szórástávolság 19 m.

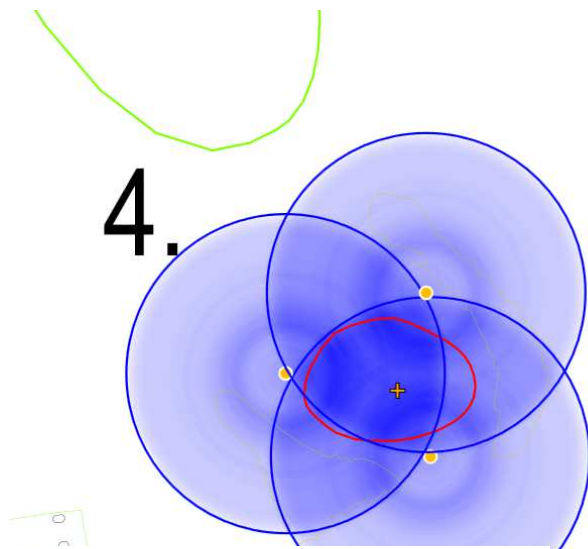


5-2. ábra: Eredeti tervrajz fairway szórófejek denzogrammja

A Fairway-k öntözésére Rain Bird Eagle 900 típusú szórófejeket használnak 52-es (narancssárga) fúvókákkal, egy sorba rendezve, 25 m távolságban. A vizsgát 1 fairway esetében a maximális fairway szélesség: 30 m. CU: 80%, DU 69%, SC: 2,0 (1%-os feldolgozási pontossággal). Az átlagos játéktér szélessége 30 m, de ugyanezt az elrendezést 44 m szélességű területeken is megtartották, ahol az öntözés egyenletessége a teljes szélességben nem értelmezhető. A nem kielégítő csapadékeloszlás pedig egyértelmű vízpazarlást és romló pályafenntartási körülményeket eredményez.

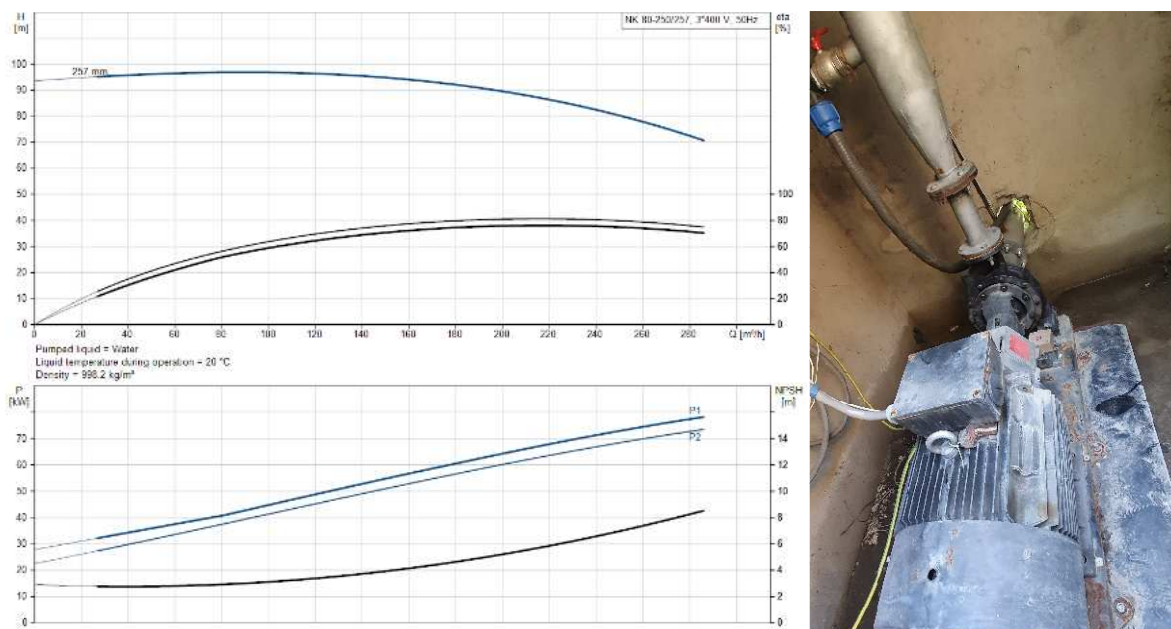
Valamivel jobb a helyzet a célterület (greenek) öntözésénél. Az eredeti tervrajzokon 22 m öntözési sugarú Rain Bird Eagle 750B szórófejek, szabályos háromszög kötésben öntöznek. CU: 92%, DU 89%, SC: 1,5 (1%-os feldolgozási pontossággal). Ez a szórófejek között magas egyenletességű, víztakarékos öntözést tesz lehetővé, de csak kisméretű, épp ezért nehezen játszható greenek esetében. A vizsgált 1. green az eredeti tervektől eltérően, 6 db Rain Bird 8005 szórófejjel készült el.

Egyértelműen gyengesége az eredeti elrendezésnek, hogy az állandóan széles fennsíkon szükséges csökkentett szórófej távolságot nem alkalmazták, hogy a szórófejek blokk-rendszerben párosával működnek, nem vezérelhetőek külön-külön. Mindezek egy sérülékeny, a körülményekhez nehezen adaptálható öntözést eredményeznek.



5-3. ábra: Eredeti öntöző terv célterület (green) öntözésének denzogrammja

5.2 A szivattyú állomás és az öntöző tó



5-4. ábra: Meglévő szivattyú állomás jelleggörbéje és fényképe [ábra: Grundfos Hungary]

A Highland golfpályát 1 db Grundfos NK80-250/265 szivattyú látja el egy öntöző tóból vízzel. A tavat három kútból 3 szivattyú tölti. A fenntartó személyzetnek folyamatosan felügyelnie kell a tó vízszintjét, hogy kellő tartalék álljon rendelkezésre az esőmentes időszakokra, illetve a környező ingatlanok akaratlan elöntését is el kell kerülni. Az egy főszivattyús kialakítás veszélye, hogy a szivattyú vagy a vezérlő frekvenciaváltó meghibásodása esetén nincs lehetőség tartalék használatára, így történt meg, hogy a frekvenciaváltó súlyos meghibásodása öntözési vészhelyzetet idézett elő pár évvel ezelőtt.

A pálya felülete alapján számított tényleges maximális vízigény 900-1000 m³/nap. 9 óra öntözési időablak esetén 121 m³/óra szivattyúzási kapacitásra van szükség a csúcs időszakban. A kedvezőtlen hidraulikájú csőhálózat kialakítás és a kapacitásokat szétosztani képtelen vezérlés miatt a szivattyú által szállított vízmennyiséget 80 m³/óránban kénytelen maximalizálni a kezelő személyzet, ami a tényleges szükségletek kétharmada.

Az öntöző tó ~1380 m² területű, 1,6 m átlagos mélységű, 3 kút tölti, amelyek hosszantartó szárazság esetén már nem képesek a napi vízigénynek megfelelő

utánpótlást biztosítani. A tó minimális vízszintje: 40 cm, a hasznosítható vízkészlet: ~1242 m³.

A napi maximális párolgási veszteség 7 mm (7 l) /m², összesen: 9,7 m³, ez tovább csökkenti az 1242 m³ hasznos vízkészletet.

A sekély tó kialakítás a következő problémákat okozza:

1. ~2 m mélységig a nap sugárzása átvilágítja a tavat, ami:
 - a. felmelegíti a vizet
 - b. a fotoszintézis miatt felszaporodnak az algák
 - c. az algák megfelelő szűrés hiányában lerakódnak a szórófejekben és a szelepeken, idő előtt tönkretéve azokat.
2. A kedvezőtlen felület/mélység arány szükségtelenül nagy párolgási veszteséget okoz, aminek pótlása köbméterenként 150-170 Ft-ba kerül.
3. A kis tározó kapacitás nem biztosít elegendő puffert tartós szárazság, vagy töltő szivattyú meghibásodás esetén.
4. Valójában a teljes golfpálya súlyosan alulöntözött. A biológiai szükségleteknek megfelelő vízkivétel esetén a tó és a töltő kutak kapacitása elégtelen.

5.3 Összefüggés az öntözés egyenletessége, a beruházási költségek és a fenntartás költségek között.

Golfpálya játéktér fenntartása összetett agrotechnikai lépések láncolata, amelyben bármelyik szem gyengesége a teljes minőségére kihat. Egy ideális világban tökéletesen egyenletes öntözés mellett, a legjobb, és kellő számú fenntartó gépek megléte esetén, mindig időben alkalmazott növényvédelem mellett, kiegyensúlyozott tápanyag utánpótlással, jól képzett munkaerő szélsőségektől mentes időjárási viszonyok között tartja fent a sportpályát. Természetesen erre nincs lehetőség, de törekedni kell egy kiegyensúlyozott rendszer felépítésére, amely rendelkezik azzal a tartalékkal, amely az óhatatlanul bekövetkező időjárási anomáliákat, meghibásodásokat és sporttechnikai kihívásokat többlet ráfordítással, lehetőség szerint rövid időn belül képes orvosolni.

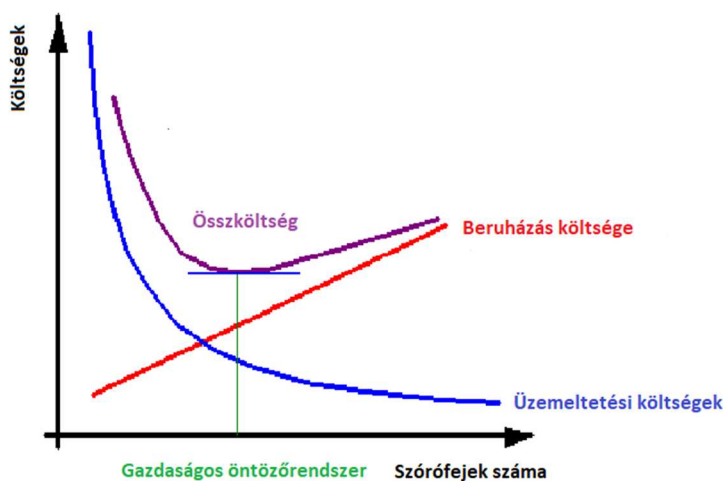
Az öntözővíz szempontjából a következő összefüggések vezethetők le.

Ha nincs öntözővíz:

- akkor csak a természetes csapadék biztosítja a növények vízellátását, ez az intenzív gyepgazdálkodást Magyarországon lehetetlenné teszi. Egy golfpálya a gyep miatt különleges játéktér, enélkül értéktelen.
- a gyep immunrendszere legyengül, a különösen nyáron jelentkező betegségek könnyen megfertőzik az állományt.
- a gyomok elterjedését nem, vagy csak drága agrotechnikai eszközökkel lehet megakadályozni.
- a pálya felszíne keménnyé, játékra csak korlátozottan alkalmassá válik, a játékosok elkerülik.

Ha nem egyenletes az öntözővíz kijuttatás:

- nehezen, nagyobb munkaerő, öntözővíz, energia, tápanyag és növényvédőszer ráfordítással lehet elfogadható gyepborítást elérni.
- a pálya nem sugározza a prémium környezet érzést, ami visszaköszön a bevételekben.
- a feleslegesen túlöntözött területek a gyepet támadó gombás megbetegedéseknek jobban lesznek kitéve, ez extra odafigyelést igényel.
- a túlöntözött területeken a vízzoldékony tápanyagok jelentős hányada hasznosulás nélkül kimosódik és a talajvízbe kerül.



5-5. ábra: A fenntartás költsége az öntözőrendszer minőségének függvényében



5-6. ábra. Öntözés egyenetlenségének hatása a szórófejek vonalától távolodva, száraz éghajlatnál [<https://www.irriplan.net/pdf/affordableirrigationforgolf.pdf>]



5-7. ábra: Vízhiányos területen csak a szükséges felületeket öntözzük [<https://www.gcma.org.uk/news/stri-rain-bird-drought-advice/>]

6 A megvalósult öntözés felmérése, kiértékelése légifelvétel elemzéssel és számítógépes szimulációval

A Technoconsult Kft.-től kapott tervrajzot összehasonlítottam az Érsek Ákos (GPSCoM Kft.) által készített drónfelvétellel, amelyet Füzesi István földmérő (Dutinvest Földmérő és Ingatlanrendező Kft.) helyszíni méréseivel pontosítottunk.

6.1 Terület felmérése DJI Multispectral drónnal

(A repülés jegyzőkönyvét az **1. sz. melléklet** tartalmazza).

