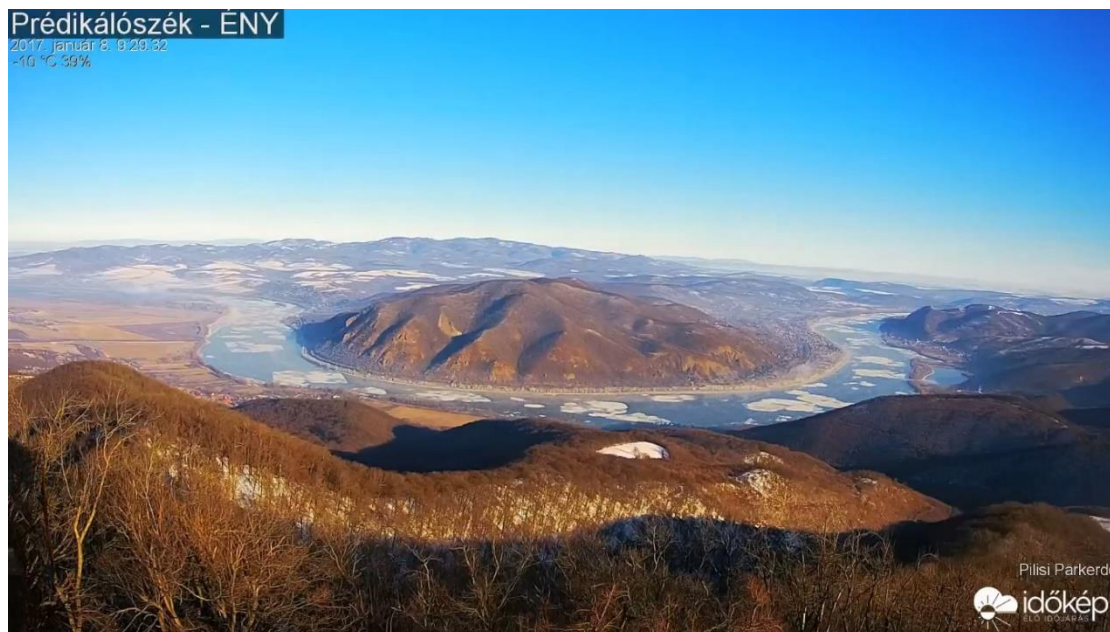




Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem-Építőmérnöki kar

## Jégzajlás tér-idő viselkedésének elemzése videofelvételek alapján

Tudományos Diákköri Konferencia, 2017



Készítette:

Tóth Rebeka Réka,

Építőmérnöki kar, BSc III. éves hallgató

Konzulensek:

Dr. Baranya Sándor,  
Tanszék

egyetemi docens, BME Vízépítési és Vízgazdálkodási

Fleit Gábor,

doktorandusz, BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék



## Tartalomjegyzék

1. Bevezetés .....	3
2. Irodalomkutatás.....	4
3. A módszerről.....	7
3.1. Az algoritmus lépései.....	9
4. Érzékenységvizsgálat .....	14
4.1. Felbontás .....	14
4.2 Gamma kontraszt érték .....	21
4.3 A vizsgált szelvényterület méretének hatása.....	25
5. A vizsgált Duna szakasz és a használt videók jellemzése.....	32
5.1 A különböző helyszíneken kapott eredmények táblázatos bemutatása.....	33
5.2 A kapott eredmények időbeli elhelyezése.....	41
5.3 A napon belüli jégfedettség változás.....	42
5.4 Órán belüli jégfedettség változás .....	44
6. A kapott eredmények kiértékelése .....	45
7. Összefoglalás, következtetések .....	46
8. Köszönetnyilvánítás .....	48
9. Irodalomjegyzék.....	49



## **Kivonat:**

A szélsőséges időjárási jelenségek egyre inkább jellemzőek a Kárpát-medencében. A sarkvidékről érkező jeges szelek, és a mediterrán térségre jellemző hőség az utóbbi időben sokkal gyakrabban tapasztalható, mint eddig bármikor, aminek egyik következménye – a sok közül – a folyami jégzajlás egyre gyakoribb megjelenése nagy folyóinkon is. Míg a jég megjelenésének jobban kitett országokban (pl. Norvégia, Kanada) a szélsőséges jégjelenségekre fokozatosan újabb megfigyelési módszereket alakítanak ki és jobb, pontosabb modelleket alkotnak meg, addig Magyarországon erre nem volt számottevő igény, miközben a jégzajlás rendkívül nagy károk okozója lehet (pl. jégdugók kialakulása, zajló jég létesítményeknek ütközése stb.).

Videofelvételek elemzésén alapuló módszerek egyre szélesebb körben hasznosulnak a mérnöki területen, és komoly lehetőséget rejt magában a jégmegfigyelés témájában is. TDK dolgozatom célja, egy, a jégzajlás megfigyelésére és a jég vízfelszín beborító százalékos értékének meghatározására alkalmas képelemző módszer kidolgozása és tesztelése a Duna egyes szakaszaira, melyekre videofelvételek állnak rendelkezésre a 2017. év eleji jégzajlásról. A képelemző módszer első lépése a felvételek ortorektifikációja, vagyis az optikailag torzított képek 2D koordináta-rendszerbe való transzformálása. Ehhez célszerűen a képen jól felismerhető, ismert koordinátával rendelkező pontokat alkalmazunk. A képek ezután egy szűrési eljárás mennek keresztül, amelynek segítségével a jégtáblák lehatárolhatóvá, a kép egyéb részeitől elkülöníthetővé válnak. A szerkesztés lényege az adatok olyan szintű átalakítása, hogy a jég határvonala könnyen kivehető legyen. Utolsó lépésként az átalakított képek alapján a jégtáblák területének meghatározása következik. A műveletsorozatot MATLAB környezetben implementálom. Az eljárással a többnapos dunai jégzajlás különböző időpontjaiban és a Duna különböző szelvényeiben határozom meg a jégfedettséget, ami alapján a jelenség térbeli és hossz-menti viselkedése tárható fel. A dolgozat végén a módszert továbbgondolva különböző alkalmazási irányokat határozok meg.

## **1. Bevezetés**

Dolgozatom témája a Duna egyes szakaszain a jégborítottság százalékos meghatározása MATLAB számítógépes program segítségével.

Az idei, azaz a 2017-es év januárjában rendkívül látványos jégzajlásnak lehettünk tanúi a Dunán. A január 7.-től 14.-ig tartó jelenség oka az idén tapasztalt rendkívül alacsony hőmérséklet és a jegesedésnek kedvező hidromorfológiai együttállások. Az előrejelzések alapján az olyan extrém időjárási körülményekre, mint a hirtelen hőmérséklet ingadozásra, a térségre nem jellemző téli mínuszokra és trópusi forróságnak számító nyarakra egyre gyakrabban számíthatunk az elkövetkező években. Ebből következtethető, hogy jeges jelenségek többször is előfordulhatnak a Duna magyarországi szakaszán.

Magyarországon a jégzajlást megfigyelő rendszerek igen fejletlenek. Az évenként közölt százalékos értékeket egyszerű becsléssel határozzák meg, ami az ortogonális rálátás hiányában súlyos, akár több tíz százalékos hibákat is eredményezhet. A modern eszközökkel és számítógépes programokkal ez a helyzet reformálható. A dolgozatomban egy a tanszéken kifejlesztett MATLAB környezetben íródott programot alkalmazok a jégfedettség meghatározásához, amelyhez a tanszék által készített, illetve az Időkép oldaláról letöltött videók szolgálnak adatként. A több napi adatból álló vizsgálat során a program által használt különböző paraméterek változtatásával igyekszem a valóságnak megfelelő százalékokat meghatározni és a különböző fény és jégtípusokra alkalmazott paraméterek között szabályszerűséget felfedezni. A paramétereknek a vizsgálatához külön érzékenységvizsgálatot végeztem, ezeket a dolgozatomban a későbbiekben diagramokon ábrázolom. Továbbá a rendelkezésemre álló videókból a jégfedettség hossz-menti eloszlását vizsgálom a Közép-Duna-völgyi szakaszon.



Ahogy a fentebb kifejtettem, a klímaváltozás nagy hatással lesz folyóvizeinkre. Ezért fontos egy olyan program megalkotása és reális körülmények közötti letesztelése és további fejlesztése, amely pontos eredményekkel tud szolgálni a jégborítottság mértékével kapcsolatban. Egy jégjelenség által generált jeges ár, vagy jégtorlasz komoly károkat okoz az agrikultúrában, a védművekben és különböző szabályzó műtárgyakban. A dolgozat célja tehát, hogy kidolgozzon és teszteljen egy olyan eljárást, ami alkalmas lehet a folyókról készített fényképek és videók alapján a jégfedettség számszerű értékelésére és egy, a jövőben automatizálható módszernek nyújtson alapokat.

## 2. Irodalomkutatás

Az alábbiakban a jégmegfigyeléssel foglalkozó releváns tanulmányokat tekintem át, melyek nem feltétlenül csak a videó alapú elemzésre szorítkoznak, hanem tágabb értelemben akár számítógépes modell vagy műhold alapú vizsgálatokkal is. A cikkek áttekintésével célom, hogy a téma relevanciáját és aktuális kérdéseit bemutassam kitérve a hazai helyzetre is.

Daigle és társai (2013) az ún. LSPIV (Large-scale particle image velocimetry) módszert alkalmazták a folyón úszó jégablak sebességének mérésére. Az LSPIV egy olyan terepen és laborban alkalmazható kétdimenziós mérési módszer, amely referencia pontok által, képalkotás segítségével képes a vízfelszínen úszó testek mozgásállapotát meghatározni. A módszer problémája a felvételt (sok egymást követő kép vagy videofelvétel formájában) készítő kamera akaratlan mozgása a folyamat közben, az esetleges elmosódás és foltok által okozta zavar, illetve a nem ortogonális elhelyezésből eredő torzítás. Az értekezés fő célja olyan LSPIV módszeren alapuló ortokorrekciók bemutatása, amelyek nem igényelnek vízfelszínen úszó georeferált pontokat. Mindkét módszer igényel képstabilizációt a kamera mozgásából adódóan. Ezt Matlab segítségével érték el, egy transzformációs mátrix alkalmazásával. A módszer alkalmazói egy képet referenciának alkalmaztak és a többi képet a mátrix segítségével hozzá igazították. Az első módszer lényege, a folyóparton megtalálható stabil pontok georeferálása és további alkalmazása biztos pontként. Érdemes legalább kettő vagy több ismert pontot kialakítani. A második módszer lényege egy ismert geometriával rendelkező test úsztatása a vízfelszínen. A kapott képeket a test adatainak segítségével egyszerű korrigálni ortogonális felvételekké. A két módszert ezután kiértékeltek. A módszert a kanadai St. Lawrence és Montgomery folyón alkalmazták, változatos körülményeket biztosítva a teszteléshez. A képek a stabilizáció után elég megbízhatóak lettek és a két módszer segítségével a pixelek becslt helyzete is igen pontos lett. A sebesség adatokat összehasonlították a St. Lawrence folyón alkalmazott numerikus modellel, és erős egyezést mutattak a módszerek.

Jégborítottság szimulációjára Timsina és társai (2013) alkalmaztak egy úgynevezett MIKE-Ice modellt, egy Norvég szabályozott folyón. Norvégiát vízerőművek látják el 99 százalékban energiával. Ezeknek a védelme és működése kiemelten fontos a téli jegesedések alatt is. A folyami jégmodellek jól leírják a széles és kis esésű folyókon a jég zajlását, de ritka az olyan módszer, ami a sekély és gyors folyók jégmozgását rendszeresen leírja. Három kutató és mérnök egy ilyen szeszélyes tulajdonságú, szabályozott folyóra alkalmazott egy egydimenziós modellt, a MIKE-Ice modellt (Ice Generation and Accumulation Module). A MIKE-Ice egy modell, ami hidrodinamikai szoftvert alkalmaz a jégviszonyok modellezésére. Különböző paraméterek megadásával a program egyenleteket megoldva megadja a hidrodinamikát, a vízhőmérsékletet és szimulálja a jégviszonyokat. A tanulmány szerint a MIKE-Ice modell jól alkalmazható meredek esésű, áramló és rohanó folyásállapotok esetében is. A kapott vízminőségi és jégminőségi paraméterek egyezést mutattak a megfigyelt és mért értékekkel. Továbbá modelleket állítottak fel annak érdekében, hogy megfigyeljék, hogyan befolyásolja a vízerőmű a hőmérsékletet és a jégviszonyokat. Levonható következtetés, hogy a MIKE-Ice modell remekül alkalmazható olyan folyókon, ahol a jég dinamikusan változik és különleges geometriájú.



Kraatz és társai (2016) MODIS műholddal végeztek jégjelenség megfigyeléseket. A nagyobb folyókon a tavaszi árvizek jól ismert fenyegetések. Ezek az áradásokat a hideg területeken gyakran jégtorlaszok okozzák. Ezért fontos a jégzajlás részletes térbeli jellemzése kiterjedés, mennyiség és idő szempontjából, hogy felismerjük, illetve megelőzzük a jegesár fenyegetését. Habár minden belföldi víztest megfigyelt MODIS műholdakkal, az ebből nyert információknak nincs sok gyakorlati haszna a megfigyelésekhez. A legtöbb problémát a felhők okozta hasznos terület romlások, illetve az ezt észlelő program rossz optimalizálása. A tanulmány egy olyan alternatív algoritmust mutat be MODIS műholdhoz, amely egyaránt alkalmazható tiszta égbolt és félig átlátszó felhővel borított égbolton is.

Ansari et al. (2017) a jégzajlást vizsgálták parttól készített képekkel. A tanulmány a jég viselkedését és a jégfedettséget vizsgálja olyan algoritmus segítségével, amely képekből és 5 főbb mozzanatból állít elő eredményeket. A folyók hidraulikai jellemzőit nagyban befolyásolja a folyó jégfedettsége, illetve a jég minősége, ennek érdekében alkották meg a módszert. A nyers eredményeket földi megfigyelést alkalmazva, a vizsgált folyó mindkét partján elhelyezett kamera segítségével kapták meg. A rengeteg kép először egy előkészítő folyamaton esik át. Itt a MATLAB képfeldolgozó eszközt alkalmazták a napfény és a köd okozta képminőség romlás javítására, illetve fontos lépés mindegy egyes képen feltüntetett hőmérsékleti és időszori adatok beolvasása és feljegyzése. Ezután a képeket mentesítik a szél okozta kameramozgásból eredő hibáktól, majd georeferálták a képeket a folyóra dobott ismert pontok segítségével. A következő lépés a jég definiálása az algoritmushoz. Ehhez szegmentálták a jég és a víz pixeleit, majd ezeket a pixeleket a program a többi képen is elkülönítette, így automatizálta a folyamatot. Ebből a konklúziót levonva megkapták a jégfedettséget százalékban, a jéghatár növekedését és hátrálását. Az ismert léghőmérséklet és időtényező segítségével a teljes jégzajlás nyomon követhető volt. Az algoritmus lépéseit ábrázolja az alábbi folyamat ábra:

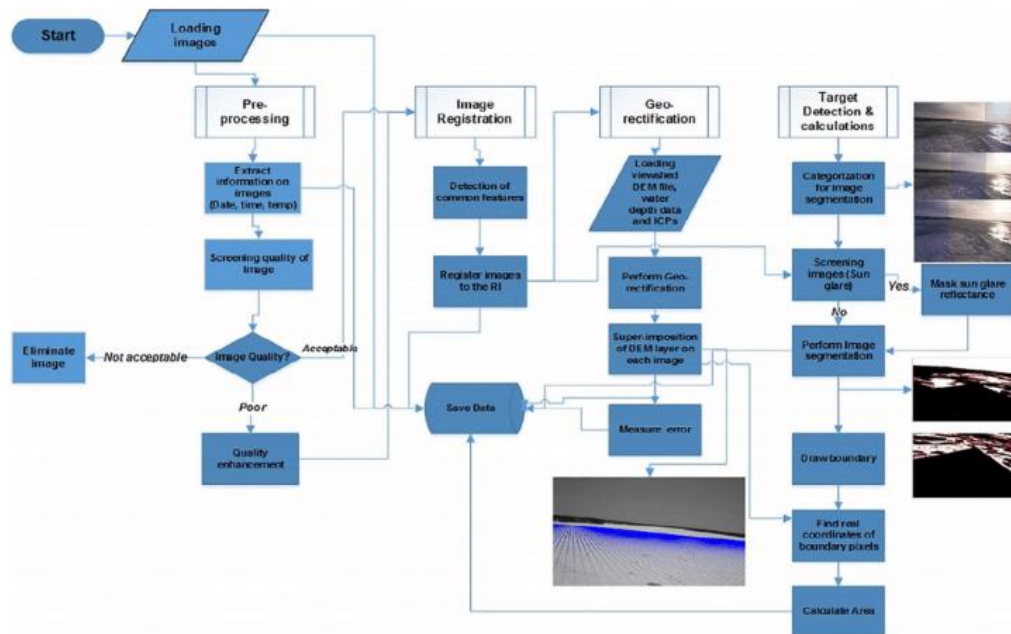


Fig. 3. Steps of the developed image processing algorithm shown in a flow chart.

## 2.1 A vizsgálat folyamat ábrája



Turcotte és Morse (2013) egy ún. globális folyóosztályozási modellt alkottak különböző folyómedrek morfológiáját felhasználva. A tudományos értekezés lényege egy olyan konceptuális modell megalkotása, amit elsődleges eszközként lehet használni a folyókon megjelenő jég milyenségének és mozgásának meghatározásához, elsősorban a hideg területek folyóin. A modellhez szükséges paraméterek a csatorna típusok, illetve méretek, mivel a jég eltérően viselkedik különböző esésű és mélységű vízfolyásokban. Fontos paraméter továbbá a tél intenzitása, a hőmérséklet. Ezeket a paramétereket összedolgozva egy 3-D modellt kaptak, amely leírja a jég megjelenési formáit a paraméterektől függően. A kapott eredményt az alábbi táblázatban tüntették fel. A modelltől további konklúzió is levonható, függően a csatorna morfológiájától. A morfológiát megkaphatjuk a csatornáról készült műholdas képekből. A különböző csatornákra vonatkozó érdekes jégparaméterek az alábbi kép tartalmazza:

Summary of the mid-winter fast ice cover state in different channel types and sizes affected by varying winter intensity.

Channel type (gradient) and size		Mild	Cold	Sub-Arctic	Arctic
Winter intensity					
Waterfalls	Intermediate or small	Partial ice shells	Partial ice shells	Ice shell	Solid ice
	Wide or high	Partial ice shells	Partial ice shells	Partial ice shells	Ice shells
Cascades (3–20%)	Headwater or Intermediate	Partial ice shells and suspended ice cover	Partial ice shells and suspended ice cover	Suspended ice cover and possible solid ice	Solid ice
Step-pools (2–8%)	Headwater or Intermediate	Partial ice shells and Suspended ice cover	Partial, suspended ice cover	Suspended ice cover and possible solid ice	Solid ice
Rapids (0.5–4%)	Intermediate/ protruding rocks	Partial ice shells and suspended ice cover	Partial, suspended ice cover	Suspended ice cover and possible solid ice	Solid ice
	Wide/no protruding rocks	Partial ice shells	Partial ice shells	Ice shells	Ice shells
Riffles (0.5–2%)	Any size (Shallow)	Partial ice shells and suspended ice cover	Partial, suspended or floating ice cover	Suspended or floating ice cover and possible solid ice	Floating ice solid ice
Gravel bed braided (>0.3%)	Any size (Shallow)	Partial ice shells and suspended ice cover	Partial, suspended ice cover	Suspended ice cover and possible solid ice	Suspended and possible
Sans bed meandering, pools, braided (<0.3%)	Headwater or Intermediate	Floating ice cover	Confined ice cover	Confined ice cover	Solid ice
	Wide	Partial, floating ice cover	Floating ice cover	Floating ice cover	Floating ice

## 2.2 A jégparaméter eredmények különböző vízfolyásokra

Chu és Lindenschmidt (2016) a jégzajlás megfigyelését műhold és radar kombinálásával végezték el. A tanulmány két különböző technikát alkalmazó műszer pozitív tulajdonságait egyesítve olyan megfigyelő eszközt alkotott, amely erős egyezést mutat a földön mért adatokkal. Köszönhetően a folyóvizek rossz megközelíthetőségének, a távérzékelés jó megoldást tudnak nyújtani. Az előzőleg is megemlített MODIS műhold kiváló megfigyelésre. Képes érzékelni a jég megjelenését és elfogyását. E kapott eredményből megállapítható, hogy a jég sokkal hamarabb tűnik el, ahogy megjelenik. Mivel a jég minősége különböző és a jég eltűnése is gyorsan zajlik, emiatt nehéz a műhold által meghatározni a jégeltűnés különböző szakaszait. Ebben az esetben alkalmazták a RADARSAT műszerét, amely egyszerűen képes detektálni a jégfedettség vastagságát, így leegyszerűsítve a jégfelbomlás különböző szakaszait. A kapott eredményekből megállapítható, hogy először sértetlen a jég, majd először finoman töredezett később erősen töredezett és végül megjelenik a nyílt víz. A műveletet egy kanadai folyón végezték el és ugyan ezen a folyón mért földi eredményekkel összehasonlítva kiderült, hogy a két műszer kombinálása igen hatásos.

Jelenleg nem találhatóak ingyenes és nyílt forráskódú jégmodell szoftverek. Ez a tény komoly hátrányt jelent a folyók jégmodellelésének fejlődésében. Lindenschmidt (2017) tudományos cikke egy olyan könnyen elérhető ingyenes modellező szoftvert mutat be kutatóknak és mérnököknek, amellyel könnyen nyomon tudják követni a jégviszonyok alakulását. A RIVICE egy nyílt forráskódú, szabadalommentes, egy dimenziós folyami jégmodell, amelyhez a szükséges paramétereket betápláljuk, jelen esetben három, régen felmért jégtorlaszos állapot adatait, mint jégvastagság, térfogat, jégzállítás sebessége, érdességi tényezők, alvízi vízszint, hossz és keresztirányú elkeveredési



paraméterek, befolyási vízhozam és a program különböző feltételek és szabályszerűségek mellett biztosít eredményt. A tanulmány készítői további tesztelésre és kutatásra ajánlja a RIVICE modellt.

Zhang és társai (2017) a távérzékelésből nyert adatokat használták fel a jégtorlaszmodellezés paramétereikhez egy észak-kanadai vízfolyáson. A tanulmány készítői a fentebb is említett MODIS műhold segítségével szerezték be a modellezéshez szükséges adatokat, ám a későbbiekben tervezik összevonni a módszert egy szintén már említett műszerrel a RADARSAT-tal. A modellhez szükséges adatok a Slave folyóról készült műholdfelvételek szolgálták. Az értekezés fő szempontja a jégtorlasz és az általa okozott áradás tanulmányozása és jobb megismerése egy dimenziós modell segítségével. Az egyik ilyen használt modell a RIVICE egydimenziós hidraulikus modell, ami képes a különböző jégtípusok, mint fenékjegek, függő jegek, jégúszások, jéglerakódások és jég formálódását egymás mellé helyezéssel szimulálni (fentebb megemlített). A jég térfogatának és a vízszint kapcsolatának mérésére egy HEC-RAS nevű, szintén egydimenziós hidraulikus modellt alkalmaztak. A modelltől kiderült, hogy a hátvíz a jégtorlasz mögött és a jég térfogata a két modell szerint másképp alakul. A terepen mért eredményekből kiderül, hogy a RIVICE pontos eredményt ad nyílt víz esetén de a mérések nem nyújtanak segítséget a jéggel fedett esetben. A paraméterektől rendkívül függő analízis azt mutatja, hogy a morfológia és a hidraulikus értékek erősen befolyásolják a jégtorlasz hosszúságát és a vízmélységet.

Turcotte és társai (2017) a jéggel kapcsolatos áradásokat tanulmányozták patakokon és kisebb folyókon. Habár ez a tudományos értekezés olyan vízfolyásokra értelmezendő, amelyek lejtése 40 fok felett van, érdemes megemlíteni, hogy Magyarországon is találhatóak rendezett medrű patakok, gázlók és csatornák. A változatos morfológiájuk és hidraulikai körülményeiknek köszönhetően téli időszakban speciális jégzajlások mehetnek végbe, amelyek akár áradással is járhatnak. A tanulmány ezeket a paramétereket veti össze, a folyók méretéhez mélységéhez és hidraulikájához igazítottan keresi a jégmegjelenési formáit és köti össze a velük járó kockázattal.

Keve Gábor, (2016) cikkében a Duna alsó- magyar szakaszára kiépített webkamerákban rejlő lehetőségeket taglalja a jég viselkedésének szempontjából és vizsgálatokat végez el a kamerákból nyert felvételek és további mért eredmények segítségével. A 130 kilométer hosszú szakaszra kitelepített kamerákból és mélységmérésekből, illetve a hidromorfológiai és időjárási adatokból előállítható jégmodell és előrejelzés potenciálját taglalja a jég viselkedésének szempontjából. A vizsgálatokhoz rendelkezésre állt egyező időpontban készült felvételek különböző helyszíneken és a vízen végzett helyszíni jég mélység mérések. A cikk kitér a magyar jégmegfigyelés hiányosságaira és javaslatokat tesz azoknak fejlesztésére.

### **3. A módszerről**

2017. januárban a jégzajlás az egész országot megigézte. Naponta jelentek meg különböző térségekből cikkek és riportok a dunai jégtáblák vonulásáról és ezeket a szerzők bőséges mennyiségű képpel, illetve videóval tették látványosabbá. A cikkekben talált kép és videóanyagok, illetve a tanszék által készített anyagokat alkalmazzuk a dolgozatban. Fontos tisztázni, hogy csak olyan anyagot alkalmazhatunk, ami térben és időben elhelyezett, ellentétes esetben nem kapunk a vizsgált jégzajlási esemény szempontjából releváns eredményt a későbbi elemzésekkel. A vizsgálat lényege a Duna egyes szakaszain (Budapest, Prédikálószerék) jégfedettség megállapítása videó és képfelvételekből. Először a képet szürkeárnyalatos képpé alakítjuk, majd ortorektifikálunk. Harmadik lépésként, a megadott kontraszttenyezőt alkalmazva változtatunk a kép árnyalatain majd bináris adattá konvertáljuk, legvégül számszerűsítjük a fedettség százalékos értékét.



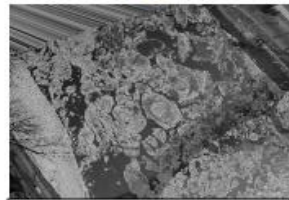
Bemeneti, módosításmentes kép



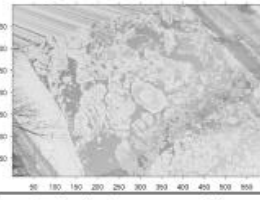
- A kép pixeleit leolvassuk, majd hozzárendeljük az EOY koordinátákat



1. lépés: Szürkeáryalatos kép

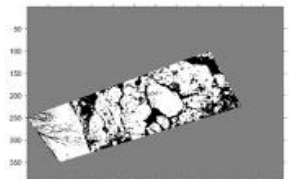


2. lépés: Ortorektifikált kép



3. lépés: kontrasztos kép

- Meghatározzuk egy gamma értéket és a vizsgálandó területet



5. lépés: terület levágása, százalékszámítás



4. lépés: bináris kép

### 3.1 Algoritmus lépései





### 3.1. Az algoritmus lépései

A jégfedettség százalékos meghatározásához először a betáplált adatokat átalakítjuk, amit MATLAB szoftver segítségével végezzük el. Tekintsük az alábbi képet egy példának a módszer bemutatásához. Ez a felvétel 2017. január 11-én a Citadella környezetében készült, a jégzajlás látványos és olyan objektumok is megtalálhatóak a képen, amelyek befolyásolhatják a kapott eredményünket. Ezek a zavaró tényezők később, az érzékenységvizsgálatnál bővebb kifejtésre kerülnek.

0. Első lépésként meghatározzuk a referencia pontokat a későbbi ortorektifikáláshoz. Az ortorektifikálás olyan eljárás, mellyel a képet torzulásmentes, 2D koordinátarendszerű, ortogonális felvétellé alakítjuk. Lényege, hogy a valós koordinátákat kötünk a képek pixeljeihez. Jelen esetben a Szabadság híd két hídpillérének a vízfelszínnel érintkező pontjai, a bal parton a két kikötőt biztosító berendezés parttal érintkező pontjai levetítve a vízfelszínnel egyező síkra és a jobb part két vízvezető csatornájának alsó pontjai szolgálnak ismert pontként.



3.1.1. Nyers kép az ismert pontokkal

Ezeket a pontokat megkeressük Paint program segítségével a képen, leolvassuk a vizsgált helyek pixeljeit. Az ezekhez a pontokhoz tartozó GPS koordinátákat Google Earth Pro alkalmazásával meghatározzuk és egy online is elérhető EOVSz transzformáló oldal, illetve a Mobile Topographer applikáció segítségével átalakítjuk Magyarországon használatos EOVSz formátumra. A kapott eredményeket egy táblázatban összesítettem. A program egy négyváltozós egyenletrendszer megoldva végzi el az ortorektifikálást, így minimum 4 pont megadása kötelező, de ajánlatos 5 vagy 6 ponttal dolgozni, így a program ki tudja mutatni a rosszul felmért pontokat, ezzel javítva a kapott eredmény minőségét és pontosságát. A táblázatban ezek a nem megfelelő pontok pirossal vannak



feltüntetve, a további számításokban nem alkalmazzuk. A hiba eredhet a nem egyforma ellipszoid feletti magasságban történő koordináta leolvasásból, illetve a nem megfelelő pixel hozzárendeléséből.

videó/kép	pontok	EOV <sub>x</sub>	EOV <sub>y</sub>	PIXEL <sub>x</sub>	PIXEL <sub>y</sub>
input kép	1	238039.32	650623.64	1431	1730
	2	237933.08	650484.86	2642	2048
	3	238143.703	650615.25	505	1718
	4	238185.39	650577.15	13	1808
	5	650390.45	237954.07	2845	2454
	6	650359.46	237994.84	2415	2691

### 3.1.2. Az ismert pontok adatai

1. Ezeket a pontokat betápláljuk a programunknak, továbbá megadjuk a kívánt felbontást, amit egy pixelhez tartozó valós mérettel határozunk meg, méterben (dx). A szoftver egy szürkeárnyaltos képet készít a megadott képről, majd ebből a képből dolgozik tovább. A lépés lényege a kép egyszerűbben kezelhető színskálára való bontása, így a 2D koordinátarendszerbe történő áttranszformálás alatt a programnak kevesebb számítást kell elvégeznie, a lefutási időtartam kevesebb, illetve a kapott kép is könnyebben kezelhető.

Fontos meghatározni a transzformálni kívánt tartományt, így csak egy általunk meghatározott területen végzünk ortorektifikálást. Ezt pixelben adjuk meg, legtöbb esetben 4 pont elegendő, esetleg íves szakaszon, ahol a tartományunkba a part is beleesne, több pont megadása érdemesebb.

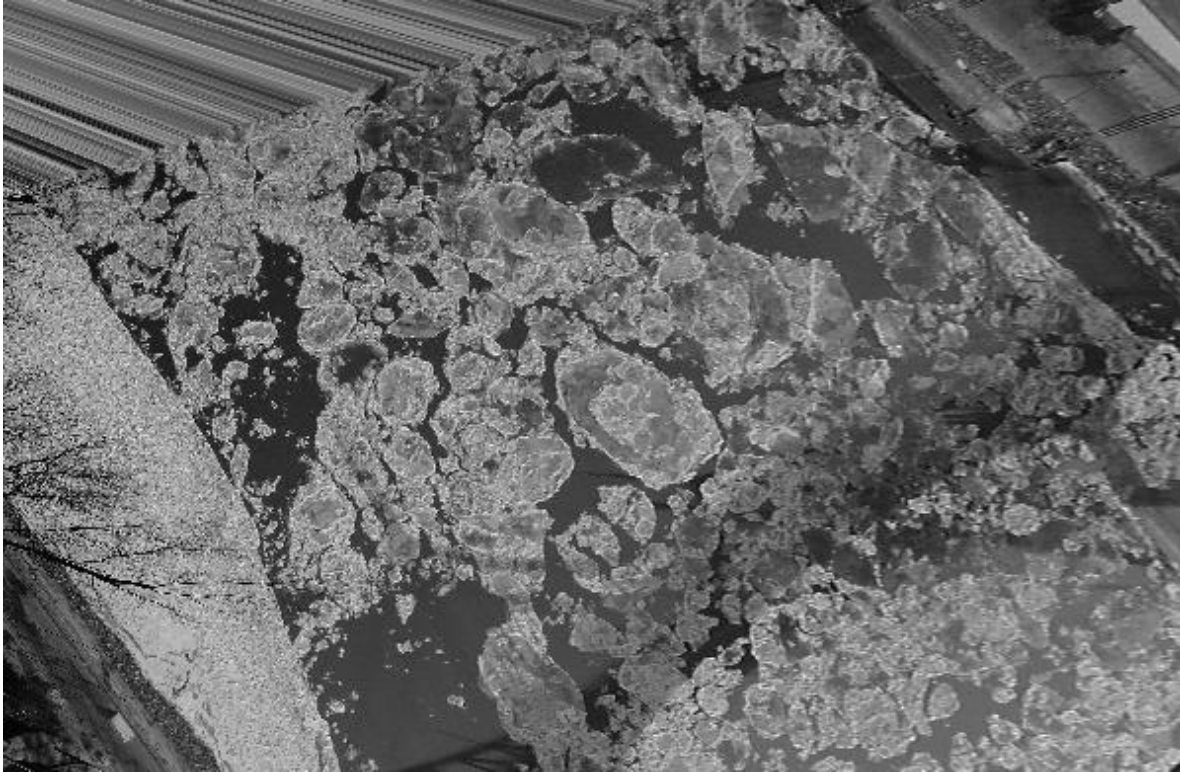


### 3.1.3 Szürkeárnyaltos kép

2. A MATLAB-ban fejlesztett program a megadott referencia pontpárok alapján felépíti és megoldja a lineáris egyenletrendszer, melynek végeredményeképp előállnak az ortorektifikációhoz

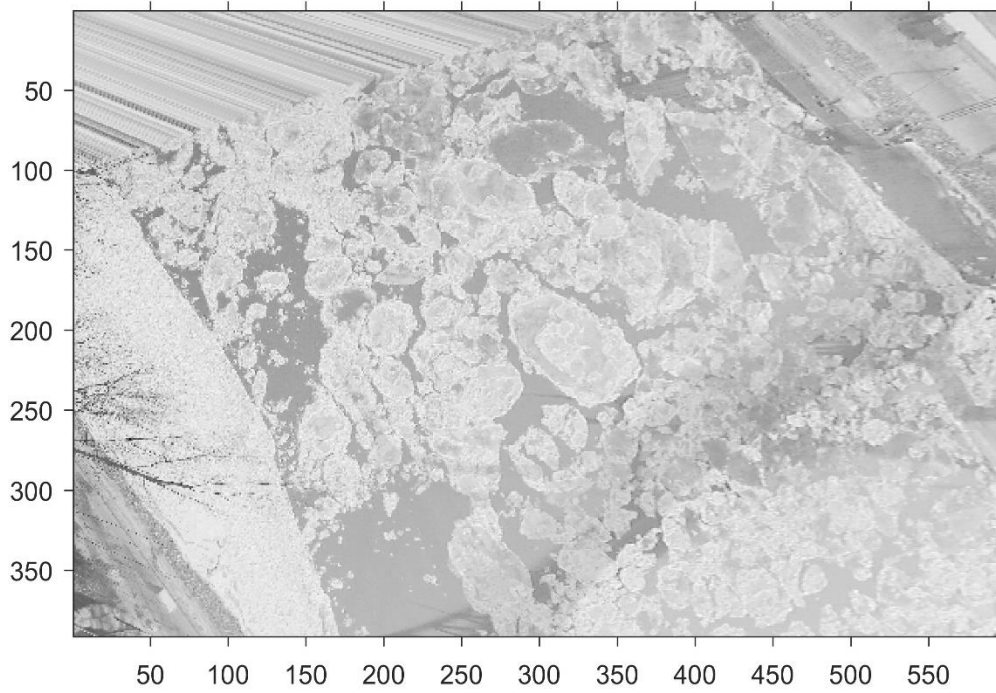


szükséges transzformációs paraméterek. A kapott képen látszik, hogy a kép jobb széle homályosabb, mint a bal. Ez a jelenség a vizsgált kép minőségétől, illetve a fényképezés helyétől függ: a fényképezőtől távolabb eső pontok felé haladva kevesebb pixel jut adott területre, így a kép kevésbé éles határokat ad.