A mérés elemei:

A DJI Multispectral drónja kifejezetten mezőgazdasági felhasználásra tervezett, alkalmas területek monitorozására, növényegészségügyi vizsgálatokhoz. A Multispectral drón kamerarendszere az RGB felbontáson túl a vörös él és a közeli infra tartományokban is képes felvételt készíteni, kameránként 2 MP felbontásban.

A DJI drónja akár 27 perc repülési időtartamra is képes, és a bázistól akár 7 km távolságra is lehetséges az irányítása.

A felmérést a drónpilótával egyeztettük, a biztonság kedvéért 60 m fölött állapítottuk meg a repülési magasságot, hogy a Highland golfpálya 1. szakasza mellett húzódó nagyfeszültségű távvezeték felett legyünk biztosan a repülés során. Bár a drónnak van saját akadály kikerülő funkciója, és valószínűnek láttuk, hogy a távvezeték ne nyúlik be a pálya fölé, mégis a biztonságot választottuk, tudomásul véve, hogy a felvétel felbontása alacsonyabb lesz. A kapott hozzávetőleg 5 cm/pixel felbontás a képfeldolgozás során elégnak bizonyult, így is hatalmas méretű fájlokat kellett feldolgozni, ami még a korszerű, nagyteljesítményű számítógépek használatával is hosszú számítási folyamatokat eredményezett.

A mérés előtt a vezérlő Ipad mini tabletek futó DJI GS Pro szoftver számítottak a repülési tervet.

6-1. táblázat: A repülés legfontosabb paramétere

Átlagos repülési magasság	97,7 m
Kamera felbontása a repülési magasságon	5,025 cm/pixel
Repüléssel lefedett terület	0,102094 km²
A feldolgozott felvételek száma	279 db

A repülés során szükség volt RTK korrekcióra. A South G3 GNSS vevő sugározta a wifi-n keresztül a DJI kontrollerének a korrekciós jelet.



6.1. ábra: A drónos felmérés közben készült felvételek

6.2 A tervrajz pontosítása GNSS technológiával

A drónfelvétel pontosítására azért volt szükség, mert várakozásaimmal ellentétben az 5 cm felbontású ortófotón a szórófejek pozíciója nem volt beazonosítható.

A munkához használt mérőműszer típusa és gyári száma: Satlab SI 600; 351579053103675

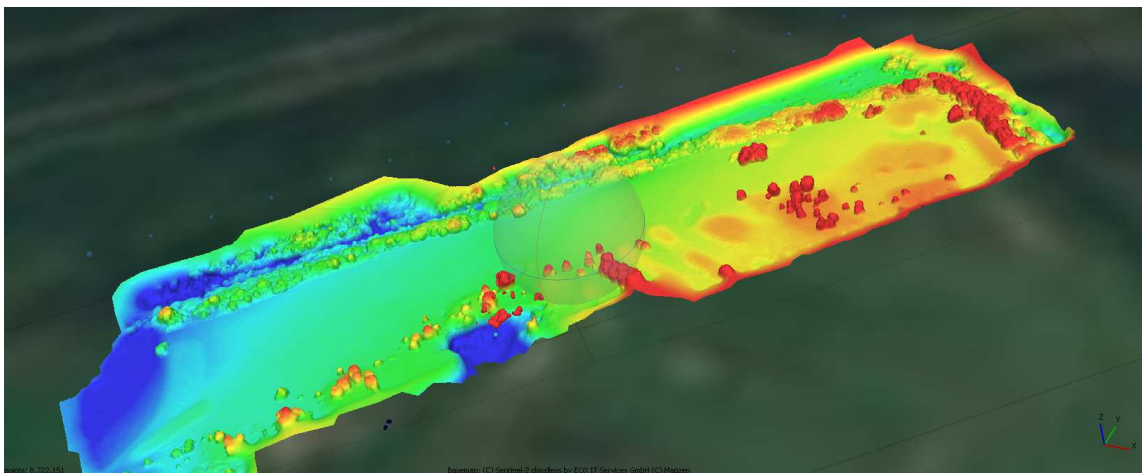
A mérés során GNSS-RTK szolgáltatást vettünk igénybe, valós idejű, cm pontosságú RTK mérést végeztünk fix pozíciók felvételével. A mérés pontossága 2 cm-volt, ami tökéletesen megfelelt a drónfelvétel georeferálásához.

A Satlab GNSS vevő-t a FÖMI rendszerére csatlakoztattuk, A GNSS jegyzőkönyv a szakdolgozat **2. sz. mellékletében** található.

A drónfelvételekből az Agisoft Metashape szoftver segítségével elkészítettem a terület digitális domborzat modelljét.



6-1. ábra: Satlab SI 600 GNSS vevő
[<https://globalgpsystems.com/satlab-sl600-rover-set/#configuration>]

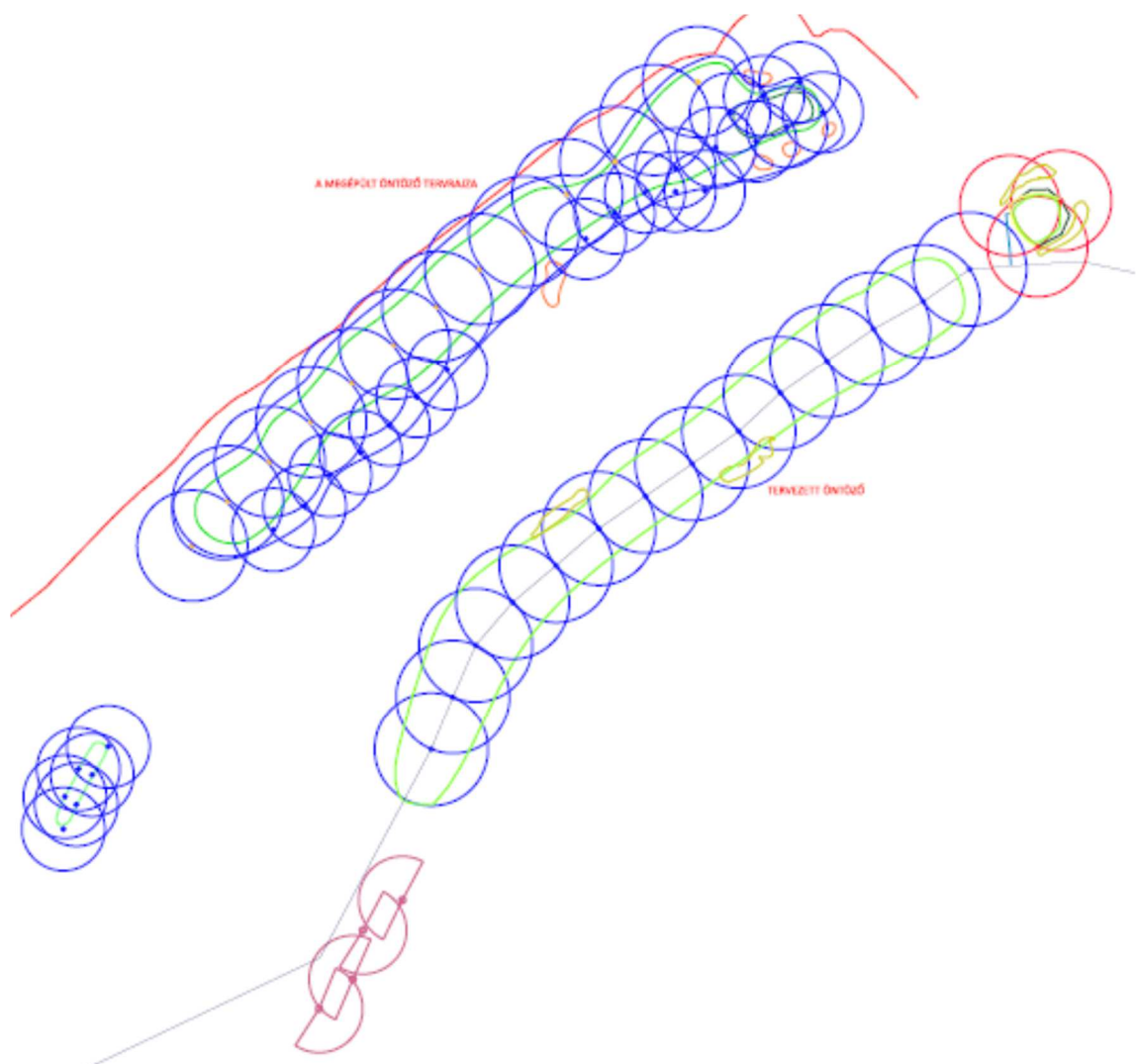


6-2. ábra: Digitális domborzat modell az Agisoft Metashape programjával készült

6.3 A felmérés során kapott tényleges alaprajz és az eredeti terv összevetése

A Software Republic ProContractor Studio öntöző tervező program segítségével, az ortófotó és a GNSS felmérés pontjaiból elkészítettem a golfpálya 1. szakaszának valósághű alaprajzát és az öntözés tervrajzát.

Egy tervlapra tettem a tervezett és a megvalósult öntözőrendszer rajzát. Látható, hogy 16 év elteltével a hasonlóságok ellenére egy teljesen más pálya körvonalat, ennek megfelelően más öntözőrendszert találunk.



6-3. ábra: Bal oldalt a jelenlegi, jobb oldalt a tervezett öntözőrendszer látható

(A kék és piros körök illetve körcikkek a szórófejek szórási sugarát ábrázolják.)

Több ponton jelentősen módosult a tervrajzhoz képest az öntöző hálózat, amely jelentősen befolyásolja az öntözővíz kijuttatást. Ezek a módosítások a pályafenntartás tapasztalatai alapján próbálták az egyszerű öntözés hiányosságait kiküszöbölni, többkevesebb sikerrel.

A dolgozatnak nem célja a meglévő öntözőrendszer minősítése, hanem a tervrajz és a korszerű légifelvételen alapuló térképezés módszerével keres összefüggéseket a vízkijuttatás és a növényállomány fejlettsége között.

7 A drón felmérés feldolgozása és az eredmények összevetése az öntözőrendszer csapadék eloszlásával.

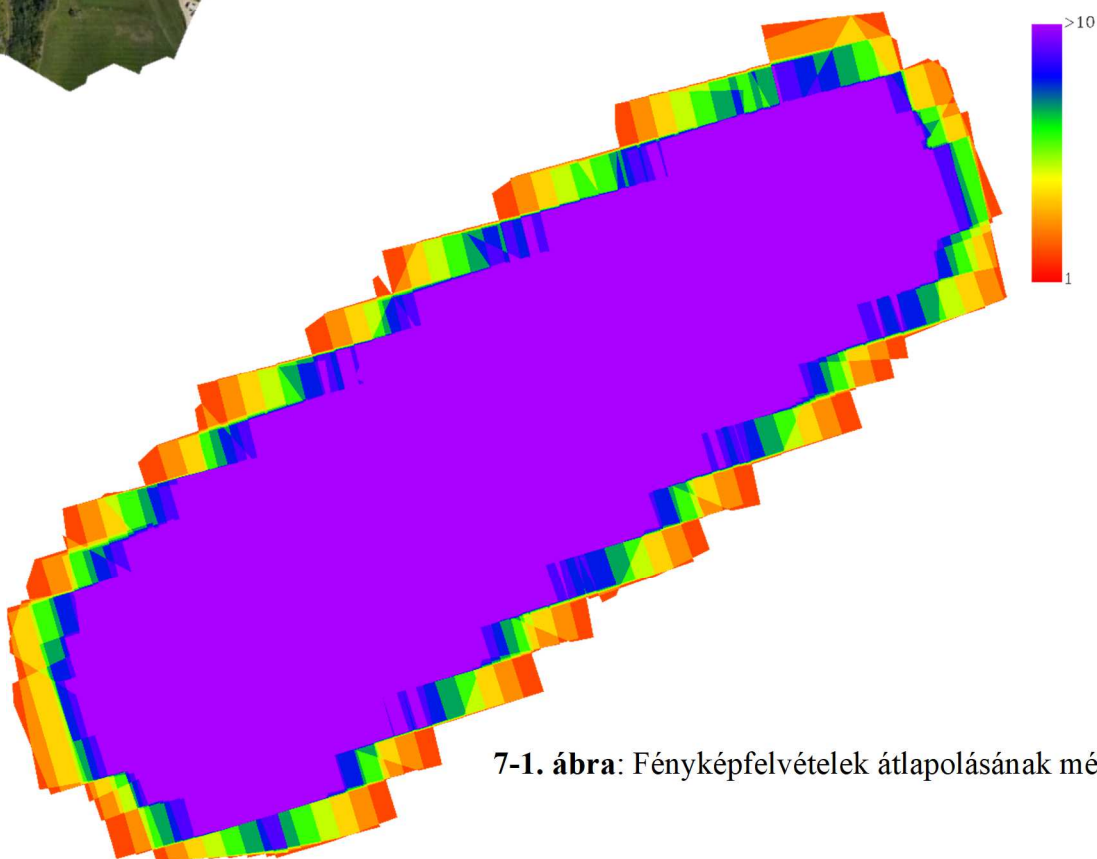
7.1 Az 1. szakasz kiértékelése a feldolgozott légifelvételek segítségével