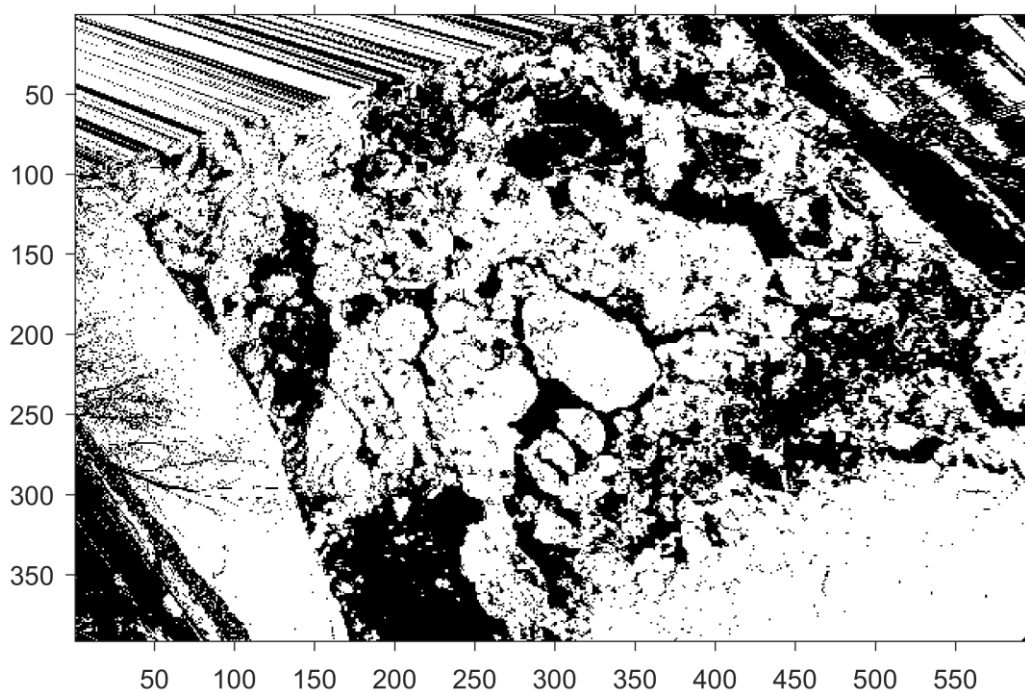
*3.1.4 Ortorektifikált kép*

3. A jégfedettség százalékos meghatározását szintén MATLAB programmal végezzük el. Az előző lépésekben kapott képet használjuk, úgy, hogy megadunk egy vizsgálandó tartományt. Ez lehet akár a teljes kép, vagy csak egy apró szelvénye. a program a százalékot az általunk kiválasztott területre határozza meg. Továbbá fontos megadnunk egy ún. gamma paramétert, amellyel a kontraszt arányát változtathatjuk. Minél nagyobb gamma értéket alkalmazunk a képünkön annál élesebb a határ a víz és a jég között.



3.1.5 Kontrasztos kép

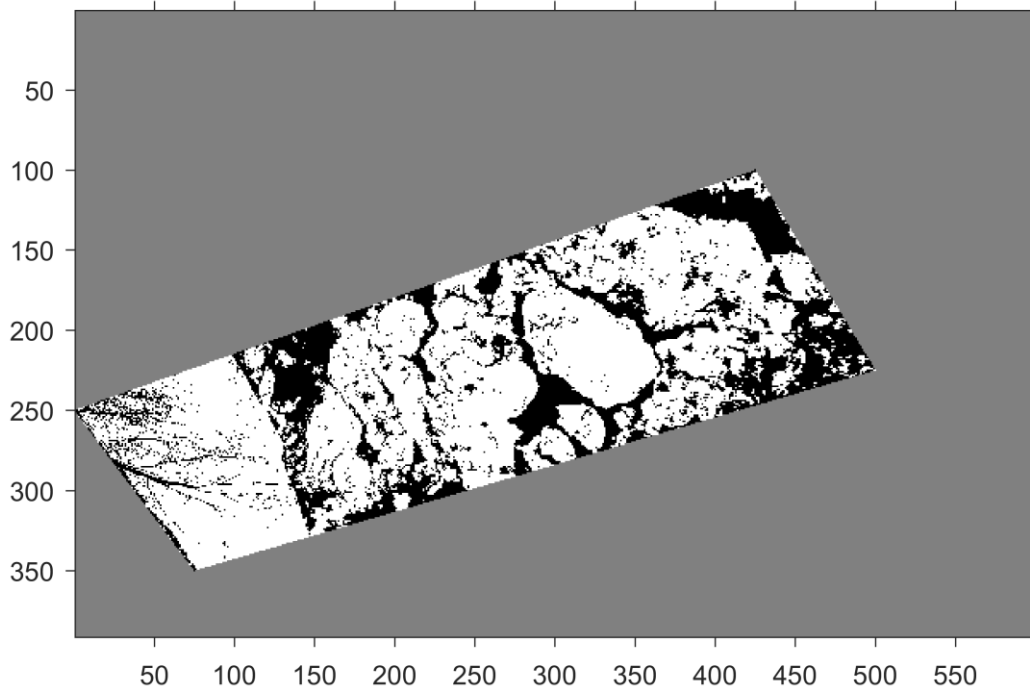
4. Következő lépésként a program a színskálát bináris, azaz 0-1 összetevőkre bontja, így a képen csak fekete és fehér pixelek szerepelnek. A jéghez az 1-es, a vízhez a 0-ás értéket rendeli. A gamma kontraszt tényezővel befolyásolható a határ a két hozzárendelés között.



3.1.6 Bináris kép



5. Utolsó lépésként a programunk egyszerűen összegzi a különböző tulajdonságú pixeleket és osztást képezve megadja a két érték arányát. Jelen esetben a 0,25-ös gammát alkalmazva és 0,5 m-es dx felbontással dolgozva 71 %-os fedettséget kapunk.



*3.1.7 A vizsgált terület a százalékszámításhoz megfelelően*



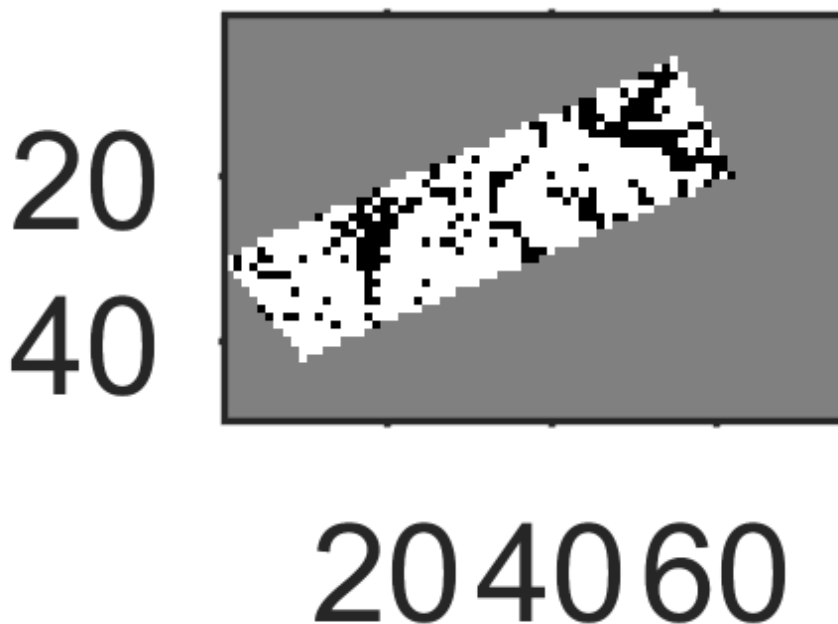
## 4. Érzékenységvizsgálat

Mint már előbb említésre került, a kapott eredményünket sok tényező befolyásolja. Az árnyékok, a nap által keltett fényvisszaverődés, a belógó objektumok mind változtatnak a végeredményen, de az alkalmazott paraméterek a program közben is képesek akár több 10 százalékos eltérést is produkálni. Az alábbiakban azt vizsgálom, hogy a képek elemzésénél alkalmazott paraméter beállítások és a különböző fenti tényezőkre mennyire érzékeny a végeredményként kapott jégfedettség érték. Az itt bemutatott eredmények különösen fontos szerepet játszanak a módszer későbbi tervezett automatizálásában. A vizsgálat alapjául az előző fejezetben alkalmazott képet használok.

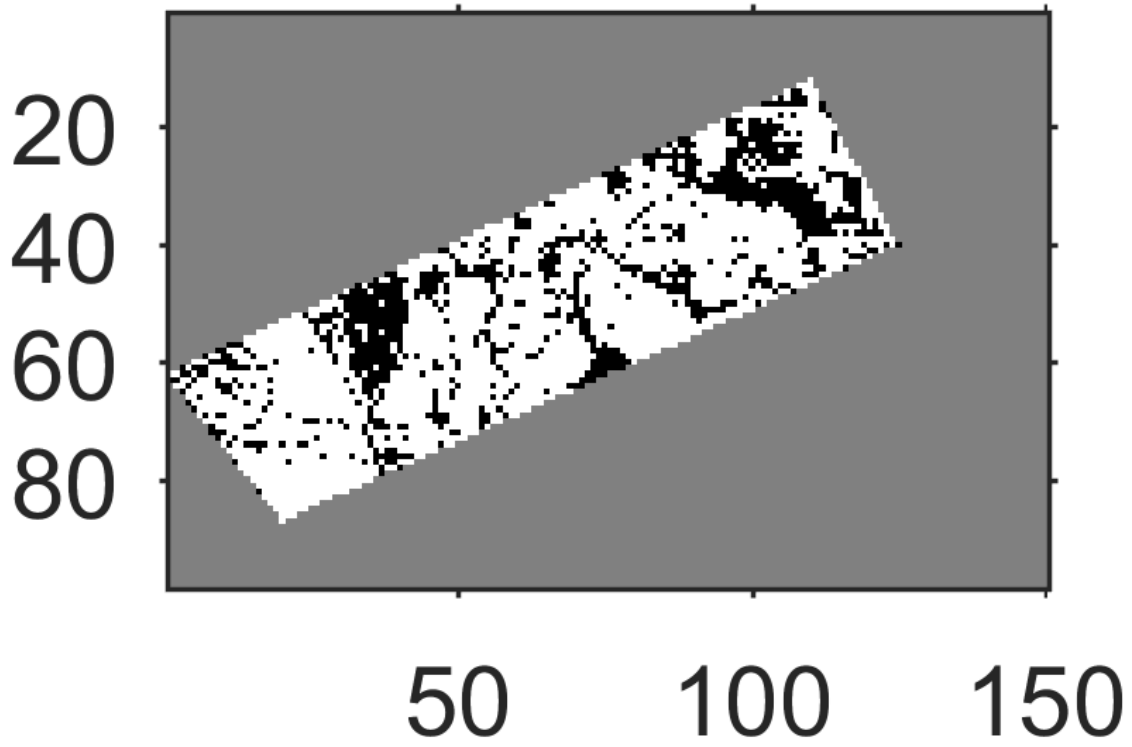
### 4.1. Felbontás

Az ortorektifikálásnál megadott  $dx$  [m/pix] paraméterünk különböző felbontású képeket eredményez. Ez a paraméter megadja, hogy az ortorektifikált kép 1 pixele a valóságban hány méternek felel meg. Változtatása leginkább a fekete-fehér képen jelenik meg, mivel sokkal kisebb vagy nagyobb a kép felbontása, így a pixelek száma is eltérő.

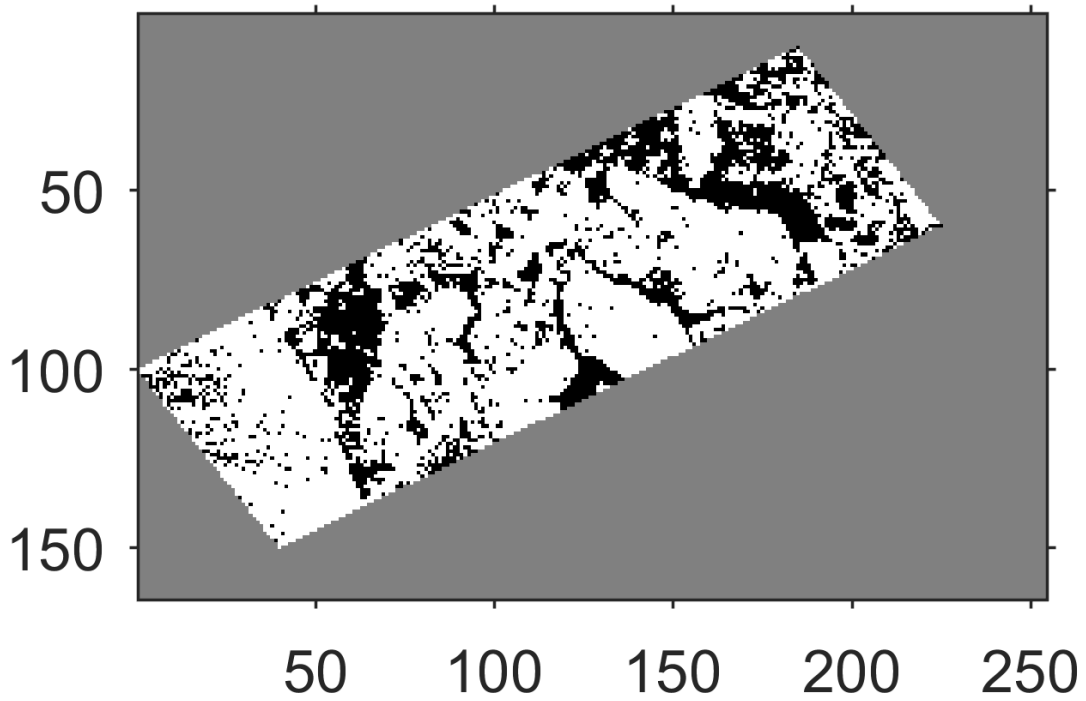
A vizsgálatot elvégeztem kilenc különböző  $dx$  értékkel. Az első esetben 4,00 majd 2,00; 1,20; 1,00; 0,80; 0,60; 0,50; 0,25 és végül 0,10-es adatokat adtam meg a programnak. Mind a nyolc eredmény esetében azonos gamma és koordináta értékekkel dolgozom, így csak a  $dx$  következtében kialakuló eltérések tapasztalhatók. Az alábbiakban a különböző bináris képeket ábrázolom ebben a sorrendben. Az ábrák tengelyein a pixel koordináták kerültek jelölésre.



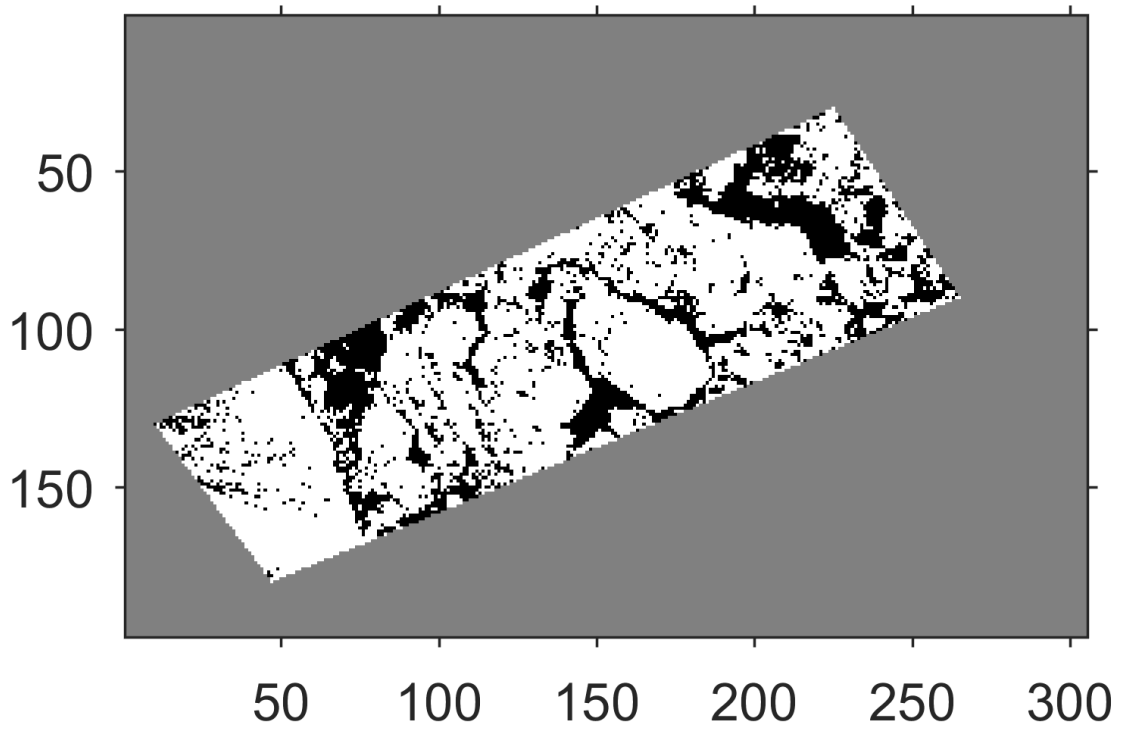
4.1.1felbontásvizsgálat  $dx=4,00$



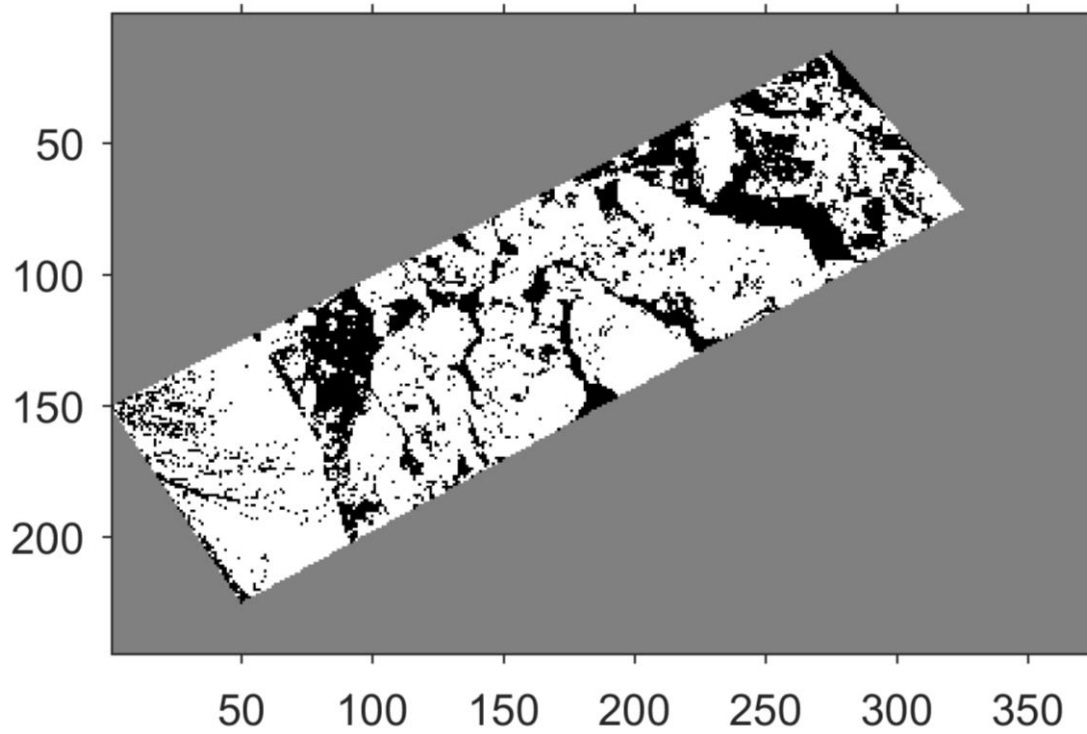
4.1.2 felbontásvizsgálat  $dx=2,00$



4.1.3 felbontásvizsgálat  $dx=1,20$

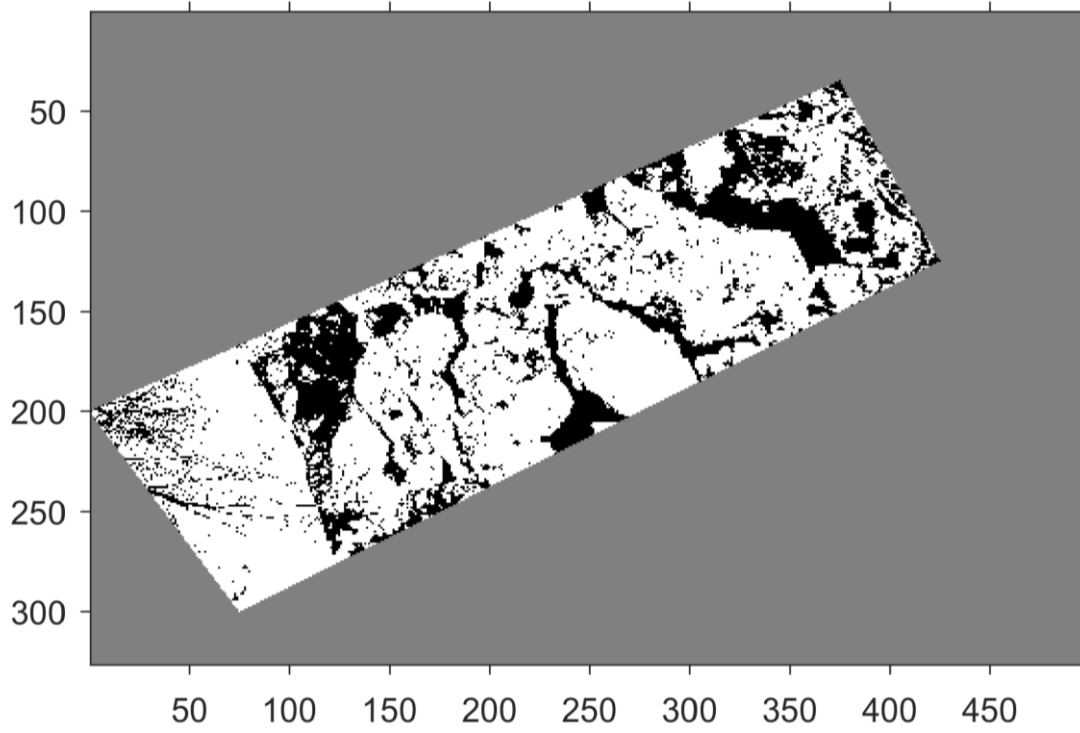


4.1.4 felbontásvizsgálat  $dx=1,00$

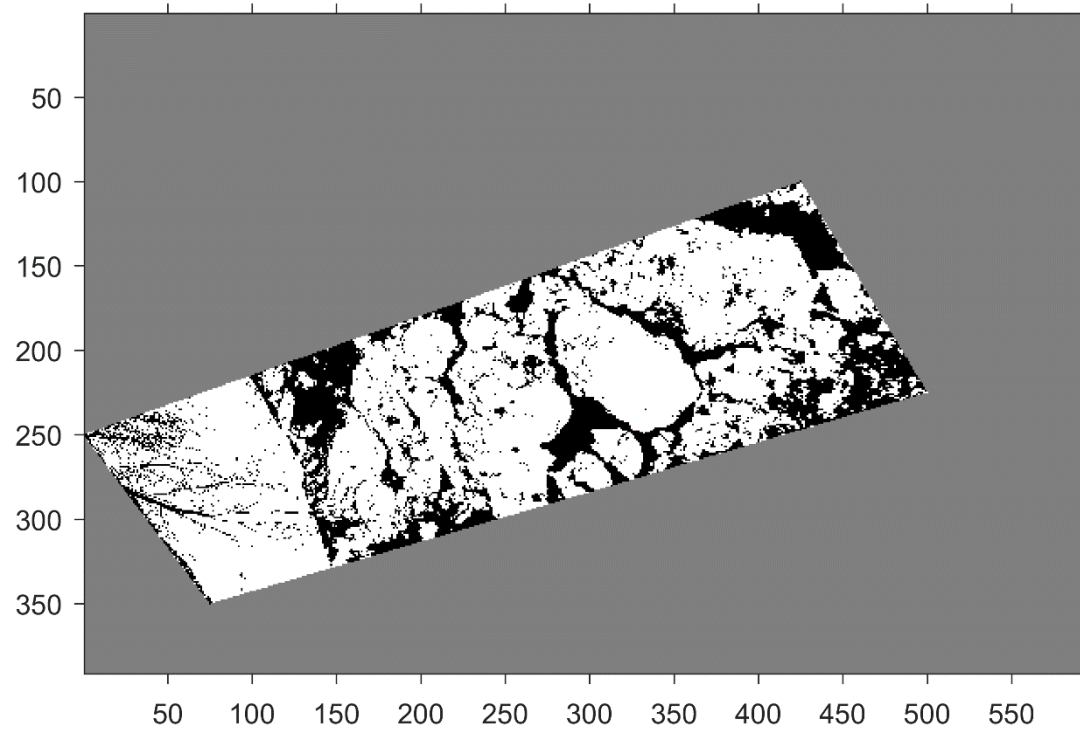


4.1.5 felbontásvizsgálat  $dx=0,80$

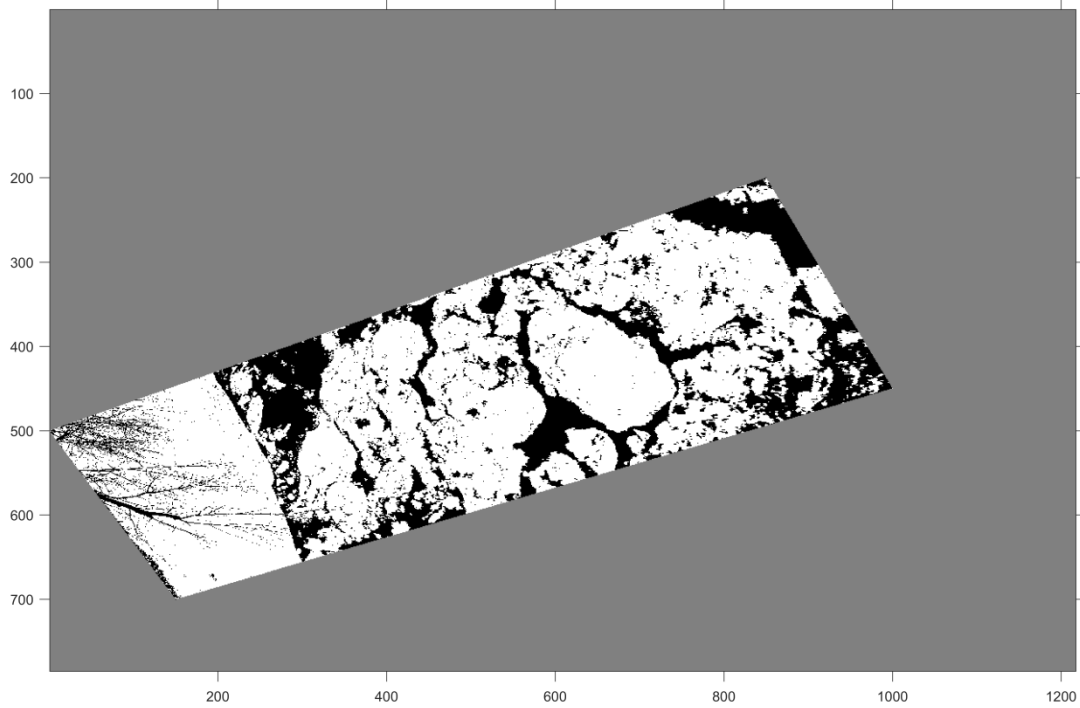




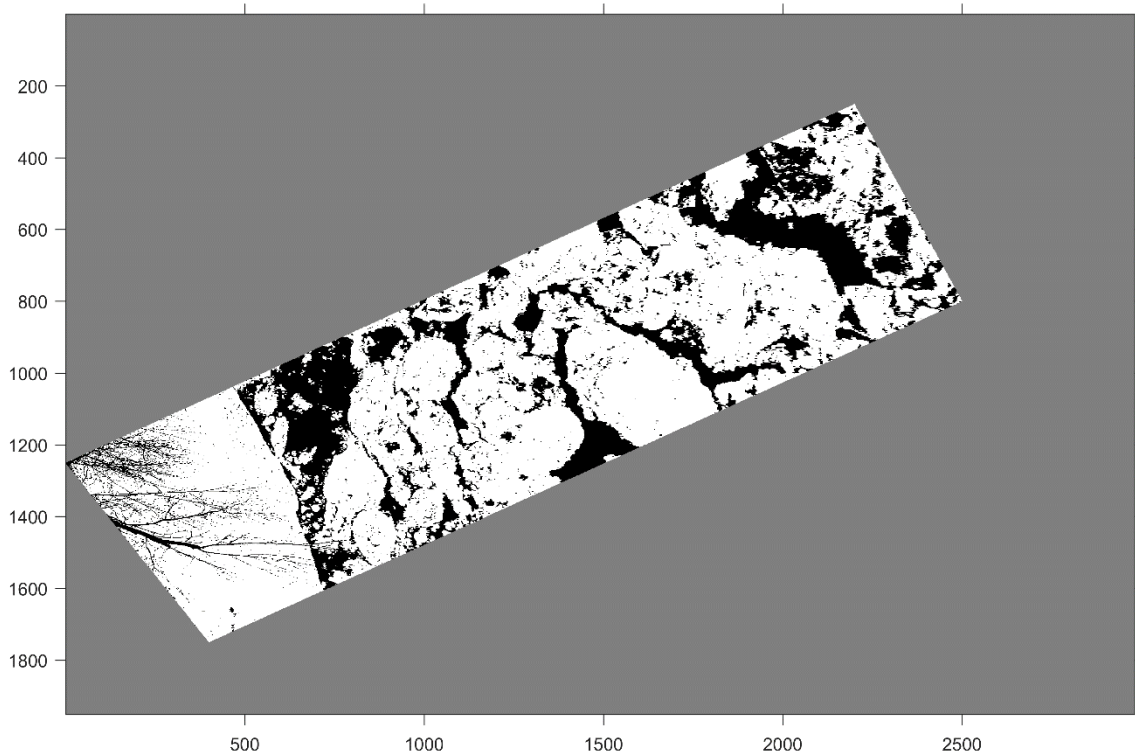
4.1.7 felbontásvizsgálat  $dx=0,60$



4.1.8 felbontásvizsgálat  $dx=0,50$



4.1.9 felbontásvizsgálat  $dx=0,25$



4.1.10 felbontásvizsgálat  $dx=0,10$

A fenti képeken jól látszik, hogy minél durvább felbontást határozzunk meg, annál nagyobb lesz a pixelekhez tartozó valós méret. A felbontás lényegessége egy rosszabb minőségű felvétel vizsgálatánál meghatározó. Míg egy jobb felbontású felvétel esetén megengedhetjük, hogy a számítás gyorsítása érdekében csökkentsük a kép minőségét, úgy pl. egy rosszabb minőségű webkamera esetén ez nem feltétlenül engedhető meg. A vizsgálat célja az, hogy megtaláljuk azt a felbontást, melyet aztán tovább