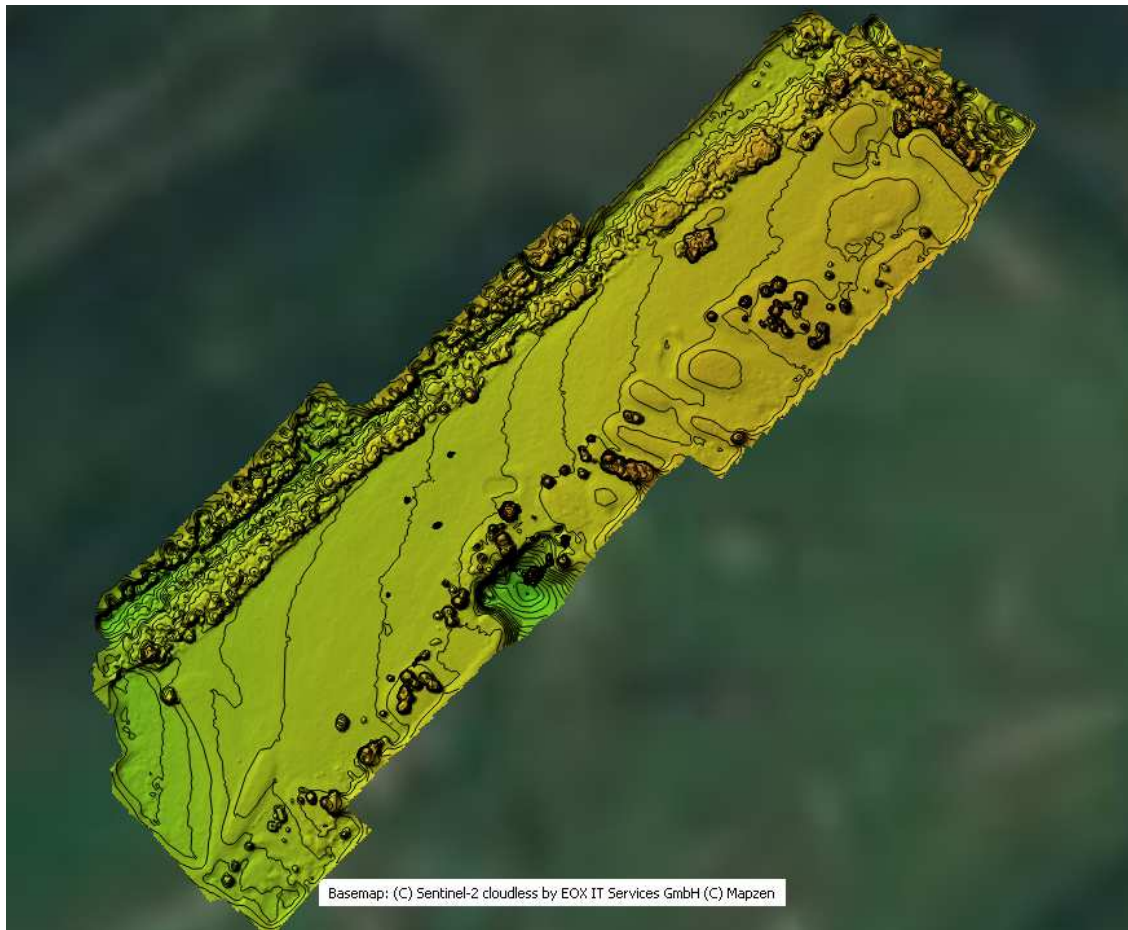
279 db légi felvétel összeillesztéséből készült el az ortófotó, amelyet a 7-2. ábrán láthatunk. A 7-1. ábra a felvételek átlapolását mutatja meg. A mellékelt színskála szerint a vizsgálat alá vont 1. szakaszon a végeredmény 10 felvételnél több képből készült el (lila felület a 7-1 ábrán).

Az 1. szakasz átlagos hossza 425 m. A teljes szintkülönbség 4-4,3 m, az átlagos emelkedés mértéke 1%, vonalvezetése enyhén ívelt, jelentős pályán belüli szintváltozás nincsen. A pálya az északi irányba mérsékelten lejt, az oldalirányú lejtés és a hosszirányú szintemelkedés az öntözővíz eloszlása és megfolyása szempontjából elhanyagolható.

7-2. ábra: Elkészült ortófotó



7-1. ábra: Fényképfelvételek átlapolásának mértéke

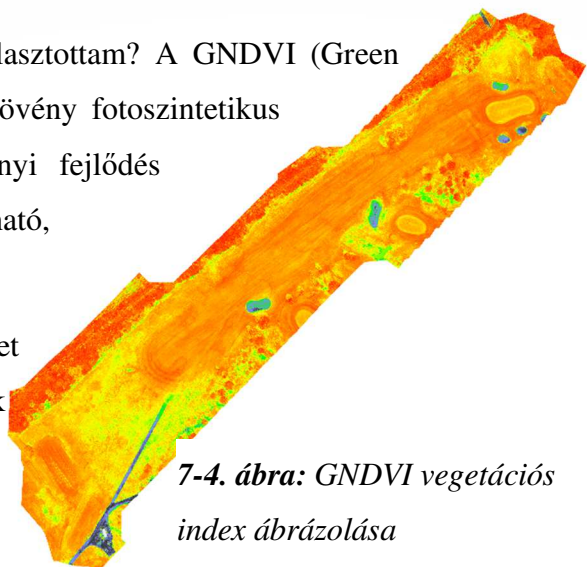


7-3. ábra: Digitális felszínmodell szintvonalakkal az Agisoft Metashape-pel elkészítve

Az Agisoft Metashape szoftverének segítségével feldolgozott drónfelvételekből elkészített 3D felszínmodell, valamint a GNDVI vegetációs index segít jobban megismerni a területet.

Miért a GNDVI vegetációs indexet választottam? A GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation) a növény fotoszintetikus aktivitásának mutatója amely a növényi fejlődés későbbi szakaszaiban jobban használható, mivel az NDVI-nál később telítődik.

A GNDVI értéke -1 és 1 közötti értéket vehet fel, ahol: -1 és 0 közötti értékek vizet vagy csupasz talajt jelez.



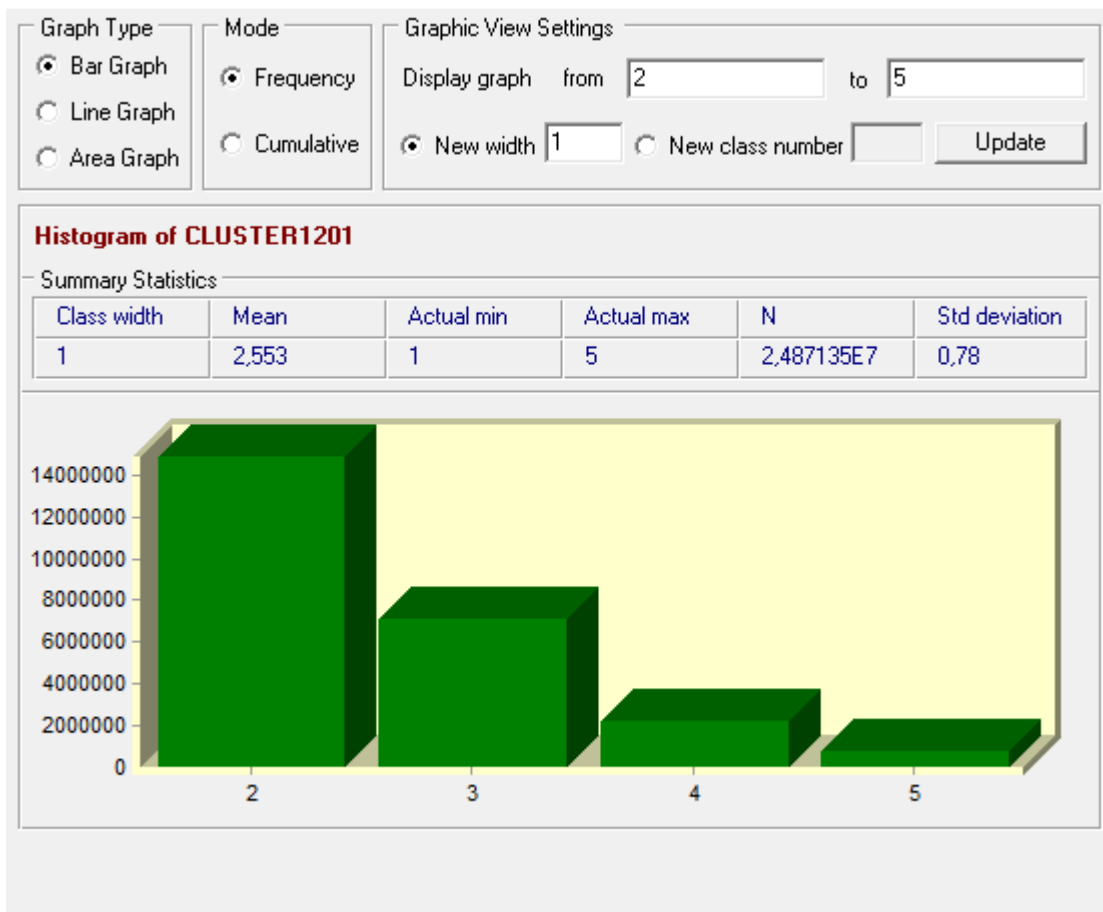
7-4. ábra: GNDVI vegetációs index ábrázolása

A GNDVI érzékenyebb a növényi klorofill változására, mint az NDVI, mert annál magasabb a telítési pontja.

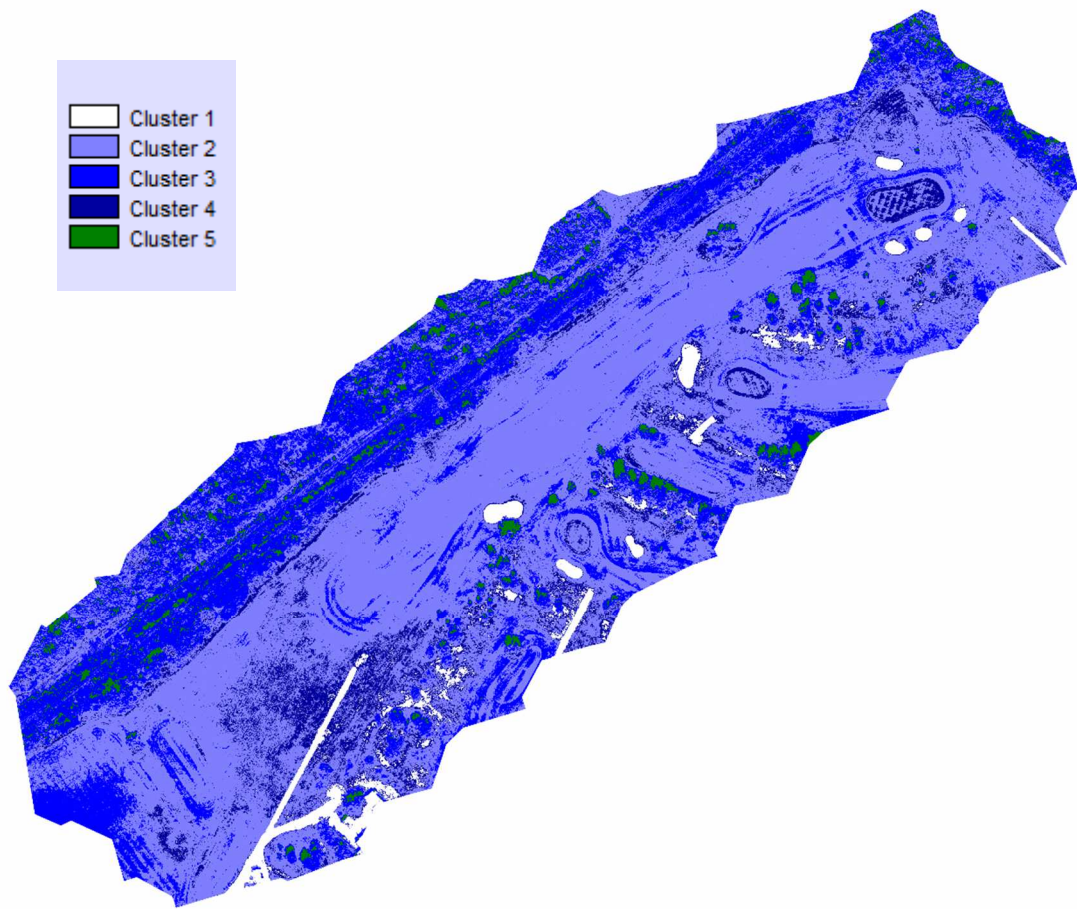
$$\text{GNDVI} = (\text{NIR}-\text{G})/(\text{NDVI}+\text{G})$$

Idrisi Selva program segítségével elvégeztem a GNDVI felvétel osztályozását, hogy az 5×5 cm felbontású fényképből egy könnyebben vizsgálható, állományt kapjak. Hat clustert használtam, és a szórófejek csapadék eloszlási denzogramjához hasonló árnyalatokat állítottam be.