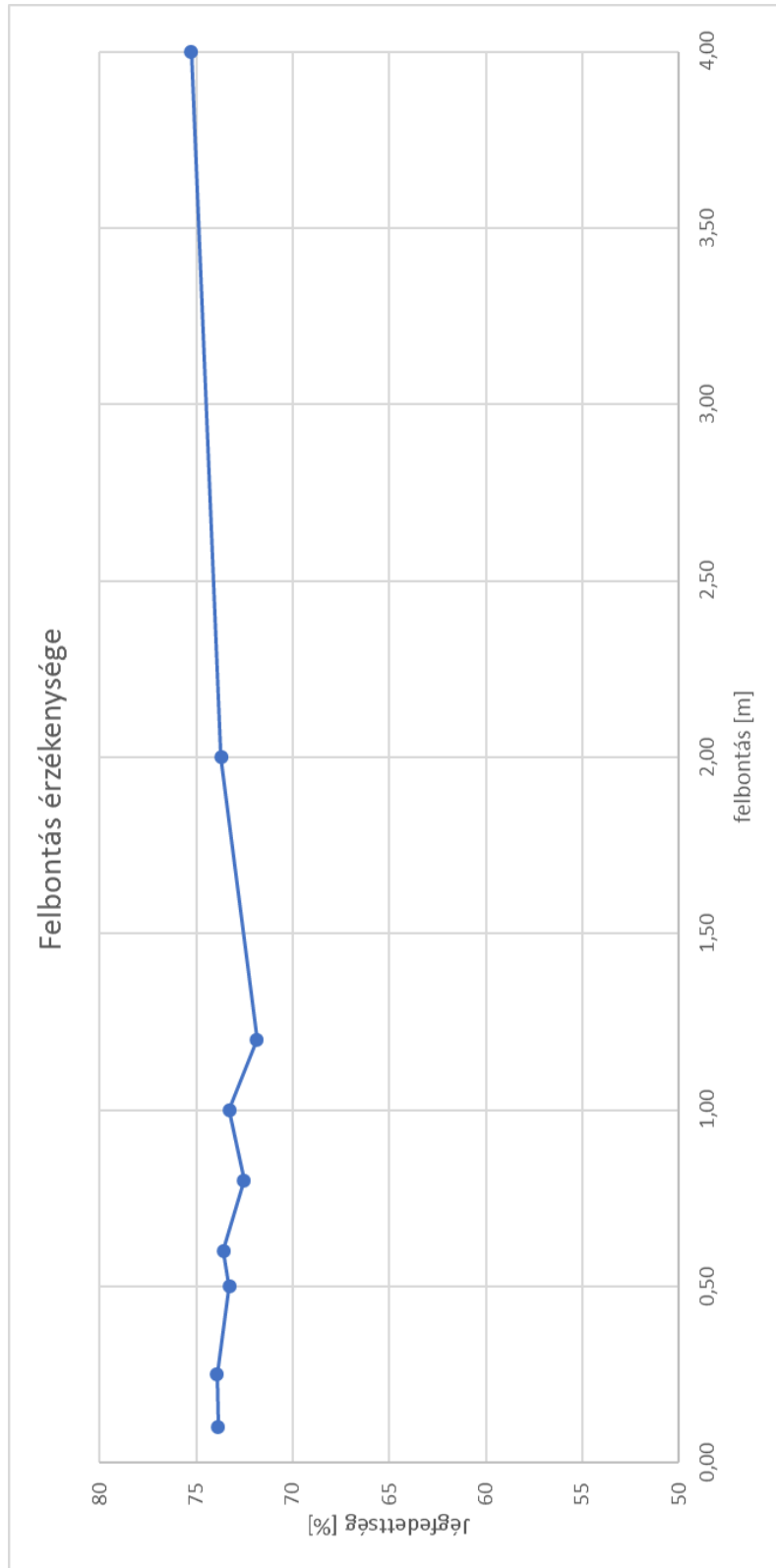


finomítva az eredmények már nem javulnak számottevően. A kapott értékeket az alábbi táblázat tartalmazza:

felbontás [m]	jégfedettség [%]
0,10	74
0,25	74
0,50	73
0,60	74
0,80	73
1,00	73
1,20	72
2,00	74
4,00	75

*4.1.11 felbontás-jégfedettség táblázat*

A különböző dx-el rendelkező képekből kinyert százalékos értéket az alábbi jégfedettség [%] - felbontás [m] grafikonon vizsgáljuk: Megállapítható, hogy a felbontásra a módszerünk nem tekinthető érzékenynek, a kapott százalékok 71 és 7% között mozognak. A vizsgálatunkban a 2,00 és 4,00 értékű felbontás paraméter egy 800x600 felbontású kamerának felel meg, és látható az eredményekből, hogy a kapott eredmény a felvételt készítő kamera minősége nem befolyásolja.



4.1.12 jégfedettség-felbontás grafikon

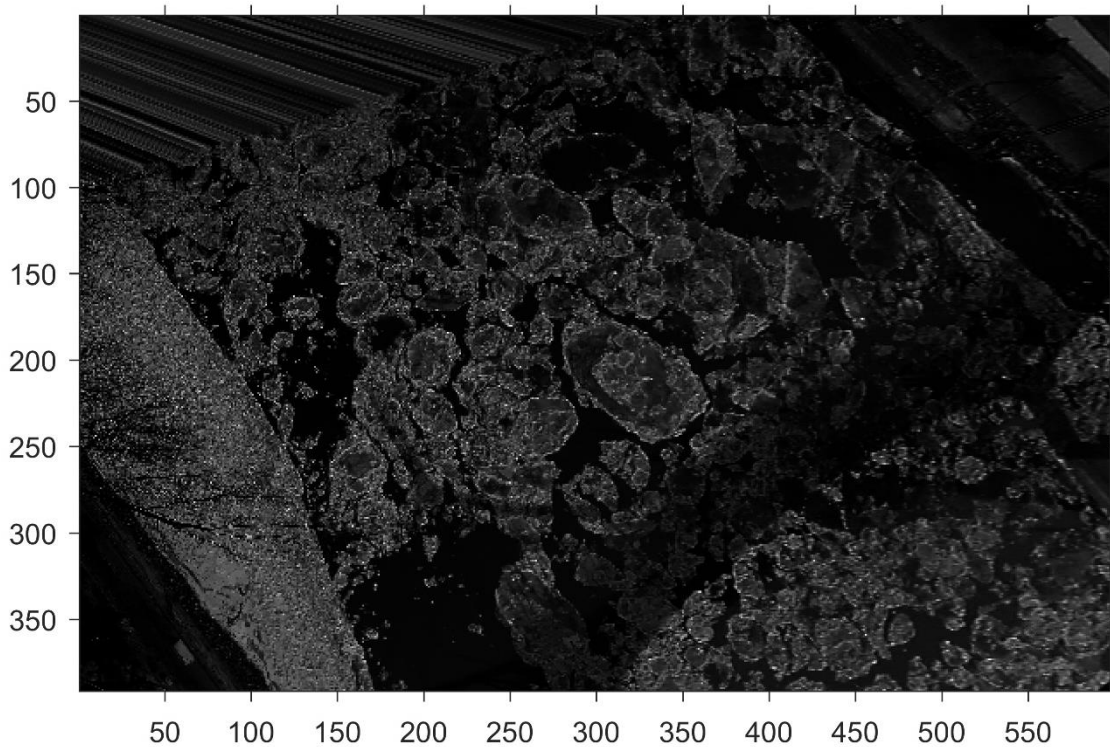
A további méréseknél legtöbb esetben 0,5 dx paramétert alkalmazunk, felesleges ennél kisebb felbontást használnunk mivel a felbontás leginkább a számítási folyamat időigényét növeli.



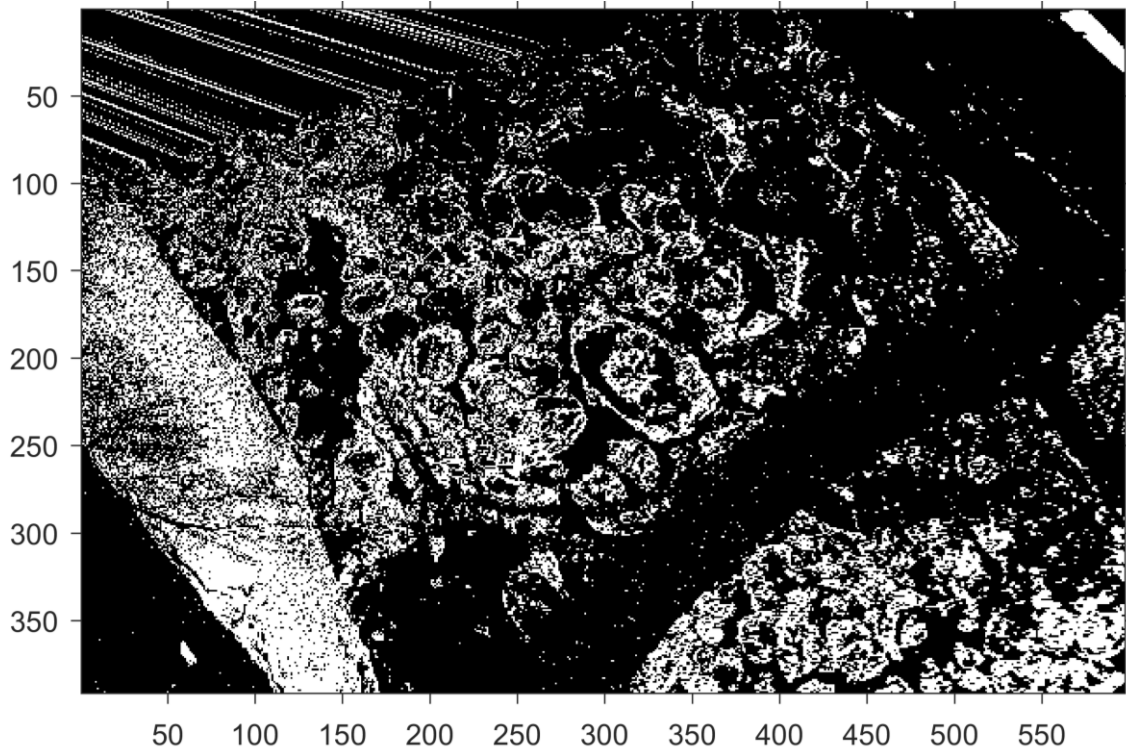
## 4.2 Gamma kontraszt érték

Egy kép átalakításakor nagy gondot kell fektetnünk a kontraszt arányára, hiszen nem mindegy a szürke árnyalatok viszonya. Minél magasabb gamma kontraszt értéket határozunk meg a feladat során, annál sötétebb képet kapunk. A vizsgálat során az volt a tapasztalatom, hogy egy bizonyos gamma érték felett a valóságnak nem megfelelő százalékot kaptam. A felbontás paramétere minden számításnál 0,5 így az ortorektifikálásig a folyamat minden gammára megegyezik, a fentebb (3.1.4 kép) feltüntetett kép segítségével folytatjuk a vizsgálatot. Az alábbi képeken erre a hibás átalakításra szeretnék rámutatni:

3,00 értékű gamma paraméter esetében:

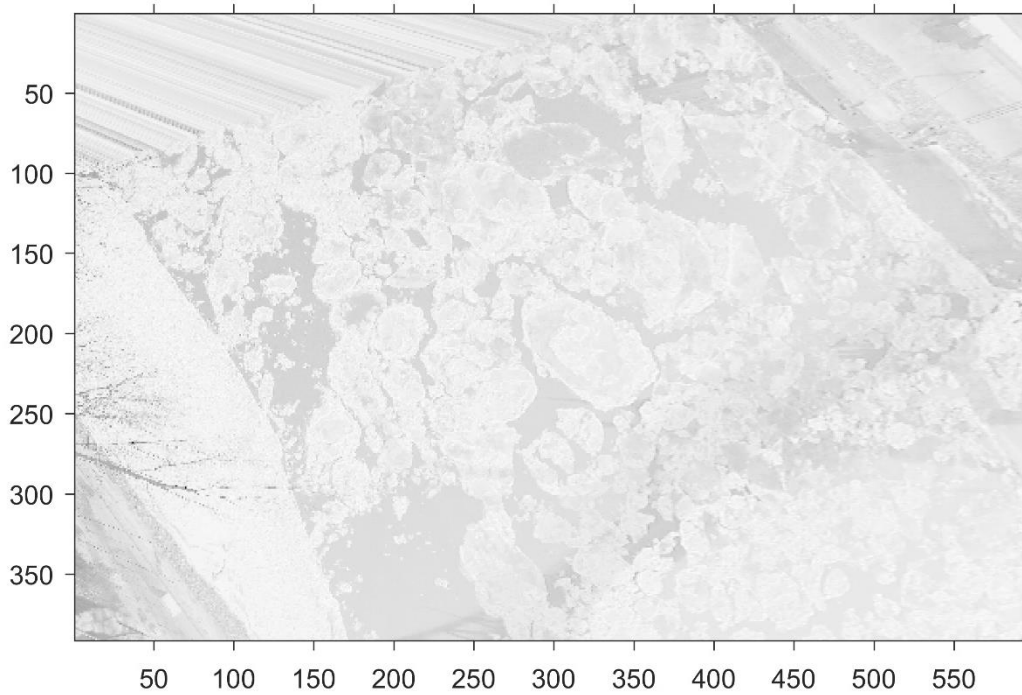


4.2.1 Kontrasztos kép,  
 $gamma=3,00$

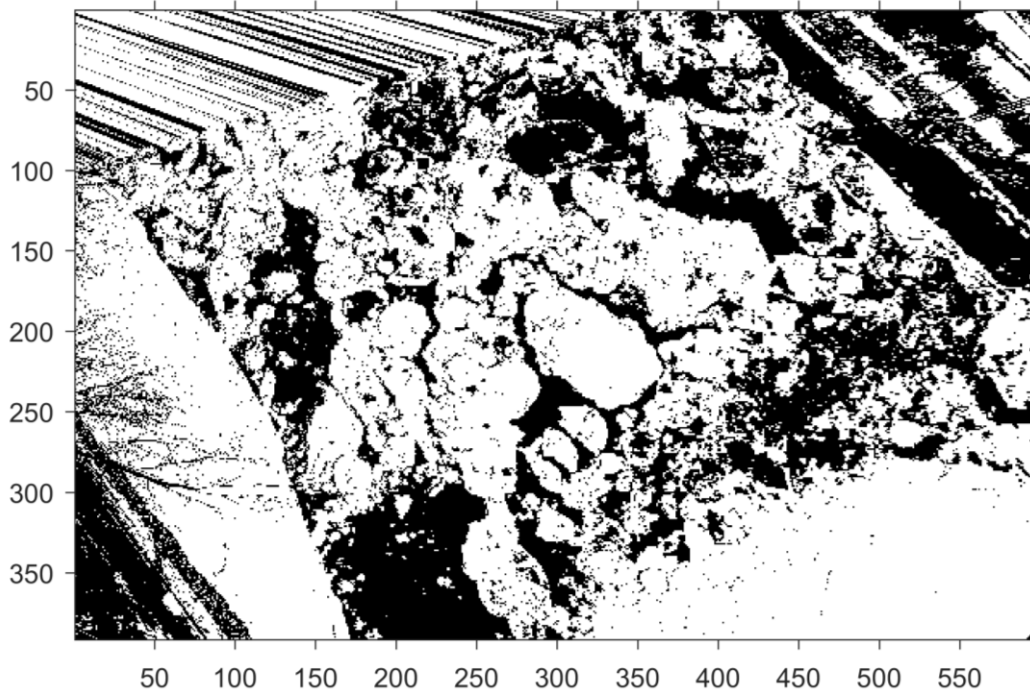


4.2.2 Bináris kép  
 $\gamma = 3,00$

0,10 értékű gamma esetében:

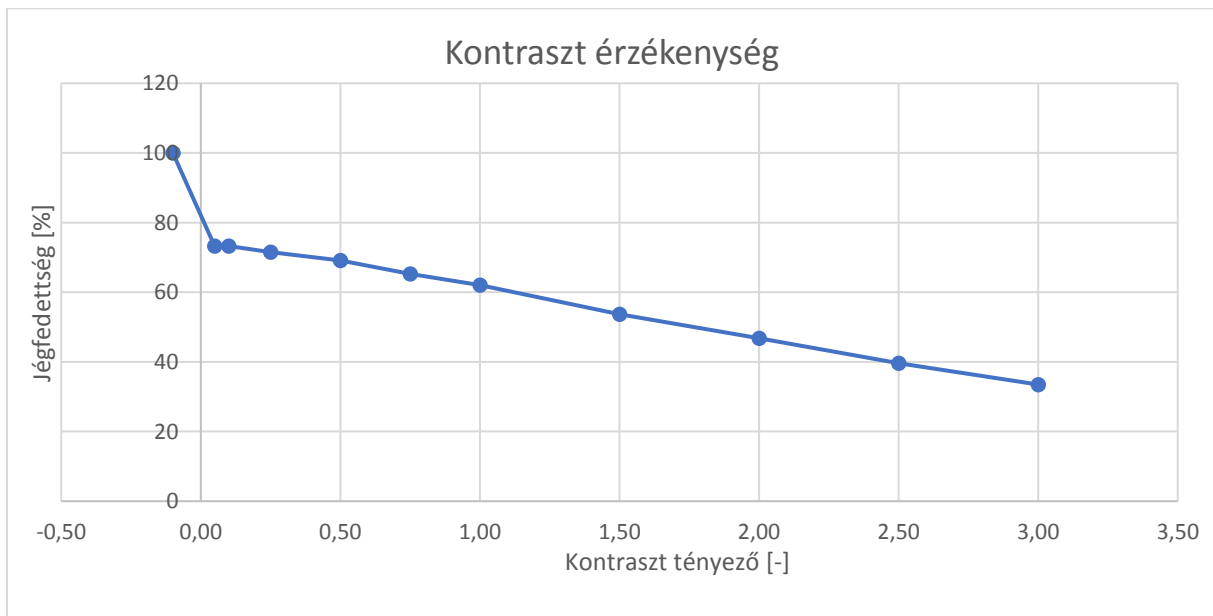


4.2.3 Kontrasztos kép  
 $\gamma = 0,10$



4.2.4 Bináris kép  
 $\gamma=0,10$

A fentebb bemutatott képekhez hasonlóan elvégeztem a vizsgálatot  $-0,10$ ;  $0,05$ ;  $0,25$ ;  $0,50$ ;  $0,75$ ;  $1,00$ ;  $1,50$ ;  $2,00$ ;  $2,50$  értékű gamma paraméterre. A számítást minden esetben ugyanazon a szelvényen végeztem el, így a különbség csak a gamma értékekből adódhatnak. A kapott különböző jégfedettségeket ábrázoltam egy jégfedettség-kontraszt grafikonon:



4.2.5 Jégfedettség-gamma grafikon



Jól látható az alábbi képeken, hogy nagy gamma esetében (1,00 gammától érzékelhető) a képen a vékonyabb jégtáblákat a program elég sötétnek érzékelté ahhoz, hogy a vízhez tartozó 0 értéket rendelte a pixelhez. A különbség a számított százalékok között tapasztalható leginkább. Az első, -0,10 értékű gamma esetében a kapott eredmény 100%-os jégfedettséget mutat, a kapott kép teljesen fehér. Továbbá érdemes 0-nál nagyobb gammákat használni a reális jégfedettség meghatározásához. 0,05 és 0,10 érték esetében a jégfedettség azonos, jelen esetben ezek a paraméterek adnak valós eredményt. Jól látható, hogy a kapott eredmények egyenlő meredekséggel csökkenő tendenciát mutatnak és a mérésekből megállapítható, hogy a program nagyon érzékeny a kontraszt tényező változtatására, így a további felhasználás szempontjából a legtöbb pontatlanság a nem megfelelő gamma érték használatából származik.

Az alábbi táblázat a kapott jégfedettség százalékokat tartalmazza a hozzá tartozó kontraszt tényezővel:

Kontraszt tényező [-]	Jégfedettség [%]
-0,10	100
0,05	73
0,10	73
0,25	71
0,50	69
0,75	65
1,00	62
1,50	54
2,00	47
2,50	40
3,00	33

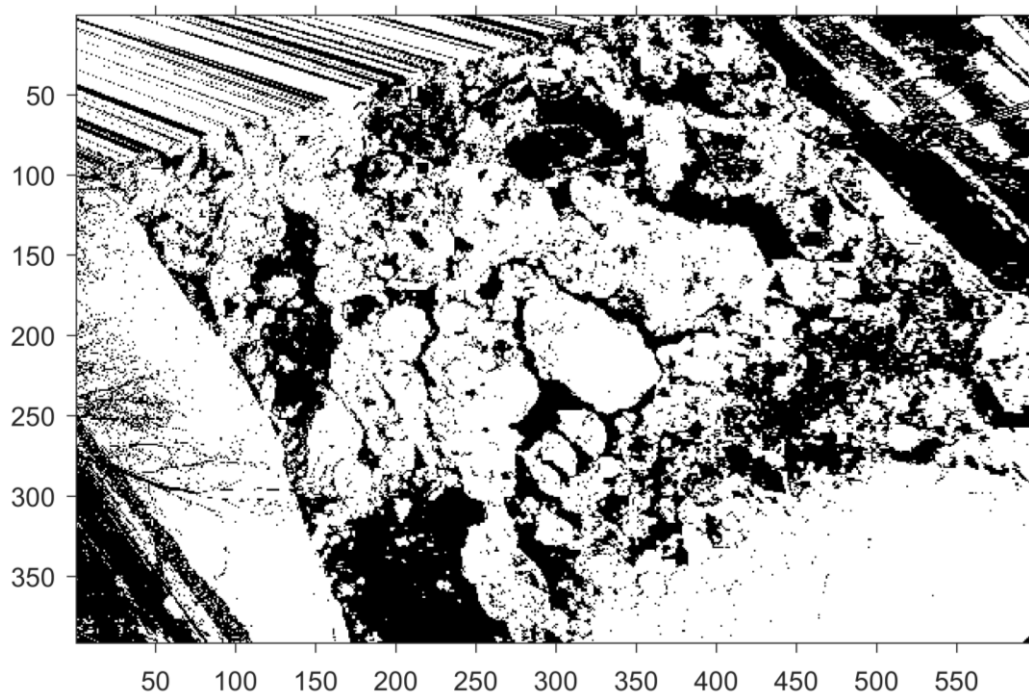
4.2.6: kontraszt tényező érzékenységvizsgálat táblázata



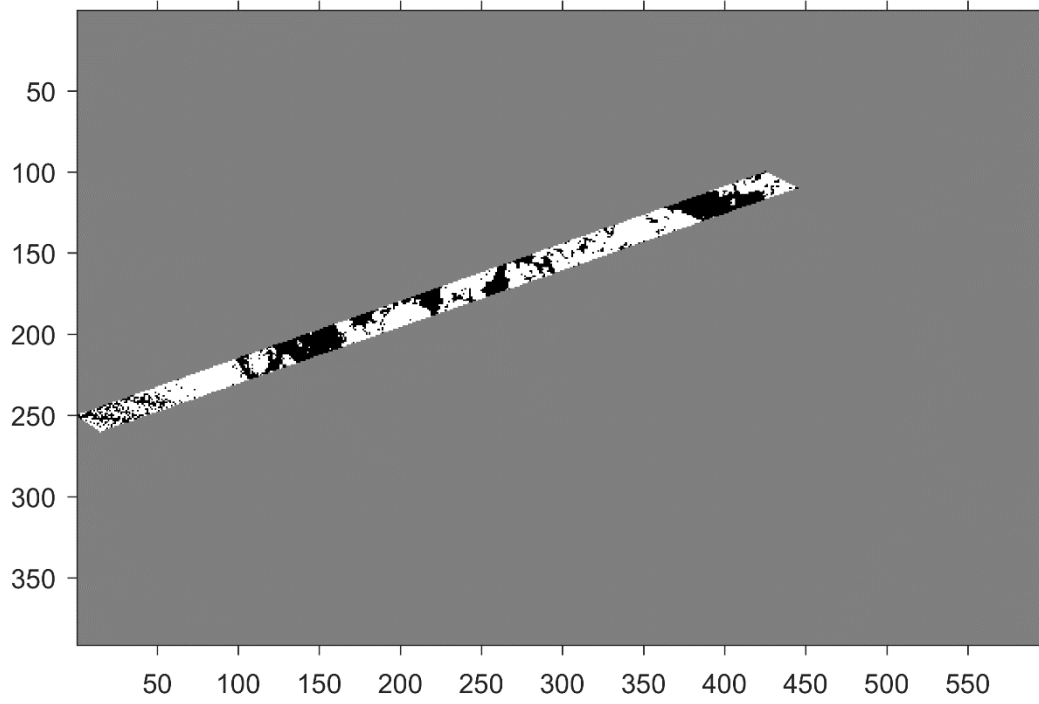


### 4.3 A vizsgált szelvényterület méretének hatása

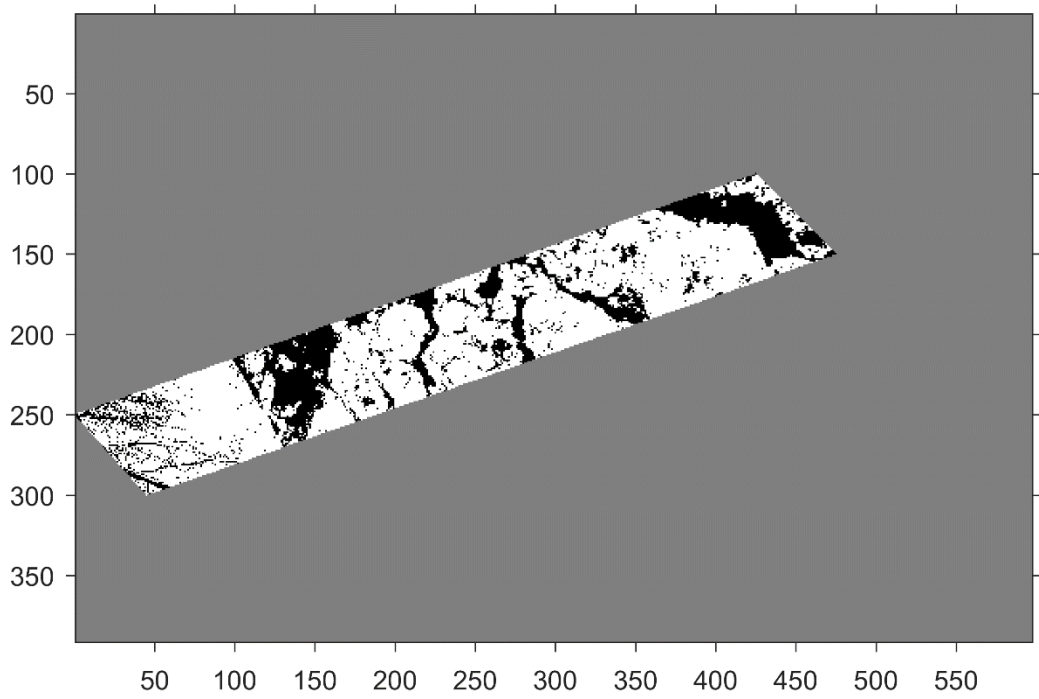
Az eddigiekben közel azonos szelvényméreteket hasonlítottunk össze különböző paraméterekkel. Most vizsgáljuk meg azonos paraméterekkel a minta képünket, de különböző szelvényterületekkel. Sok esetben nem tudjuk kihasználni a teljes képtartományt, a Dunáról beszélve gyakran beleúszik egy hajó, vagy a képünk tartalmaz a használható szelvénybe belelógó kikötőt, illetve a nem jó minőségű képből eredően az ortorektifikáció nem biztosít az egész folyószakaszra releváns jégfedettséget, vagyis a képünk elmosódott. Egy nagyobb, összefüggő objektumot, mint például egy közlekedő, vagy kikötött hajót érdemes nem a vizsgált területünkbe belevenni, mivel a program automatikusan víz résznek érzékeli. Ennek hatását vizsgáljuk ebben a pontban. A használt paraméter minden számítás esetében 0,5-ös felbontás és 0,10-es kontraszt tényező. Az alábbiakban körülbelül 10, 50, 100, 150 m hosszúságú kereszt-szelvényeket vizsgálunk:



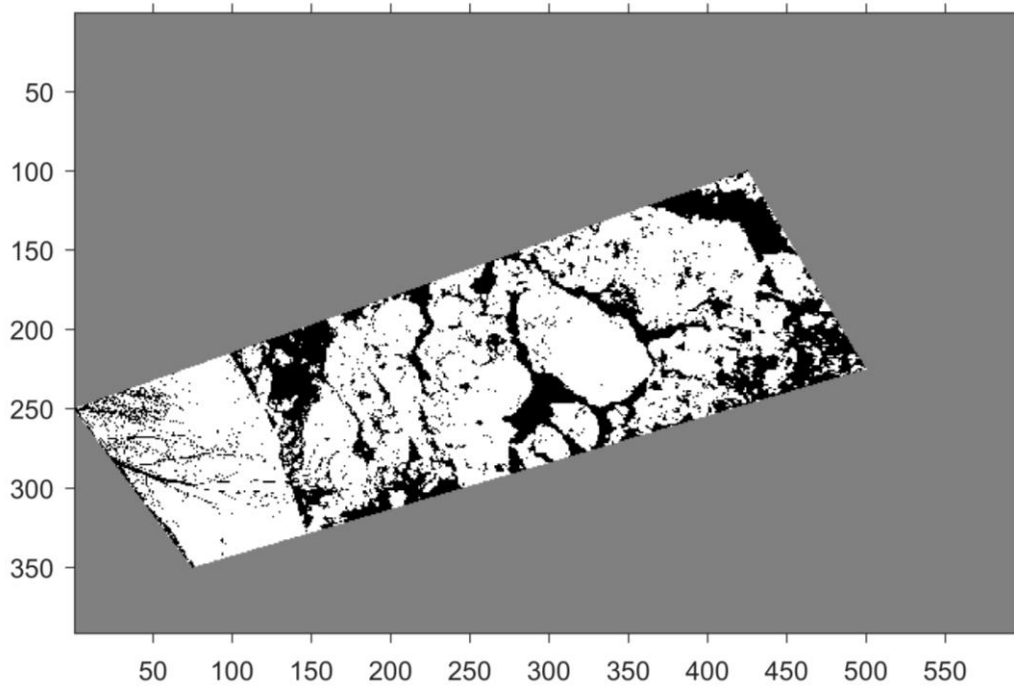
4.3.1 A vizsgált bináris kép



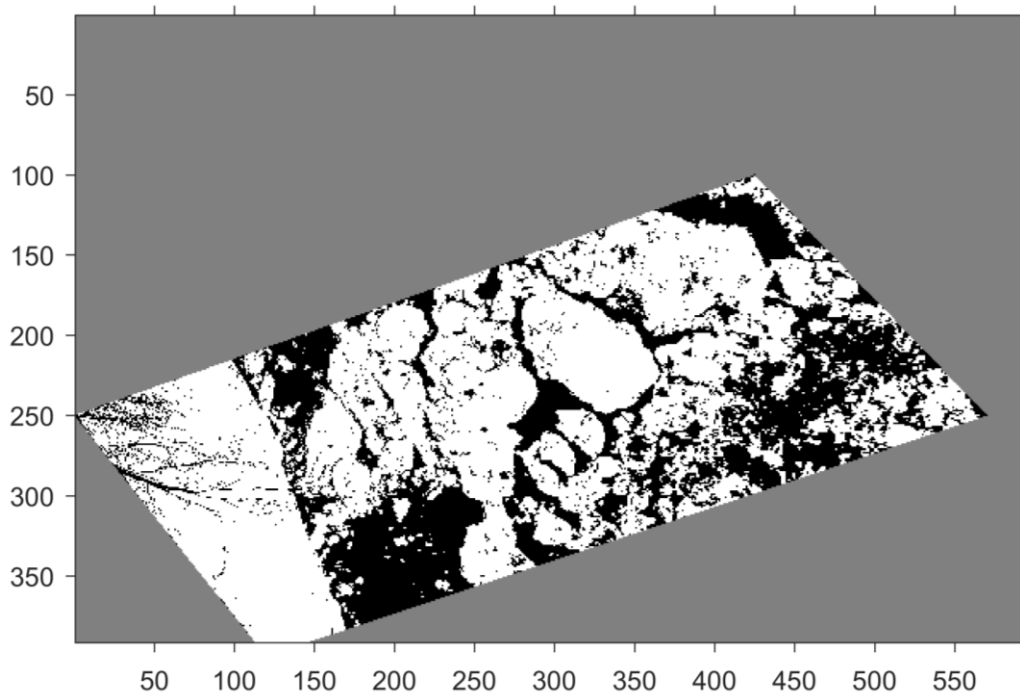
4.3.2 Szelvényterület vizsgálat 10 m széles szelvény



4.3.3 Szelvényterület vizsgálat 50 m széles szelvény



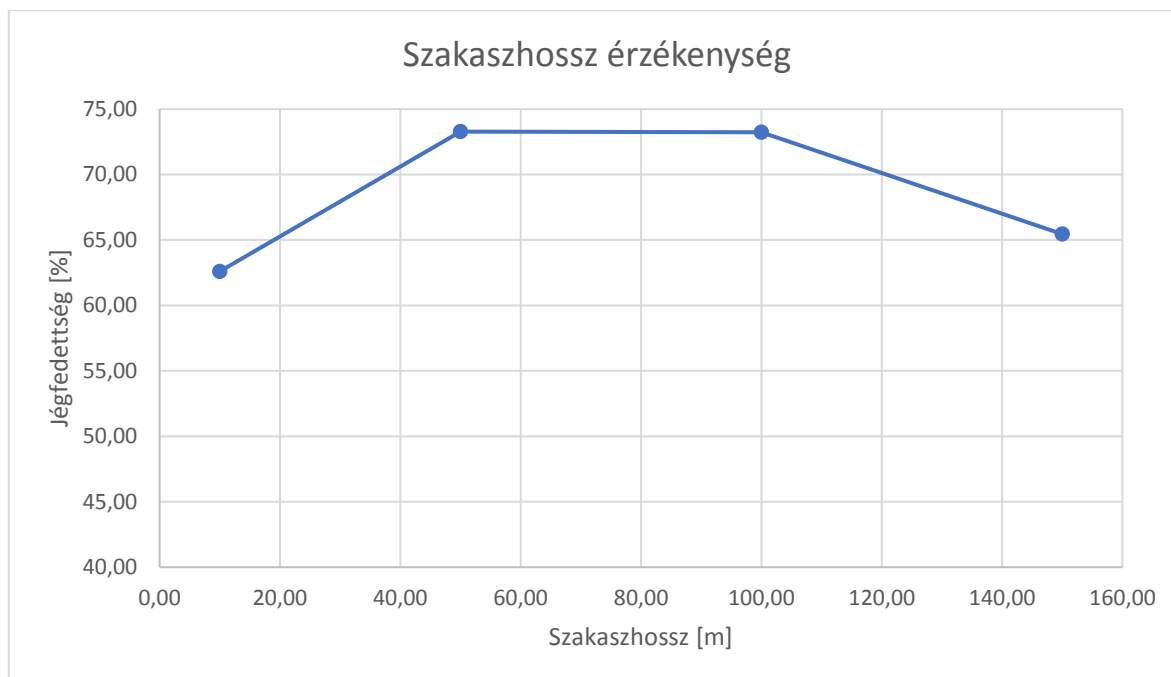
*4.3.4 Szelvényterület vizsgálat 100 m széles szelvény*



*4.3.5 Szelvényterület vizsgálat 150 m széles szelvény*



A különböző keresztmetsvényekre kiszámoltuk a jégfedettség százalékos értékét, amit az alábbi grafikonon ábrázoltam:



4.3.6 Becsült jégfedettség arány vizsgált szakaszhossz függvényében

Megállapítható a grafikonból és a kapott keresztmetszeti képekből is, hogy nincs tendenciózus szabályszerűség a két érték között, így a megbízható becslés érdekében, célszerű mindig a lehető legnagyobb területet vizsgálni, mivel a jégborítottság még ilyen rövid szakaszokon sem egyenletes. A továbbiakban a különböző időpontokban végzett vizsgálatok során mindig azonos területeket vizsgálunk, így az ebből eredő szabálytalanságot és hibát kiküszöböljük.