A clusterezés eredményét a **7-5. ábra** tartalmazza. Az 5. osztály a magas növésű fák összes felületét mutatja.

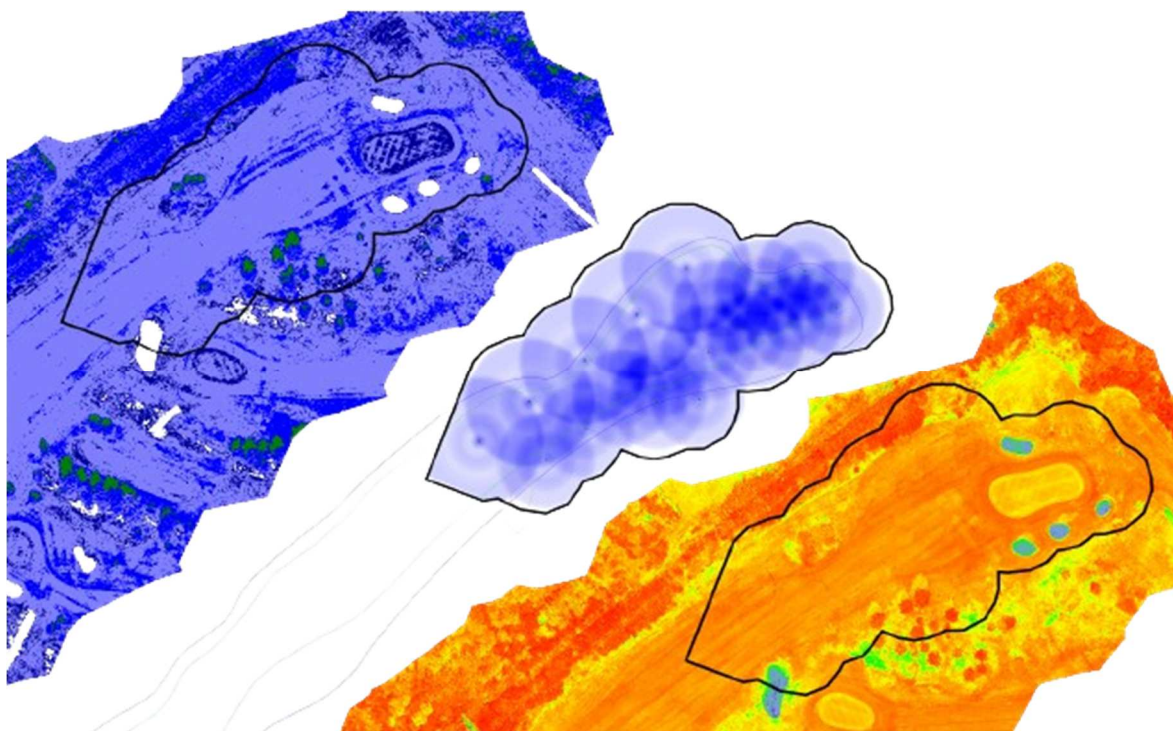


7-5. ábra: A clusterek területének megjelenítése



7-6. ábra: *Clusterezett térkép vizuális elemzéshez*

A következő ábrán egymás mellett ábrázolva látható az osztályozás eredménye, a denzogram és a GNDVI felvétel.



7-7. ábra: Clusterezett GNDVI, Denzogramm és GNDVI megjelenítése az 1. Green körüli területeknek

A **7-7. ábrán** láthatóan kirajzolódik az öntözés hatása, de koránt sem annyira erősen, ahogy ezt vártam. Ennek több oka is van:

1. A vegetációs index a növény fejlettségét és sűrűségét mutatja meg, nagyobb zöld levéltömeg magasabb értéket eredményez. A nyírt gyeper esetében a levéltömeget mesterséges úton korlátozzuk. A képeken látható csíkos rajzolat a fűnyíró gép haladásának nyomvonala, mert ahogy elnyomja a levelet egyik vagy másik irányba, úgy változik meg a gyeper képe (a csíkozott labdarúgó pályákon a levél színe és fonákja adja a mintázatot).
2. A pályán kívüli sötét mezők a sűrű cserjés-fás területet mutatják, ahol a levéltömeg értelemszerűen nagyobb.
3. A GNDVI indexen a zöld-zöldeskék mezők homokkal töltött medencék (bunkerek).
4. A lyuk körüli célterület (green) határozottan világosabb rajza egyértelműen a 7 mm-es nyírási magasságra vezethető vissza. Nagyításban jól látszanak a nyírási nyomvonalak.

5. A 2023-as szezon nagyon csapadékos volt. Nem feltétlenül az egyszerre lehullott csapadék mennyisége volt sok, hanem kimaradtak a hosszantartó száraz időszakok, és ez az öntözés hiányosságait jól elfedte. Egy évvel korábban ez a drónfelvétel teljesen máshogy nézett volna ki.
6. Mindezek ellenére az osztályozott felvételen egyértelműen megjelennek azok a erősebb vegetációjú mezők és sávok, amelyek az öntözés számlájára írhatók.

8 Az új öntözőrendszer tervének bemutatása

8.1 Az új tervezési koncepció

Az új, a területhez jobban alkalmazkodó, korszerű, a környezettudatos gondolkodásnak megfelelő öntözőhálózat kialakítása a 4.3 pontban összefoglaltak szerint nagyon fontos eleme a költséghatékony, szebb és egyszerűbben fenntartható golfpályának. Ha egyenletes vízkijuttatású, korszerű, könnyen kezelhető, rugalmasan adoptálható öntöző hálózat áll rendelkezésre, akkor napi szintű finomhangolással a lehető legkevesebb, de még szükséges vízmennyiség juttatható ki.

- Nagy egyenletesség és alacsony SC (programozási együttható) esetén nem szükséges jelentős mértékben túlóntozni a száraz foltok miatt a területet. Ha az SC értékét 1,3-re javítjuk a jelenlegi 1,9-ről, és feltételezzük, hogy 330 mm az éves csapadék deficit az intenzív gyepterület öntözésében, akkor 1 hektárra vetítve az éves megtakarítás: $(1,9 - 1,3) * 330 * 10\,000 / 1000 = 1980 \frac{m^3}{Ha} * év$
- Ha nagyon magas egyenletességű az öntöző hálózat, akkor 90% feletti DU érték esetén lehetőség van az öntözővízzel együtt tápanyag kijuttatásra, esetleg növényvédelemre (fertigation, chemigation). Egyenletes, jól beállított öntözéssel, és pontos tápoldat adagolással akár heti szinten is lehetséges kisdózisú műtrágya vagy növény kondicionáló szer kijuttatására. Amennyiben alacsony dózisokkal dolgozunk, minimalizálhatjuk a vízzel oldható tápanyagok kimosódását a talajvízbe.
- Ha napi rendszerességgel csak a szigorúan vett játékkeret öntözzük, akkor az összes beöntözött terület nagysága csökken.

A megtakarítás további lehetőségét biztosítja, hogy amennyiben a pálya játékkeretét elkülönítve, a rough (külső) területtől leválasztva öntözzük, úgy 1-2-3 hetente, csak a csapadékhiányos időszakban kell vizet juttatni a külső területekre, míg ez jelenleg minden öntözés alkalmával megtörténik.

„A golfpályán a játékon kívüli területek (rough) intenzív karbantartása költséges, értékes időt vesz el a pálya személyzetétől. Az egyformára nyírt gyep változó magasságú, monoton, unalmas tájképet eredményez.

A karbantartott semi rough területek azonban sok esetben könnyen csökkenthetők, és alacsony karbantartási igényű, játszható rough-fá alakíthatók. Az elütiő helyek körüli területek, amelyek gyakran a fairwayjel megegyező fűkeverékkel vannak bevetve, és amelyek rendszeres nyírást, trágyázást és öntözést igényelnek, színes csenkesz foltokká alakíthatók. Ezek a fűfélék változatos élőhelyet biztosítanak a rovarok és kisállatok számára, miközben évente 1-2 alkalomra csökkentik a karbantartási igényt. (8-1. ábra)

A pálya átalakítása további előnyökkel jár. Körülbelül 2000 €/ha karbantartási költség takarítható meg évente. Ez pár éven belül fedezetet biztosít az átalakítás költségeire, miközben javítja a golfpálya esztétikáját és új élőhelyeket alakítunk ki. 2013. november” [13]

- És a korszerű öntözési szemlélet szerinti magas egyenletességű öntözés esetén fokozatosan elmozdulhatunk a deficit öntözés irányába. A deficit öntözés az öntözüstudomány legújabb kutatási területe, jelen tudásunk szerint kimutatható gazdasági hatása van a szükséges vízmennyiségnél kisebb adaggal öntözésnek. *„A kutatások szerint a legtöbb növény esetében a fenológiai fázisnak megfelelően szabályozott Deficit Öntözés alkalmazásával nem vagy csak néhány %-ot csökken a termés mennyisége és a minősége rendszerint minden esetben javul, miközben az öntözővíz felhasználás akár 50%-ra csökkenthető.” [12]*



8-1. ábra: Új megközelítés, a pályán kívüli területek természetközeli állapotának visszaállítása

[<https://eigca.org/news/125629/Reducing-Maintenance-Costs-While-Improving-the-Golf-Course/>]

8.2 Az új öntözőrendszer tervezésének folyamata

A tervezéshez a ProContractor Studio öntözés-, kert-, drénezés- és világítás tervező program segítségével végeztem. Az adatimport során a drónfelvételtől összeállított nagy pontosságú orto-felvételt használtam alapul, amelyen jól látszódtak a különböző pályaelemek és a nyírás határa (a tényleges játéktér körvonala, amely az évek során változhat).

A vizsgált 1. szakasz a keskenyebbek közé tartozik, átlagos szélessége 28 m. Úgy helyeztem el a kizárólag a pályát öntöző szórófejeket, hogy azok a nyírt szegélyek

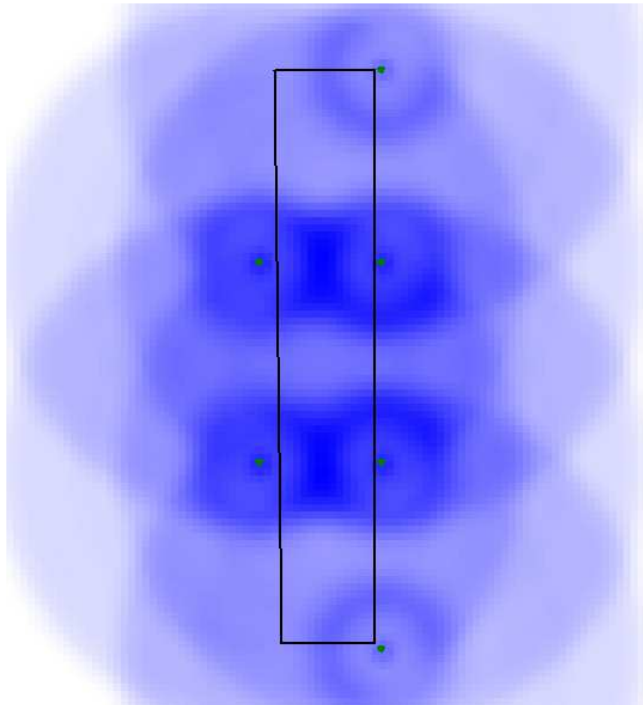
mentén, azoktól befelé öntözzenek. Erre a fenntartási költségek csökkentése miatt lesz szükség.

8.2.1 Az elütő hely (tee) öntözése

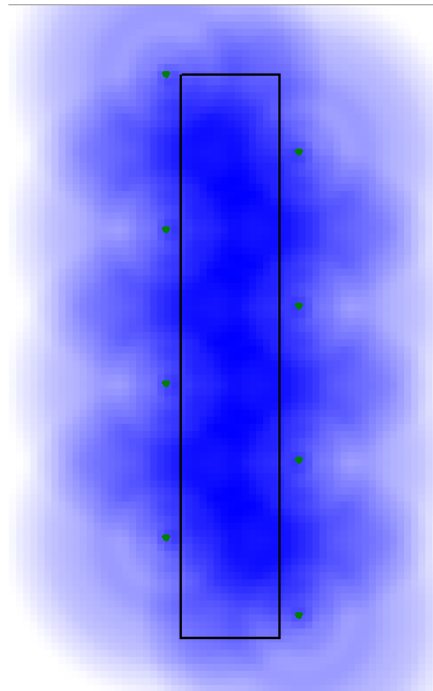
Az 1. elütő hely (tee) egy átlagosan 6,5 m szélességű, 40 m hosszú, a környezetéből 1,0-1,5 m-re kiemelkedő domb. Jelenleg szükségtelenül nagy (18 m) szórástávolságú, megindokolhatatlan elrendezésében 6 db szórófej öntözi.

Az új terv szerint 8 db 11,5 m-es, szabályos háromszög elrendezésű szórófejjel, a szükséges területet, és annak közvetlen környezetét öntözzük meg. A tee a legkisebb öntözött terület egység a golfpályán, jelentős víz és költségmegtakarítás nem érhető el az öntözés finomításával. Az öntözés jósága az elütőhely általános megjelenésére és a jobb fenntarthatóságra van befolyással. A tervezett szórófej Hunter I-20-04-CV-2.0.

(A 8-2. és 8-3. ábrákon a fekete téglalap az öntözendő területet jelenti, a kis pontok a szórófejek pozíciói, a kék különböző árnyalata a csapadékeloszlást szemlélteti, ahol a sötét szín a több víz jele.)



8-2. ábra: A jelenlegi csapadék eloszlás denzogrammja



8-3. ábra: Egy jó öntözés denzogrammja

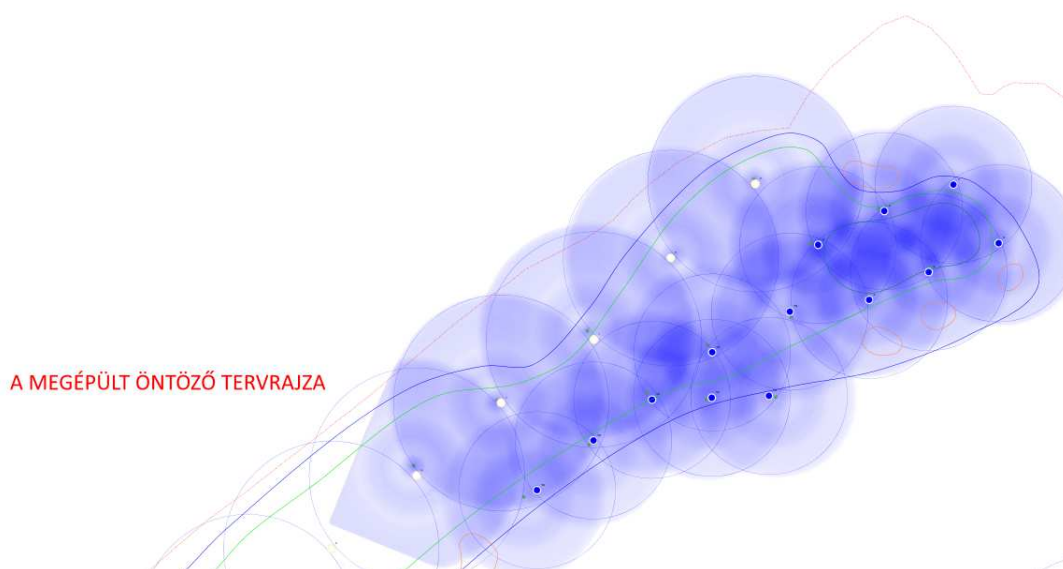
8.2.2 Összekötő sáv az elütő hely (tee) és a fairway között

A játék minőségét kevésbé befolyásoló, ám a játékosok kényelmét jobban szolgáló pár szórófej beépítését javaslom az elütő hely és a tényleges pálya között. Ezt a hosszútávú tapasztalatok alapján tartom jó megoldásnak, mert az öntözésmentes pályaszakasz a nyári melegben göröngyös és zsombékos felszínén a golfautók és a golfkocsik zötykölődnek. Ez egyértelműen a pálya minőségét növelő beruházás.

A tervezett szórófej típus: Hunter G-880-D-53-P8

8.2.3 A fairway öntözése

Az egysoros fairway öntözés a legpazarlóbb elrendezés (lásd 2.2.3), a mai környezettudatos, víztakarékos megközelítésnek nem felel meg. Lehetetlen megfelelő egyenletességet biztosítani, a szórófejektől távolodva a kijuttatott vízmennyiség csökken, ami a gyep tősrűségében, lenyírt nyesedékében is megjelenik. Az 1. fairway-en megépített rendszerben a kiegészítő szórófejek véleményem szerint kiküszöböltek egy gondot, de rögtön további egyenlenséget is vittek a rendszerbe. A Space Pro programmal elkészítettem a csapadék-eloszlás modelljét, ami alátámasztja a véleményemet.



8-4. ábra: A jelenlegi öntöző denzogrammja a célterület (green) körül

Ezt elkerülendő, a tervezésnél fontos szempont, hogy adott területet csak egyforma fűvókával, azonos nyomáson működő szórófejek öntözzenek meg, típusok, fűvókák és a nyomás változása magával hozza az egyenetlen öntözést.

A megvalósult öntözés további használati korlátja, hogy a nagy szórófejek párban illetve a kiegészítő fejek egy-egy blokkban öntöznek. Ezzel megkötik a fenntartást vezető Head Greenkeeper kezét, aki nem tudja finomhangolni a rendszert (minél kisebb egységeit lehet az öntözésnek külön-külön irányítani, annál jobban tudjuk a tényleges vízigényhez adaptálni azt).

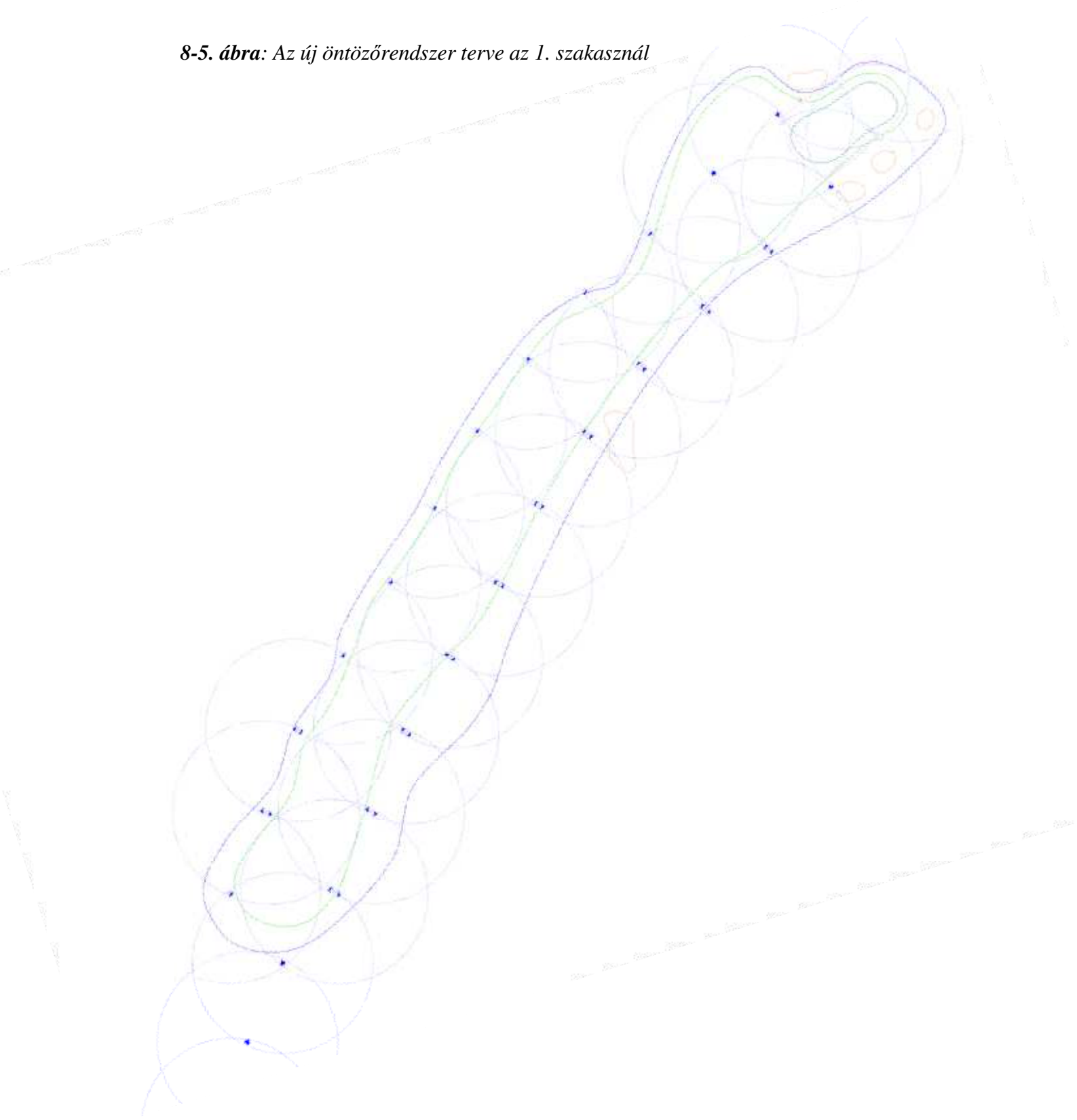
A legutolsó hiba, hogy a pályán kívüli területek (rough, semi rough) vízellátása nem függetleníthető a pálya öntözésétől, így akkor is öntözzük, ha nincsen elegendő víz, illetve többlet vizet csak úgy lehet kijuttatni, ha a pályát túlöntözzük.

A Laczkó Tamás, a golfpálya Head Greenkepere megerősítette azt, amit a csapadék eloszlási modell alátámasztott, hogy az 1. fairway a vízforrás korlátossága miatt az igazán meleg nyári időszakban fokozatosan „beszűkül”, a széleken már egyre kevésbé tudják a zöld, homogén gyepborítást fenntartani.

Az új fairway öntöző terv a fent felsorolt konstrukciós problémáit próbálja meg orvosolni.

1. Az egysoros elrendezés helyett a pályát öntöző fejeket két sorban, $28\text{ m} \times 27\text{ m}$ -es kötésben, szórófejtől-szórófejig öntözéssel terveztem. Ez a szél elsodró hatását is csökkenti. A tervezett szórófej típus: Hunter G-885-D-53-P8.
2. A víztakarékosság érdekében a fő szórófejek csak a pálya körvonalán belül öntöznek.
3. Egyforma típusú, fűvókájú és üzemi nyomású szórófejek öntöznek, az elért egyenetlenség az **4-2. táblázat** szerinti „Jó” kategóriába esik (CU=88%, DU=83%, SC=1,3).
4. Egy szórófej egy zóna elv konzekvens alkalmazása.
5. A pályán kívüli rough területek külön szórófejeket kaptak. Ezeket ritkán, a legmelegebb időszakban kell csak használni (2022-ben hetente legalább egyszer, míg 2023-ban évente egy-kétszer lett volna szükség a használatukra).

8-5. ábra: Az új öntözőrendszer terve az 1. szakasznál



8.2.4 A green öntözése

A következő tervezési elveket követtem az új green (a lyuk körüli terület) öntözésének megtervezésénél:

1. Azonos szórófejeket választottam, mint a pálya többi részén: Hunter G-885-D-53-P8. Ez a javítást és pótalkatrész készletezést könnyíti meg a fenntartó számára.
2. A szórófejek csak a green felületét öntözik. Ez vízhiányos időszakban a legtakarékosabb megoldás.
3. Külön szórófejeket terveztem a green körüli területek öntözésére. (Megosztották velem azt a hétköznapi problémát, hogy a green körüli gyepet nem tudják a jelenlegi rendszerben megfelelően öntözni, mert a legértékesebb részt, a greent magát nem öntözik túl.)
4. Minden szórófej önállóan vezérelhető, lehetőséget adva a pontosabb öntözés beállításra.
5. Jelenleg 6 db Rainbird 8005-06-18 szórófej működik egyszerre, a felmérés során kiderült, hogy mindegyik szórófej eltérő nyomáson működik, és ez a víznyomás a szükségesnél sokkal alacsonyabb. Az így elért egyenletesség gyenge. Az új kialakításban a szórófejek egyenként indulnak el, így nem terhelődik túl a csőhálózat és megfelelő nyomással működhetnek a szórófejek.
6. Egyforma típusú, fúvókájú (#25-ös) és még fontosabb, hogy megegyező üzemi nyomású szórófejek öntöznek, az elért egyenletesség az **4-2. táblázat** szerinti „Jó” kategóriába esik (CU=92%, DU=87%, SC=1,4).