#### 4.4 Árnyékok, belógó objektumok és a napfény hatása

Mint fentebb említésre került a mintaképünk igen sok lehetséges problémára mutat rá. Mivel a kép napos időben készült, így a Szabadság híd árnyéka is észrevehető a vízfelszínen és a módosítás során a jéggel fedett tartományok elég sötétnek bizonyultak ahhoz, hogy a program vízként érzékelje. Ezt a hibát a gamma érték csökkentésével tudjuk leginkább kiküszöbölni. Egy alacsonyabb gamma kevésbé sötét képet eredményez, így a bináris átalakítás során nem esik a 0 tartományba. A híd árnyéka jól látható a 4.2.2-es ponthoz tartozó képeken és megtapasztalhatjuk, hogy a gamma érték mennyire befolyásolja a százalékszámításunkat.

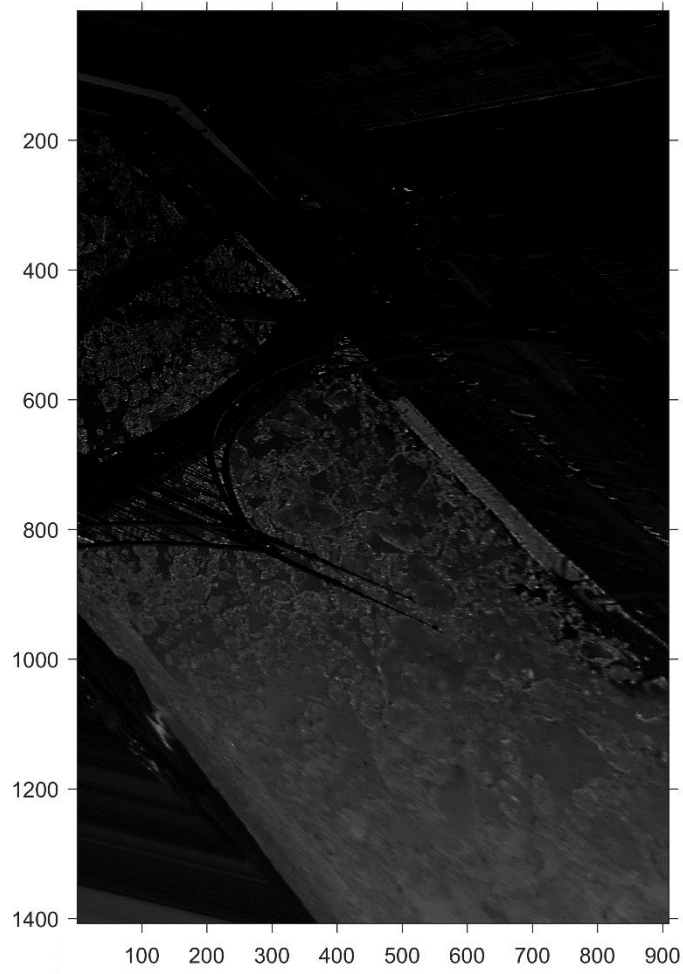
Tekintsünk a kép készítése közben a kamera elé belógó lombdarabra. Mivel nem árnyékot képez a víz felszínén, hanem valóban belóg a képünkbe, így az éles határvonalait a gamma csökkentésével sem tudjuk elhomályosítani. A vizsgálandó területből való kivágásával jégfedettség növekedést várnánk. Sajnos az elhelyezkedése pont olyan, hogy értékes jég borította területtől szabadulnánk meg, ha a nem vonnánk bele a vizsgálatunkba. Lefuttatva a programot úgy, hogy a területünkbe a faágakat nem számítjuk fel 4%-os jégfedettség csökkenést tapasztalunk, így megállapítható, hogy hiába akartuk a lomb nélküli, rosszul fekete pixelnek tekintett részekről megszabadulni, az eltakart masszív jégréteg hiánya százalékcsökkenést okozott, tehát beláthatjuk, hogy az ilyen apró objektumok, amelyeknek a kiszűrése nehéz, vagy nem lehet érdemesebb a számításba belevenni.



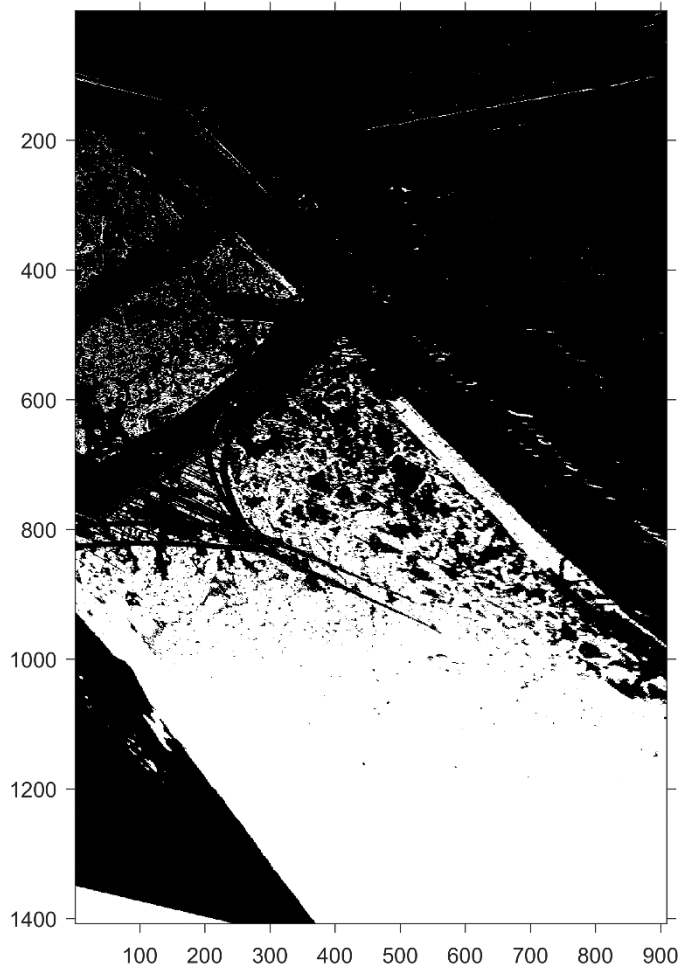
Legtöbb esetben a folyószakaszunkon a képek és videók készítését fényes nappal végezzük el, tekintve arra, hogy ilyenkor optimálisak a fényviszonyok. Ilyenkor gyakran tapasztalunk a vízfelszínről visszatükröződést, ami jégtábla esetében még erősebb hatásfokú. Vizsgáljuk meg a napfény visszatükröződésének esetében milyen korrekciós megoldásokat alkalmazhatunk. A mintaképünkön vizsgáljunk egy napos tartományt:



*4.4.1 Napfény befolyásolásának vizsgálata, ortorektifikált kép*



4.4.21 Napfény befolyásolásának vizsgálata, Kontrasztos kép



4.4.31 Napfény befolyásolásának vizsgálata, Bináris kép

A képen jól látható, ahogy a napfény a jégtáblákról visszatükröződik, ennek kiküszöbölésére nagy gamma használata a célszerű. Jelen esetben 5,00 értékű gamma paramétert alkalmazunk. Számolás nélkül is látszik, hogy a program nem tud reális százalékot meghatározni ebből a képből. További vizsgálatok azt mutatják, hogy a napfény által okozott képtorzulást egy nagyobb gamma értékkel mérsékelni, de kiküszöbölni teljesen nem lehet. Jelen esetben a kép ezen tartománya használhatatlan, így másik tartomány vizsgálata ajánlott.

Az érzékenységvizsgálatból szerzett tapasztalatokat az alábbi táblázatban foglaltam össze:

vizsgálatok	érzékenység	megjegyzés
felbontás	nem	a mérésekben alkalmazandó $dx=0,50$
kontraszt	nagyon	időjárás, terepviszony függő
szelvény szélesség	közepesen	a jégtáblák elhelyezkedésétől függő

4.1 Az érzékenységvizsgálatból származó tapasztalatokat tartalmazó táblázat



## 5. A vizsgált Duna szakasz és a használt videók jellemzése

A következő vizsgálatokban videó formátumú adatokból nyerünk ki százalékos jégfedettség értékeket. Ehhez rendelkezésemre állnak a tanszék 2017. január 10-től 12-ig tartó GoPro-val készített videofelvételei. A videó által lefedett Duna szakasz a 1649,8-1643 fkm között helyezkedik el változó helyszínről beállítva. A videók képkocka sebessége 10 képkocka/másodperc, ennek tudatában a videóból kívánt időpontban kivágott kép feldolgozását el tudjuk végezni. A videók formátuma .mov, így semmilyen konvertálást nem igényel a videó használata. A vizsgált időszakban a [www.hydroinfo.hu](http://www.hydroinfo.hu) honlapjáról lekért adatok alapján Budapesten a Duna vízállása 81-75-94 cm magas, a jégzajlás 70 és 40 %, az oldalon nem áll rendelkezésre adat a január 10-ei jégzajlás állapotáról.

Az [www.idokep.hu](http://www.idokep.hu) oldalról a Duna szakaszait belefoglaló videók közül a Műpa tetőjéről és a Prédikálószték ÉNY oldaláról készült videók bizonyultak használhatónak. A Műpáról biztosított videók a 1645-1643 folyamkilométert foglalják magukba 2017. január 7.-től 14.-ig a 9.-ei és 10.-ei napot kivéve, sajnos ezekre az időpontokra a honlapon nem találtam videót. A formátuma .webm, a videók átkonvertálására volt szükség. A vizsgált időtartam alatt a Duna vízállása 102-94-75-94-99-101 cm időrendi sorrendben, a jégzajlás 8-án 80%, 11-én: 70% és 12-én 40% a rendelkezésre álló adatok szerint.

A prédikálószték ÉNY oldaláról kiváló a rálátás a nagymarosi Dunakanyarra, így jól használható videofelvételek álltak rendelkezésemre a vizsgálatához. A felhasznált 1700-1701 fkm szakasról január 7-től 12-ig találtam teljes videó sorozatot. A hydroinfo oldaláról leolvasott dunai vízállás méretek időrendi sorrendben: 0-1-(-6) -(-19) -(-4) -4 cm és a jégzajlás 8-án 50%-os 9-én 60%-os. A felhasznált videók formátuma szintén .webm, így konvertálás itt is szükséges. A konvertálást egy internetről letöltött ingyenes szoftverrel végeztem el, majd a továbbiakban .mp4 formátummal dolgoztam.

A vizsgált Duna szelvényeket az alábbi térképen tüntettem fel:



5.1 A vizsgált Duna szelvények térképe





## **5.1 A különböző helyszíneken kapott eredmények táblázatos bemutatása**

A fentebb említett 3 helyen lefolytatott vizsgálatban először táblázatos formátumban gyűjtöttem össze az eredményeket. A táblázat napi elosztásban 7:30-tól kezdődik, ennél korábbi képeket nem érdemes vizsgálni a fényviszonyok olyan szintű nem megfelelése miatt. A jégfedettség értékek becslését a videók alapján két óránként elvégeztem egészen 15:30-ig innentől a napfény hiánya miatt nem kapunk releváns eredményt. A táblázat továbbá tartalmazza a videofelvételen megjelenő jég minőségét, a másfél óránként tapasztalt változást, esetleges rendkívüli körülményeket, a használt paramétereket és a kapott jégfedettség százalékot.

A Művészetek palotája tetőjéről kapott videó eredménytáblázata

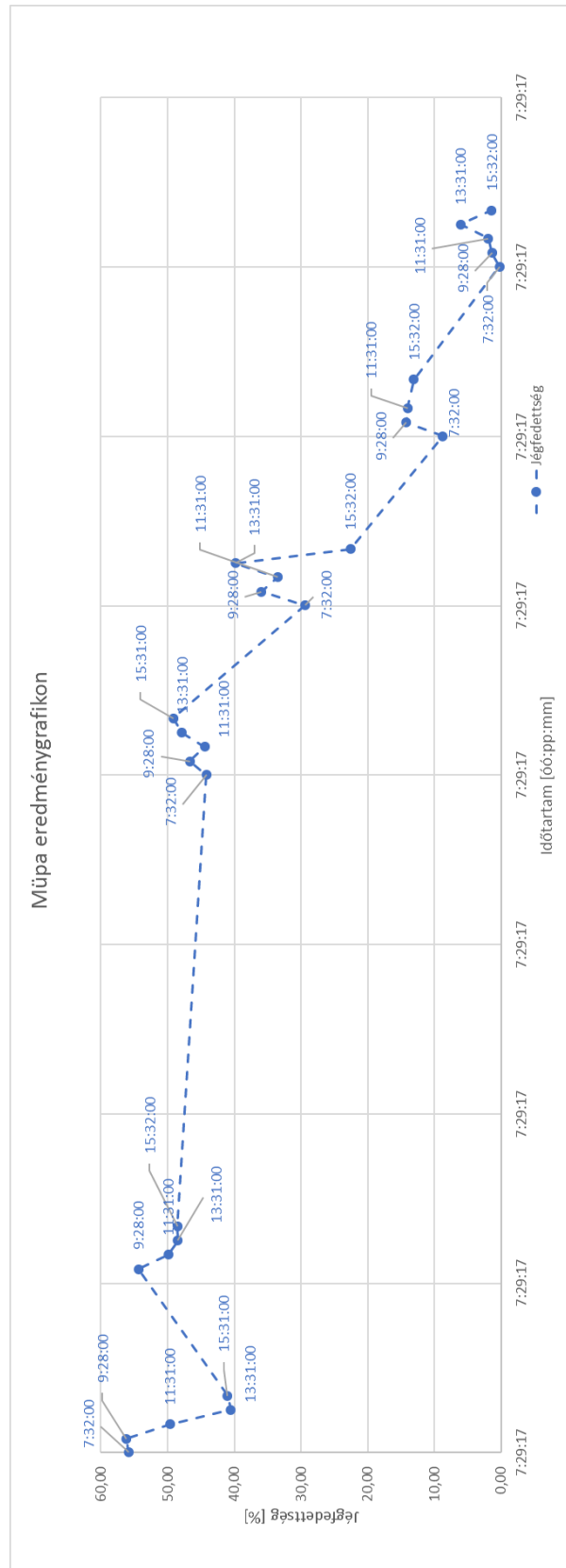


Müpa dx=0,50					
nap	időpont	jég viselkedés	jelenség	gamma [-]	jégfedettség [%]
20170107	7:32:00	apró morzsalék jegek úsznak	a vízfelszín sötét, nincs napkelte	4,50	55,88
	9:28:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	0,75	56,16
	11:31:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	0,25	49,66
	13:31:00	apró jégtáblák	a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	1,00	40,54
	15:31:00		naplemente, a vízfelszín nehezen kivehető, csillog	3,75	41,05
20170108	7:32:00	a jég nagy táblákban úszik	a vízfelszín sötét, nincs napkelte, párafelhő	-	-
	9:28:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	1,00	54,37
	11:31:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	1,50	49,90
	13:31:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	2,50	48,47
	15:32:00		naplemente, a vízfelszín nehezen kivehető, csillog	4,25	48,54
20170111	7:32:00	a jég nagy táblákban úszik	a vízfelszín fénylik, nincs napkelte	4,25	44,18
	9:28:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	1,25	46,67
	11:31:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	1,25	44,41
	13:31:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	1,25	47,86
	15:31:00	latyakos, nagytáblás jég	naplemente, a vízfelszín nehezen kivehető, csillog	4,50	49,19



Müpa dx=0,50					
nap	időpont	jég viselkedés	jelenség	gamma [-]	jégfedettség [%]
20170112	7:32:00	a jég nagy táblákban úszik, havas	a vízfelszín sötét, nincs napkelte, havas a táj	1,25	29,39
	9:28:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	0,75	35,92
	11:31:00		nincs árnyék, sötét kép	0,25	33,52
	13:31:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	0,75	39,83
	15:32:00		naplemente, a vízfelszín nehezen kivehető, csillog, a hó segít a megkülönböztetésben	1,25	22,61
20170113	7:32:00	pár nagy jégtábla több kisebb jég, kevés, havas, borult idő, kevés napfény	a vízfelszín fénylik, nincs napkelte,	3,25	8,73
	9:28:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék, sötét kép	2,75	14,19
	11:31:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	4,00	14,04
	13:31:00		köd, csak a terület levágásával nyerünk jó eredményt	-	-
	15:32:00		sötét kép, kevésbé ködös	2,75	13,07
20170114	7:32:00	kevés, latyakos jég	a vízfelszín sötét, nincs napkelte, rossz minőség	1,25	0,24
	9:28:00		nincs árnyék, sötét kép	1,00	1,34
	11:31:00		nincs árnyék, sötét kép	1,50	1,90
	13:31:00		sötét kép, enyhén zavaros	1,75	6,05
	15:32:00		sötét kép, kevésbé ködös	1,75	1,41

5.1.1 Müpa eredménytáblázat



5.1.2 A Műpa webkamera videóból számított jégfedettségek értékek a jégzajlás időszaka alatt.



A kontraszttényezők változatosságát leginkább a fényviszonyok változásával tudjuk megmagyarázni. A reggeli és délutáni órákban a vízfelszínről visszaverődő napfény a kapott képünket zajossá változtatja, ennek kiküszöbölésére nagyobb gamma értékeket használtam, de volt olyan eset, ahol annyira kedvezőtlen volt az adott időpontban a fény, hogy használhatatlanná vált a jégfedettség meghatározásához a kép. A grafikonon jól látszik, hogyan csökkent a Duna jégfedettsége és a jégzajlás folyamatos csillapodása. Az ingadozások a jégfedettségben a szelvény láthatóságából ered, illetve a vizsgált szelvénybe beúszó egy-egy nagyobb jégtábla megjelenése. Mivel sok százalékos jégfedettség értéket tudtam kinyerni a videókból, így a tendencia jól felfedezhető a jégfedettség csökkenésében.