9 Költségszámítás a teljes beruházásra

A Budapest Highland Golf Club meglévő öntözőrendszere jobbá és takarékosabbá tehető úgy, hogy a meglévő alap csőhálózatot, kábelhálózatot és a szivattyú állomást meghagyjuk.

Természetesen vizsgálni kell, hogy a megtartandó eredeti rendszer komponensei milyen műszaki állapotban vannak, ellátják-e a funkciójukat. Bizonyára akad olyan alkatrész, amelyet annak ellenére cserélni kell, hogy a funkcióját meg kell tartani.

A 110 mm átmérőjű KPE nyomó körvezetékek sok ponton szűk keresztmetszetet jelent, az azokkal párhuzamosan 2-3 nyomvonalon lefektetett KPE 63P10 csővezeték számottevően növeli a szállítási kapacitást az egész golfpályán.

A következő jelentősebb költségelem a teljesen új vezérlés kialakítása. Egy korszerű vezérlő rendszer a Head Greenkeeper munkáját jelentősen megkönnyíti a következők miatt:

1. Öntözési program automatikus elkészítése ET, mm vagy idő alapon.
2. A csőhálózat ismeretében a hidraulikai kapacitások egyenletes elosztása, a nyomásveszteségek minimalizálása érdekében.
3. Online és offline működés.
4. Végtelen számú speciális öntözési program elkészíthető.
5. Google térkép alapú vezérlés a könnyebb zóna indítás érdekében.
6. URH távvezérlés lehetősége.
7. Interneten keresztül, laptop, táblagép vagy okostelefon segítségével a világ minden pontjáról elérhető.
8. Talajnedvesség szenzor használata.

A golfpálya öntözés vezérlés a szivattyú állomás mellett a legköltségesebb részegység, a kalkuláció során a teljes bekerülési ár 10%-át vetítettem rá az 1 Szakasza, mivel ez a pályaelem a teljes terület 10%-kát teszi ki.

Az átalakítás munkadíj hányadát csupán megbecsültem, mert az változhat a talaj, a gépesítettség, a meglévő öntözőrendszer állapota és a szükséges utazás, anyagmozgatás függvényében.

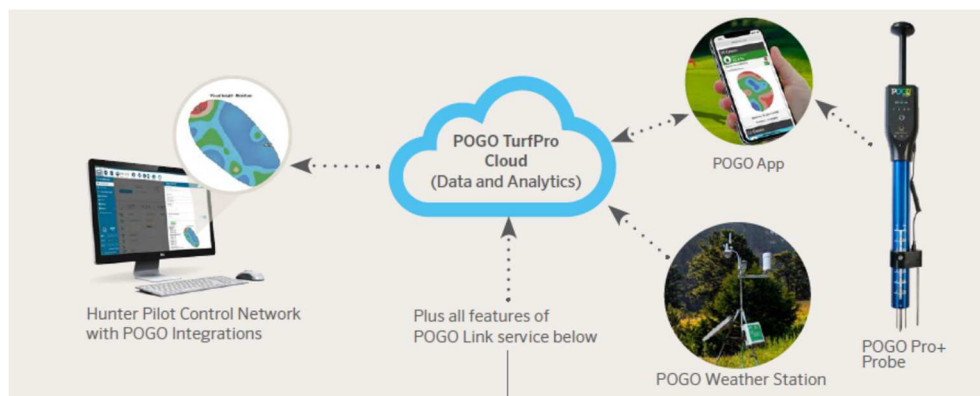
Az anyag- és munkadíj ráfordításokat főbb kategóriákra bontva a következő táblázat tartalmazza ezer forintban kifejezve:

9-1. táblázat: Öntözőrendszer rekonstrukció költségvetése az 1. szakasznál

Költségelem	Nettó ár (ezer Forint)
Vezérlés	1671 eFt
Szórófejek bekötő szerelvényekkel együtt	11 762 eFt
Csövek	1051 eFt
Idomok	86 eFt
Elzáró szerelvények	165 eFt
Aknák	31 eFt
<i>Anyag összesen:</i>	<i>14 766 eFt</i>
Földmunka (kb.: 133 m ³)	665 eFt
Munkadíj	10 000 eFt
<i>Munkadíj összesen:</i>	<i>10 665 eFt</i>
Teljes beruházás FW1 esetén:	25 431 eFt

10 További javaslatok a precíziós golfpálya gazdálkodás megvalósításához.

- 1 Talajerő térkép készítése drón segítségével és talajminta vételezéssel a rekonstrukció befejezésekor. Segítségével képet nyerhet a fenntartó a talaj minőségének és termőképességének változékonyságáról. A talajminőség, pH, tápanyag- és vízellátottság ismeretében optimalizálható a tápanyag kijuttatás és az öntözés.
- 2 A rekonstrukció utáni második öntözési szezon száraz időszakában öntözési audit elvégzése, öntözőrendszer finomhangolása, az esetleges hibák korrigálása. Az audittal gyakorlatban vizsgálható az öntözőrendszer működése, és a kiértékelés után elvégezhetők azok a beállítások és kisebb módosítások (fúvóka csere, szórófej áthelyezés, nyomás beállítás, öntözési idő korrekció, beszívárogató ciklus beállítása, programozás optimalizálása), amelyek jobbá és takarékosabbá teszik az öntözést.
- 3 A Hunter Pilot vezérlő rendszerének kiegészítése POGO szenzorral és a vele együttműködő programmal. Segítségével napi szinten lehetséges az Audit során megismert hibák korrekciója, és nyomon követhető a bekövetkező változások. Használata olyan, mintha minden nap egy öntözési auditot végeznénk el. Geolokációs adatokkal együtt megismerhetjük a talajnedvesség szintjét, sótartalmát, hőmérsékletét, ezáltal jobban megérthetjük a talajban történő változásokat két öntözési ciklus között. A segítségével könnyen érthető, színes ábrákkal jeleníthető meg a beavatkozást igénylő pontok. [14]



10-1. ábra: Hunter Pilot golfpályaöntöző vezérlés POGO szenzorral kombinálva

[<https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/gi-028-br-pogopartnership-us-web.pdf>]

- 4 Fokozatos elmozdulás a deficit öntözés irányába a folyamatos monitorozás segítségével. Ehhez a Head Greenkeepernek a pályán belüli talaj-, és növényállapoton túl a mikro és makro időjárási eseményeket, valamint a következő napok várható időjárását is alaposan monitoroznia kell.
- 5 Folyékony tápanyag és növényvédő szer kijuttatása precíziós munkagéppel (részben megvalósult beruházás). Az RTK pontosított munkagéppel a talajerő térkép alapján minimalizálható a szerkijuttatás és a környezet-terhelés.
- 6 Drónnal végzett növényvédő szer kijuttatás főszezonban külső vállalkozó bevonásával, hogy a fenntartó személyzetet tehermentesítsük, és a kijuttatás célzott legyen. A többit lásd az 5. pontban.
- 7 Grundfos tápoldat adagoló szivattyú beépítése, hogy az alap tápanyagokat akár mono formában az öntözővízzel együtt lehessen kijuttatni. Erre a magas egyenletességű felújított öntözőrendszer lehetőséget biztosít. Segítségével tehermentesíthető a fenntartó személyzet és kis adagokban, a gyökérzónába kijuttatható a vízben oldható műtrágya, vagy növény kondicionáló szer.
- 8 Későbbiekben szükséges lesz a szivattyú állomás átalakítása többszivattyús rendszerré, hogy a tartalék biztosítható legyen.
- 9 Az öntöző tó kimélyítése, hogy az eutrofizáció csökkentése érdekében, valamint a tényleges igénynek megfelelő napi vízmennyiség a rendelkezésre álljon (a pálya jelenleg súlyosan alulöntözött).

10 Megtérülés vizsgálat a rekonstrukció alapján

A golfpálya rekonstrukció megtérülésének számításában vannak könnyen számszerűsíthető, és csak megbecsülhető költségelemek. A Budapest Highland Golf Club pályáján az 1. Szakaszk rekonstrukciójának alap költsége 25 431 eFt. Ehhez adódhat hozzá a 9. pontban felsorolt további költségelem.

A beruházás költségével szemben a következő megtakarítások állíthatóak:

- Öntözővíz megtakarítás, egységesen 150 Ft/m³ áron számolva, ami a teljes ráfordítást tartalmazza, mint a kutak, szivattyú állomás, öntöző tó, energiafelhasználás, vízkészlet hozzájárulási díj, amortizáció, TMK, javítások. A 150 Ft-os díj óvatos alulbecslése a tényleges költségeknek, egy Budapest környéki másik golfpálya esetében ez 170 Ft/m³. A megtakarítás az egyenletesebb kijuttatás=kevesebb túlóntozás, csökkentett párolgási veszteség és jobb vízhasznosulás együttes eredménye.
- A precíziós kijuttatásból következő növényvédő szer és tápanyag megtakarítás.
- Munkaidő megtakarítás, amely a következő elemekből adódik össze:
 - öntözővízzel történő tápanyagkijuttatás gép és munkaerő költsége,
 - egészséges gyepborítás jobb immunrendszere kevesebb megbetegedést eredményez, az elmaradt kezelések ráfordítása.
 - a jobban beöntözött terület miatt a kézi kisegítő öntözések elmaradása.
 - a megtakarított ráfordítást az alacsony fenntartói létszám esetében lehetőséget nyújt eddig háttérbe szorult feladatok elvégzésére.

A beruházás során bekövetkező, nehezen számszerűsíthető értéknövekedés:

- Az egyenletes öntözés következtében kialakuló teljes pálya szélességű, évszaktól és időjárástól függetlenül szép gyepborítás a pálya értékét és játszhatóságát megnöveli.
- Megnövekednek a tagdíj, és a napijegy értékesítésből származó bevétel.
- A nagyobb játékosállomány a reklám bevételeket is maga után húzza.

10.1 Öntözővíz megtakarítás elvi mértéke

Tételezzük fel, hogy megépül az 1. Szakaszkonstrakciója a terveknek megfelelően.

Ha a 7.2.1. pont szerint az SC értékét 1,3-re javítjuk a jelenlegi 1,9-ről, és feltételezzük, hogy 330 mm az éves csapadék deficit az intenzív gyep öntözésében, akkor 1 hektárra vetítve az éves megtakarítás: $(1,9 - 1,3) * 330 * 10\,000 / 1000 = 1980 \frac{m^3}{Ha} * év$.

A Budapest Highland Golf Club teljes öntözendő pálya mérete: 9,1 hektár, az éves lehetséges vízmegtakarítás: $9,1 * 1980 = 180\,576 \text{ m}^3/év$. 150 Ft-os költséggel számolva ennek a költsége: 2 708 075 Ft/év.

Ha ez egy új építésű golfpálya lenne, a megtakarítások 10 év alatt az egysoros és a precíz öntözés közötti különbséget fedezné, miközben a pálya minőségében óriási lenne a különbség.

A gyakorlat ezzel szemben az, hogy az egész golfpálya, és azon belül a vizsgált 1. Szakaszk jelentősen alulöntözött, aminek mértéke nem éri el a tényleges vízigény 1/3-1/2-ét. Ebből az következik, hogy a greeneken és a teeken kívül nem tudnak a legmelegebb időben 2-3 mm vízborításnál többet kijuttatni egy nap alatt, és külön gondot okoz, hogy ez a mennyiség is nagyon egyenlőtlenül oszlik el.

2022-es év 1901-óta harmadik legmelegebb és a 17-ik legszárazabb volt. A Budapest Highland Golf Club pályája egészen száraz volt.

2023-ban nagyon csapadékos volt a nyár ezért a pálya az öntözési lehetőségeknél sokkal jobb képet mutatott.

Augusztusban az 1. Szakaszkra kijuttatott napi maximális öntözővíz mennyiség 70,3 m³/nap-volt.

A tervek szerinti új öntözőrendszer használatával, 30%-os deficit öntözéssel 88,7 m³/nap vízfelhasználással mellett tudnánk a teljes pályát megöntözni, igaz a beöntözött terület lényegesen nagyobb, az vízkijuttatás egyenletessége pedig összehasonlíthatatlanul magasabb lenne.

Összességében a vizsgált pályán az erőforrások, főleg az öntözővíz szükségése miatt további megtakarítást elérni nem lehetséges, ezért megtérülésről sem lehet beszélni.

11 Összefoglalás

A szakdolgozatom témájának megválasztásánál arra törekedtem, hogy a Precíziós Gazdálkodás Szakmérnök képzésen tanultakat ötvözzem a mindennapi munkámon túlmutató tudománnyal, az öntözőrendszerek analitikus vizsgálatával. Magyarországon, de még a világon sem sokan foglalkoznak az öntözés audit, a légi távérzékelés és drón technológia, valamint a digitális domborzatmodellek együttes alkalmazásával.

A szakdolgozat során lehetőségem volt a GNSS technológia használatára, amely többlet ismeretekhez segített az öntözés eloszlásának megismerésében.

Mint minden tudományos kutatás esetében, előzetes tanulmányaim és napi munkám során arra számítottam, hogy a vizsgált pálya öntözésének egyenletlensége miatt, akár tíz év alatti megtérülés is elérhető. Kiderült, hogy bár valóban egyenetlen a csapadék kijuttatás, de oly mértékben alulöntözött a gyepek, hogy megtakarítás nem kimutatható.

Nekem gond, a pályát fenntartó és üzemeltető személyzetnek, valamint a játékosoknak öröm, hogy idén a természetes csapadék az öntözőrendszer hiányosságait sikerrel elfedte, így bármennyire igyekeztem a legszárazabb időpontot megválasztani a drón repülésre, a fűnyíró gép nyomai jobban kirajzolódtak, mint az öntözés hiányosságai. Pár fűnyírásmentes nap esetén a légi felvétellel nagyobb sikerrel jártam volna, ennek ellenére a feldolgozott ortó felvételen halványan kirajzolódnak az öntözési anomáliák.

Biztos vagyok benne, hogy az öntözés auditnál a jövőben a drón felvételeken alapuló állapot felmérés ígéretes jövő elé néz, amint erre lesz megfelelő kereslet, úgy a képfeldolgozó és kiértékelő programok is megjelennek majd. Nem hiszem, hogy soká kell még erre várunk.

Az Agisoft Metashape szoftver használata pedig megmutatta, hogy leginkább légifelvétel alapú terület felmérést szabad alkalmazni golfpálya tervezés során, a felmérési munkaidő-ráfordítás, valamint a kapott felszínmodell pontossága miatt.

Summary

When choosing the topic of my thesis, I tried to combine what I learned in the Precision Farming Professional Engineer course with science that goes beyond my everyday work, the analytical examination of irrigation systems. Not many people in Hungary, or even in the world, deal with the joint application of irrigation audit, aerial remote sensing, and drone technology, as well as digital topography models.

During the thesis, I had the opportunity to use GNSS technology, which was for additional knowledge in understanding the distribution of irrigation.

As in the case of all scientific research, my starting hypothesis, my preliminary studies and my daily work showed that, due to the balance of the irrigation of the track under investigation, a reconstruction return of less than ten years is possible. It turned out that the distribution of precipitation was indeed uneven, but the lawn was flooded to such an extent that no savings could be demonstrated. It's a problem for me, and it's a happiness for the staff that maintains and operates the field, as well as the players, that this year the natural precipitation successfully covered the shortages of the irrigation system, so no matter how hard I tried to choose the driest time for the drone flight, the traces of the lawnmower stood out more than the droughts of the irrigation. In the case of a few days without mowing the lawn, I would have been more successful with the aerial photograph, despite this, the irrigation anomalies are faintly visible on the processed ortho image.

I am sure that in the irrigation audit, the condition assessment based on drone footage will have a promising future in the future, as soon as there is a sufficient demand for it, image processing and evaluation programs will also appear. I don't think we have to wait much longer for that.

Using the Agisoft Metashape software, he showed that the most favorable area survey based on aerial photography is a free exercise during golf course planning, due to the survey work time investment and the accuracy of the surface model.

3-1. ábra: Golfpálya egy szakaszának felépítése	7
3-2. ábra: Hunter G-990 golfpálya szórófej	9
3-3. ábra: Green öntözése megkettőzött szórófejekkel	10
3-4. ábra: Green öntözésének csapadék eloszlása	10
3-5. ábra: Approach öntözése megkettőzött szórófejekkel.....	11
3-6. ábra: Egyszerű Tee öntözés egy sor szórófejjel	12
3-7. ábra: Jó Tee öntözés, kétoldalon elhelyezett fejekkel.....	12
3-8. ábra: Fairway egysoros öntözése.....	13
3-9. ábra: Fairway kétsoros öntözése.....	13
3-10. ábra: Háromsoros szórófej elrendezés.....	14
3-11. ábra: Ötsoros fairway öntözés	14
5-1. ábra: Eredeti öntözőterv elütőhely (tee) öntözésének denzogrammjá	19
5-2. ábra: Eredeti tervrajz fairway szórófejek denzogrammjá.....	20
5-3. ábra: Eredeti öntöző terv célterület (green) öntözésének denzogrammjá.....	20
5-4. ábra: Meglévő szivattyú állomás jelleggörbéje és fényképe	21
5-5. ábra: A fenntartás költségek az öntözőrendszer minőségének függvényében	23
5-6. ábra: Öntözés egyenetlenségének hatása a szórófejek vonalától távolodva, száraz éghajlatnál	24
5-7. ábra: Vízhányos területen csak a szükséges felületeket öntözzük	24
6-1. ábra: Satlab SI 600 GNSS vevő.....	27
6-2. ábra: Digitális domborzat modell az Agisoft Metashape programjával készült.....	27
6-3. ábra: Bal oldalt a jelenlegi, jobb oldalt a tervezett öntözőrendszer látható.....	28
7-1. ábra: Fényképfelvételek átlapolásának mértéke.....	30
7-2. ábra: Elkészült ortófotó.....	30
7-3. ábra: Digitális felszínmodell szintvonalakkal az Agisoft Metashape-pel elkészítve	31

7-4. ábra: GNDVI vegetációs index ábrázolása.....	31
7-5. ábra: A clusterek területének megjelenítése	32
7-6. ábra: Clusterezett térkép vizuális elemzéshez	33
7-7. ábra: Clusterezett GNDVI, Denzogramm és GNDVI megjelenítése az 1. Green körüli területeknek	34
8-1. ábra: Új megközelítés, a pályán kívüli területek természetközeli állapotának visszaállítása	38
8-2. ábra: A jelenlegi csadadék eloszlás denzogrammja.....	39
8-3. ábra: Egy jó öntözés denzogrammja	39
8-4. ábra: A jelenlegi öntöző denzogrammja a célterület (green) körül	40
8-5. ábra: Az új öntözőrendszer terve az 1. szakasznál	42
9-1. ábra: Hunter Pilot golfpályaöntöző vezérlés POGO szenzorral kombinálva	47

12 Felhasznált irodalom:

- [1] Barrett – Vinchesi – Dobson – Roche – Zoldoske: Golf Course Irrigation – Enviromental Design and Management Practices: John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- [2] Richard B. Choate: Turf Irrigation Manual – The Complete Guide to Landscape Irrigation Design: Telsco Industies, 1994.
- [3] Irrigation: Edited by LaVerne E. Stetson and Brent Q. Mecham: Irrigation Association, 2011.
- [4] Peter Waller – Muluneh Yitayew: Irrigation and Drainage Engineering: Springer, 2016.
- [5] Certified Landscape Irrigation Auditor Training Manual: EIA, IA: EIA, 2013.
- [6] Hordós László Gergely: Golfpályák korszerű automatizált öntözése: Summa-Trade Kft. 2006.
- [7] Andrásy – Hordós – Dr. Tóth: A Magyar Öntözési Egyesület (MÖE) A parköntözés tervezése és építése során betartandó minimális szakmai követelmények: MÖE, 2012.
- [8] Laczkó – Mágori – Sallai – Dr. Szemán – Szijártó – Török: Sportpálya-fenntartás Élőfüves labdarúgó sportgyepek gondozása: MSFE, 2017.
- [9] Laczkó Zoltán: Golfpálya-fenntartás:FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, 2010.
- [10] Hordós László Gergely: A CATI-Space Pro[™] programja, és felhasználói vizsgálata a minta öntözőtelepek tervezésénél: SZIE, 2006.
- [11] Irrigazette: 2007 május/június
- [12] Dr. Tóth Csaba: Így lehet a vízhiányt a hasznunkra fordítani – bevezetünk a deficitöntözés rejtelseibe: agroinform.hu
- [13] David Krause, EIGCA Senior Member & Past President
<https://eigca.org/news/125629/Reducing-Maintenance-Costs-While-Improving-the-Golf-Course>

[14] Hunter Industries: GI-028 B US 6/23: Upgrade to The Pilot Control Network with New POGO Visula Insight Integrations

13 Alkalmazott számítógép programok

ProContractor Studio 8.0.5.2.

Space Pro 2.3.

Idrisi 17.0.

QGIS Desktop 3.28.11.

AGISOFT Metashape Professional 2.0.0.

AutoCad 2014

14 Mellékletek

DJI Terra Quality Report

V3.8.0 [2023-08-25 17:06] | Mission: Highland golf 1.misodk

Overview

100.00%

Number of Images

279

Image with Camera POS

279

Calibrated Image

279

Constrain with Image POS Data

Yes

0h
9min 21s

Aerotriangulation

2D Reconstruction

Imin 7s

8min 14s

Mission Parameters

Flight Parameters

Average Flight Altitude	97.7 m
GSD	5.025 cm/px
TDOM Mapping Coverage	0.102094 km²
Color	3 bands, uint8

Hardware Information Overview

CPU	Intel Core(TM) i3-10100 CPU @ 3.60GHz 8 cores
GPU Count	1
GPU 0	NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti
RAM	16301 M

Quality Report for Aerotriangulation

Reconstruction Accuracy

Connected Components	1
Max Components Images	279
Projections	788730
Tie Point	102591
Reprojection Error RMS	1.119 px
Georeferencing RMSE	0.014 m

Reconstruction Parameters

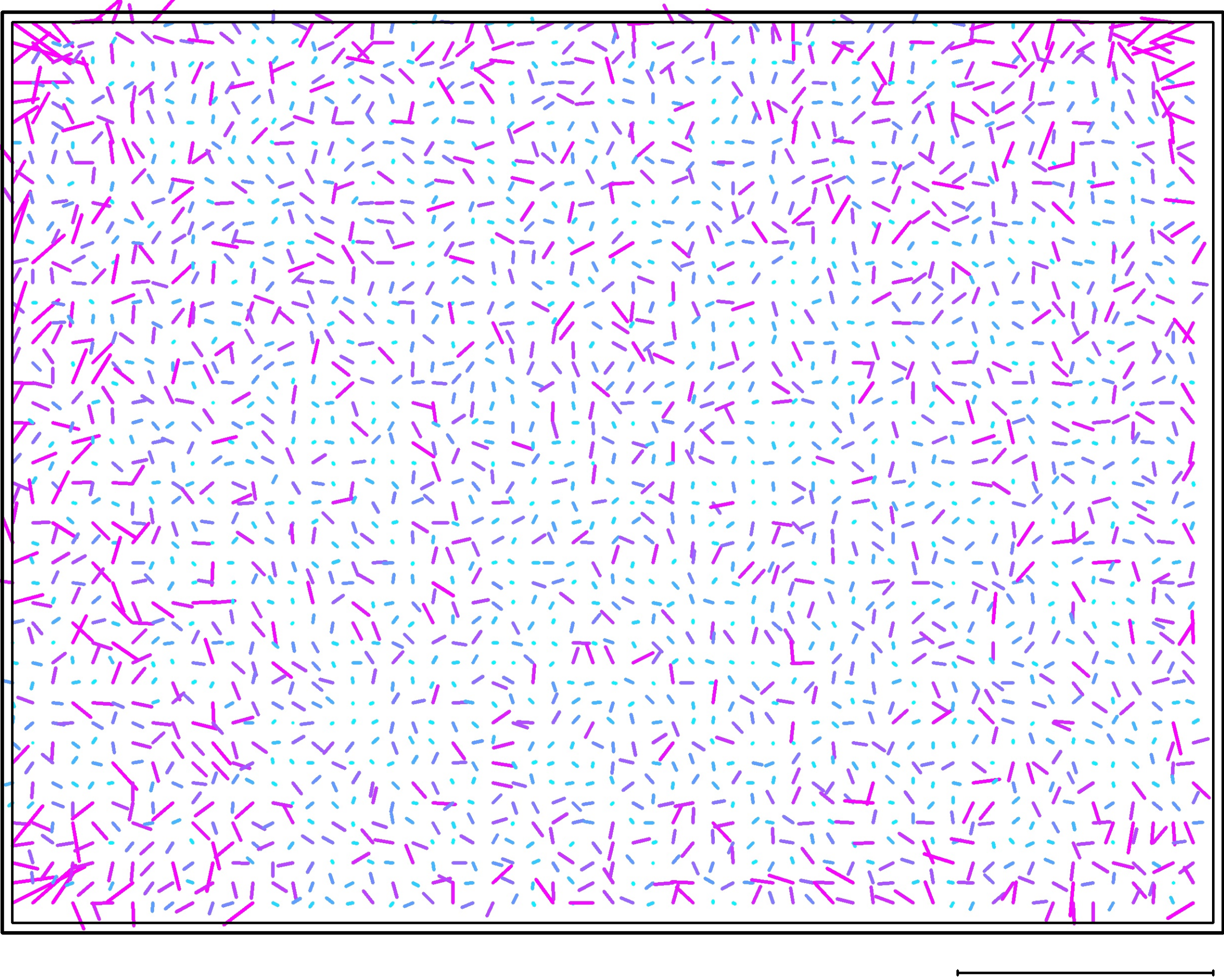
Computation Method	Standalone Computation
Feature Point Density	High
Distance to Ground/Subject	100 m
Generate XML File	No

RTK Status

Status	Number of Images
Fix	279
Floating	0
Single	0
Other	0

Camera Calibration Information

Image Residuals for Camera



1 pix

Camera Info

Camera Model	FC6360
Camera SN	9085c6450c53b37488963968b1607d66
Camera Type	Standard
Fix Camera Parameters	Not Fix
Photo Resolution	1600*1300
Pre-calibration	No
Number of Photos	279

Camera Parameters (Block 0)

Camera Intrinsics

Parameters	Focal Length	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
Initial	1947.27	820.221	650.597	-0.41095	0.360572	-0.409266	0.0017785	0.0017785
Optimized	1947.037	822	639.038	-0.412554534	0.315931392	-0.252102858	0.000393262	0.000072543
Difference Value	-0.233	1.779	-11.559	-0.001604534	-0.044640608	0.157163142	-0.001385328	-0.001705957

Covariance Matrix

	Error	Focal Length	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
Focal Length	0.245	1	0.011	-0.179	-0.333	0.074	-0.044	0.405	-0.031
Cx	0.077	0.011	1	0.027	0.012	-0.021	0.024	0.005	-0.367
Cy	0.07	-0.179	0.027	1	0.045	-0.001	-0.002	-0.423	0.014
K1	0.000312275	-0.333	0.012	0.045	1	-0.94	0.882	-0.123	0.019
K2	0.002134662	0.074	-0.021	-0.001	-0.94	1	-0.983	0.016	-0.011
K3	0.004397077	-0.044	0.024	-0.002	0.882	-0.983	1	-0.009	0.023
P1	0.000005537	0.405	0.005	-0.423	-0.123	0.016	-0.009	1	-0.051
P2	0.000005049	-0.031	-0.367	0.014	0.019	-0.011	0.023	-0.051	1

Other Info

- Camera POS residuals are generated in the Report folder under the project file, and the default name of the file is "POS_residnaol_camera.csv".

Quality Report for 2D Reconstruction

2D Reconstruction Consumption Time

0h
8min 14s

Image Distortion Correction and Color Correction

5s

Densification

33s

TDOM Generation

7min 36s

Reconstruction Parameters

Mapping Scene	Multispectral
Radiometric Correction	No
Cluster Computation	No
Light Uniformity	No
Haze Reduction	No
Resolution	High

Image Info

TDOM Preview



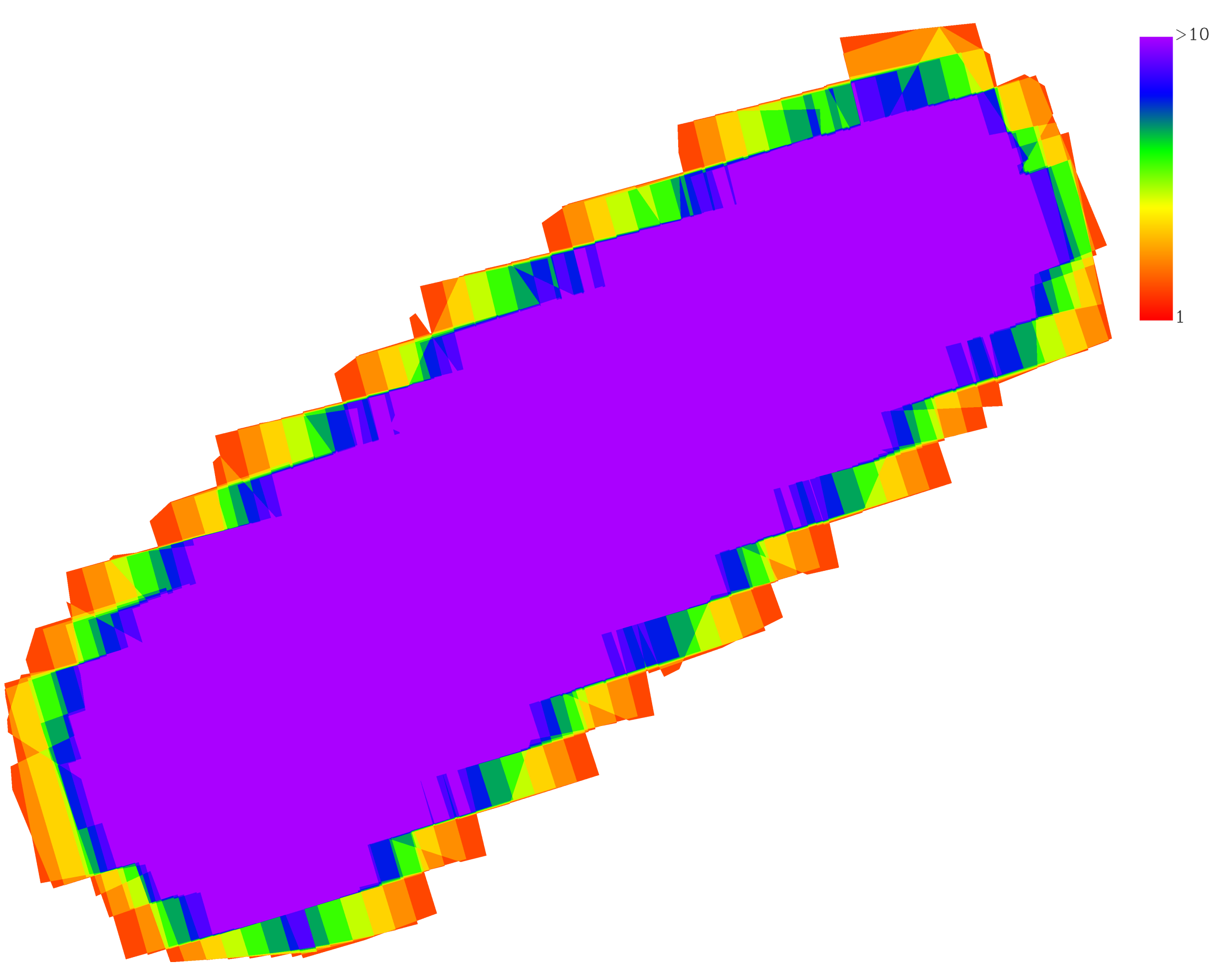
TDOM GSD

5.41 cm/px

TDOM Mapping Coverage

0.075305 km²

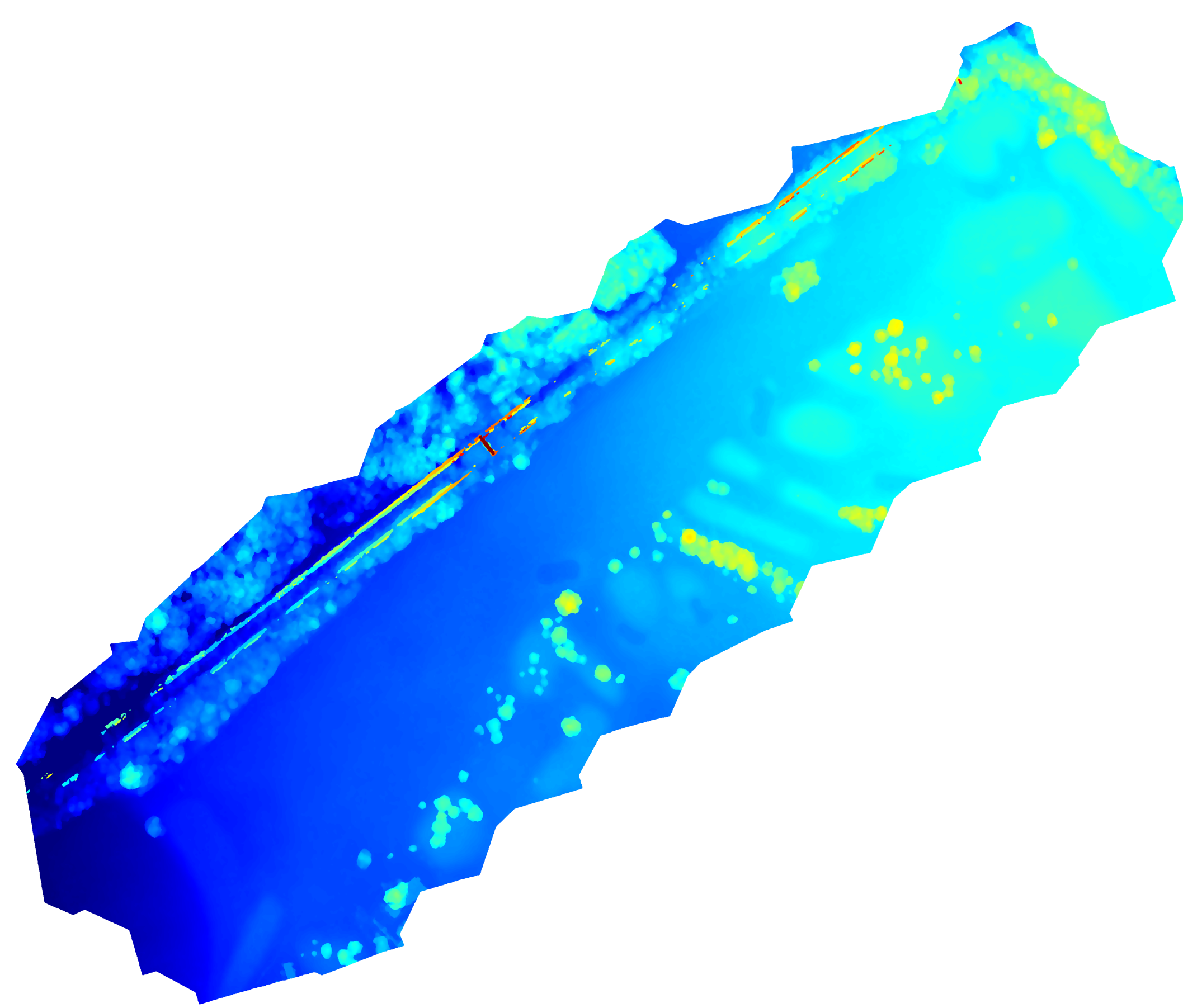
Scene Overlapping



>10

1

DSM Preview



260 m

227 m



Igazolás a GNSSnet.hu hálózat használatáról földhivatali ellenőrzéshez

Azonosító: **31492gcI9VV**

Cég név: **DUTINVEST KFT**

Felhasználónév: **dutinvest**

Lekérdezett időszak: **2023-09-26 09:25 UTC - 2023-09-26 18:30 UTC**

Készült: **2023-10-31 19:47 UTC**

NTRIP Mountpoint	Belépés ideje[UTC]	Kilépés ideje[UTC]	Első pozíció	
			Lat [°]	Long [°]
SGO_PRS3.1	2023-09-26 09:51:22	2023-09-26 10:37:13	47.417403	18.989086

Az igazoláson szereplő azonosítóval lekérdezhető fenti adatok megegyeznek a GNSS Szolgáltató Központja által rögzített hiteles adatokkal.

Az igazolás tartalma megfelel a vidékfejlesztési miniszter 15/2013 (III.11.) VM rendelet 65. § (2) m) pontjában rögzített követelményeknek.