#### Prédikálószéki vizsgálatokból kapott eredménytáblázat és eredménygrafikon

A Prédikálószéki vizsgálatokból nyert táblázat igazán érdekes eredményeket mutat. A változatos gamma értékek a domborzati viszonyoknak köszönhető, a nap mozgása a környező dombok árnyékát a vízfelszínre vetíti, így befolyásolva a kapott jégfedettség értékeket. Ennek oka a kevés kinyert százalékos eredmény.

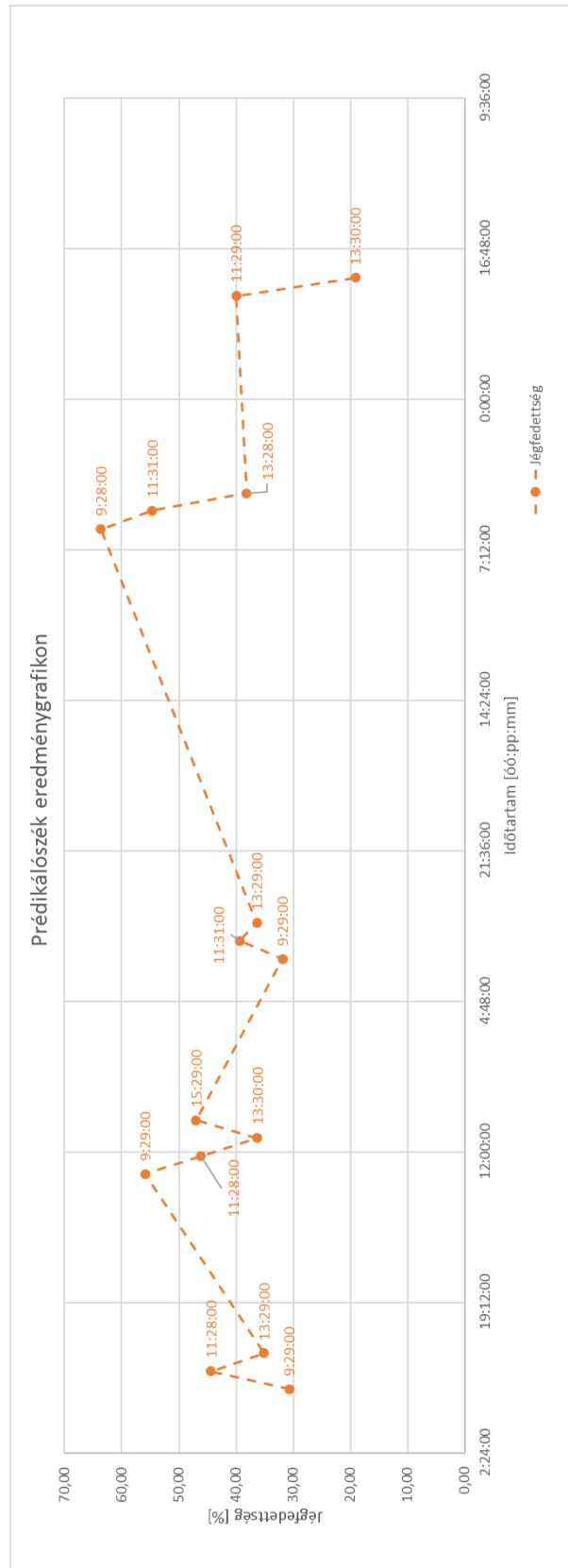


Prédikkálószerk dx=0,50					
nap	időpont	jég viselkedés	jelenség	gamma [-]	jégfedettség [%]
20170107	7:29:00	apró morzsalék jegek úsznak	a vízfelszín fénylik, nincs napkelte	-	-
	9:29:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	4,00	30,69
	11:28:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	0,75	44,42
	13:29:00	apró jégtáblák	a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	1,25	35,13
	15:30:00		naplemente, a vízfelszín nehezen kivehető, csillog	-	-
20170108	7:30:00 (nincs jó adat)	a jég nagy táblákban úszik	a vízfelszín sötét, nincs napkelte, párafelhő	-	-
	9:29:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	3,75	55,93
	11:28:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	1,25	46,17
	13:30:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	1,75	36,32
	15:29:00		naplemente, a vízfelszín nehezen kivehető, csillog, árnyék, le kell vágni a területet+ belógó fák	1,50	47,03
20170109	7:32:00	a jég nagy táblákban úszik	a vízfelszín fénylik, nincs napkelte	-	-
	9:29:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	3,50	31,88
	11:31:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	0,75	39,41
	13:29:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	2,00	36,33
	15:29:00	latyakos, nagytáblás jég	naplemente, a vízfelszín nehezen kivehető, csillog	-	-



Prédikálószerk dx=0,50					
nap	időpont	jég viselkedés	jelenség	gamma [-]	jégfedettség [%]
20170110	7:32:00	a jég nagy táblákban úszik,	köd borítja a völgyet, nincs rálátás a Dunára	-	-
	9:28:00		ködös, felhős táj, nincs rálátás a Dunára	-	-
	11:28:00		homályos, napfényes, enyhén ködös	-	-
	13:29:00		kevésbé homályos, de felhők árnyéka megjelenik	-	-
	15:32:00		naplemente, a vízfelszín nehezen kivehető, csillog, a hó segít a megkülönböztetésben	-	-
20170111	7:32:00	nagy jégtáblák	a vízfelszín fénylik, nincs napkelte,	-	-
	9:28:00		a vízfelszín jól kivehető, enyhén fénylik, rontja a képet	4,50	63,68
	11:31:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	2,75	54,67
	13:28:00		a vízfelszín jól kivehető, nincs árnyék	2,75	38,17
	15:32:00		sötét kép, kevésbé ködös	-	-
20170112	7:32:00	közepes jégtáblák	köd borítja a völgyet, nincs rálátás a Dunára	-	-
	9:28:00		ködös, felhős táj, nincs rálátás a Dunára	-	-
	11:29:00		enyhén ködös táj	4,75	39,95
	13:30:00		jó látási viszonyok, enyhén homályos	4,00	19,09
	15:28:00	apró jégtáblák	jó látási viszonyok, napfénytől enyhén csillog, nincs jó érték	-	-

5.1.3 Prédikálószerk eredménytáblázat



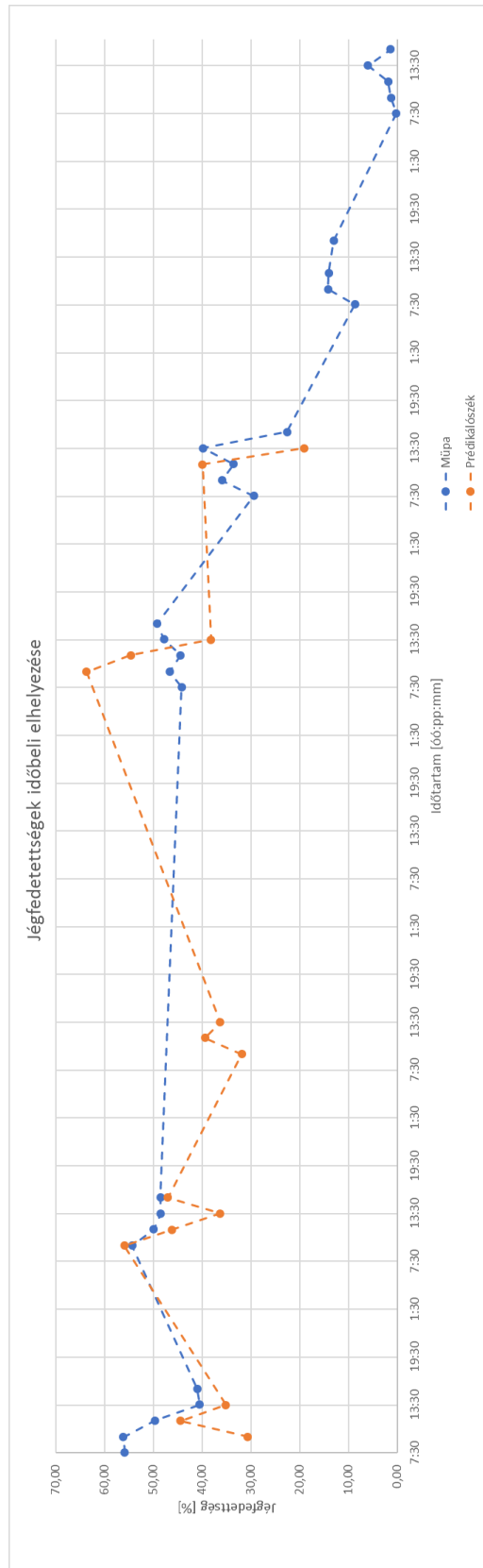
5.1.4 A Prédikálószték webkamera videóból számított jégfedettségek értéke a jégzajlás időszaka alatt.





## 5.2 A kapott eredmények időbeli elhelyezése

Az alábbi grafikonon kapott eredményeket elhelyezzük időben, így állapítjuk meg a két állomásra jellemző jégfedettségét.



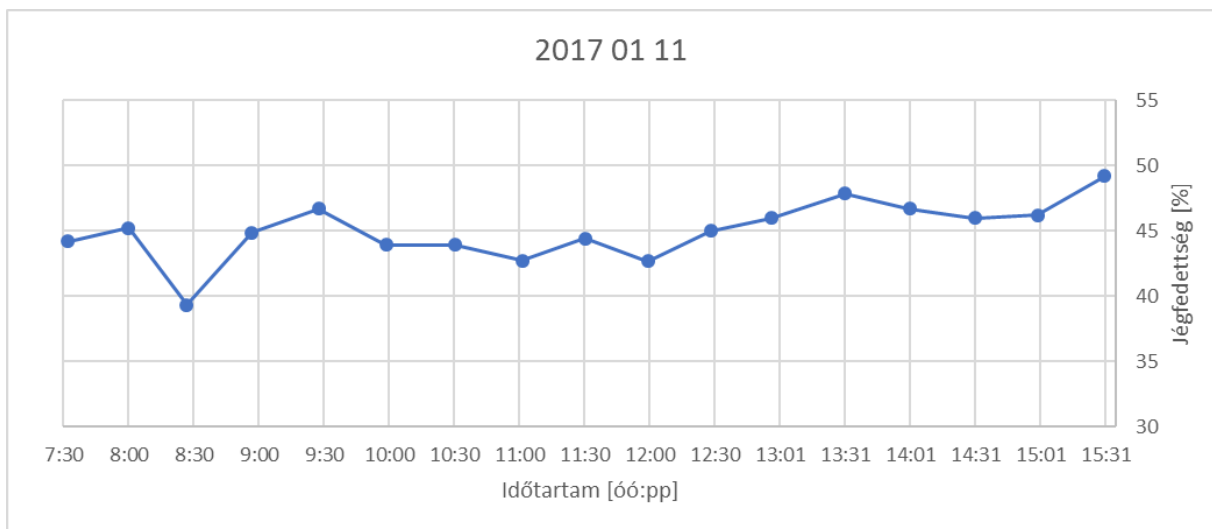
5.2.1 Jégfedettség idősorok a két vizsgált állomásra.



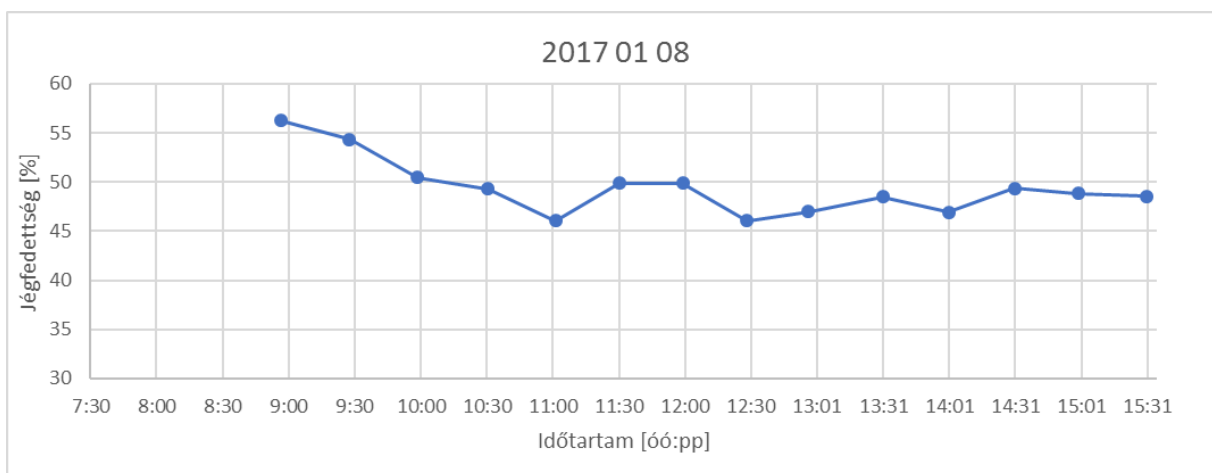
Megállapíthatjuk, hogy a két helyszín jégfedettség idősorai között kismértékű hasonlóság fedezhető csak fel. Az egy napon belüli változások a Prédikálószerk felvételek alapján dinamikusabb jégfedettség viselkedést mutat, mint a budapesti szakaszon.

### 5.3 A napon belüli jégfedettség változás

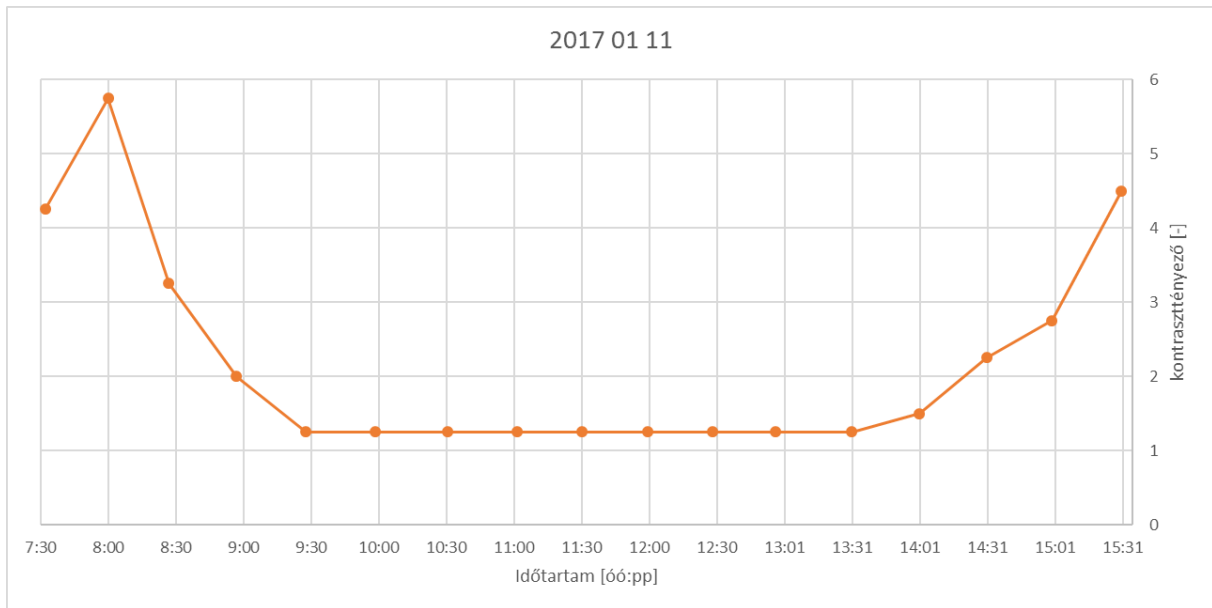
Érdeemes megvizsgálni az egy keresztmetszeten vizsgált egy napon belüli jégfedettség változást. Az egy napon belüli vizsgálat fontos adatokat határozhat meg a jég esetleges napközbeni olvadásával kapcsolatban, vagy a felhasznált kontraszt paraméterek egy napon belüli eloszlásával. A vizsgálatot a Múpa ismert keresztmetszetében végeztem el, január 11-i és január 8-i képsorozatokra. A jégfedettséget és a legmegfelelőbb gamma értékeket fél órás időlépésekkel vizsgáltam. A kapott eredményekről az alábbi két grafikon szolgál információval:



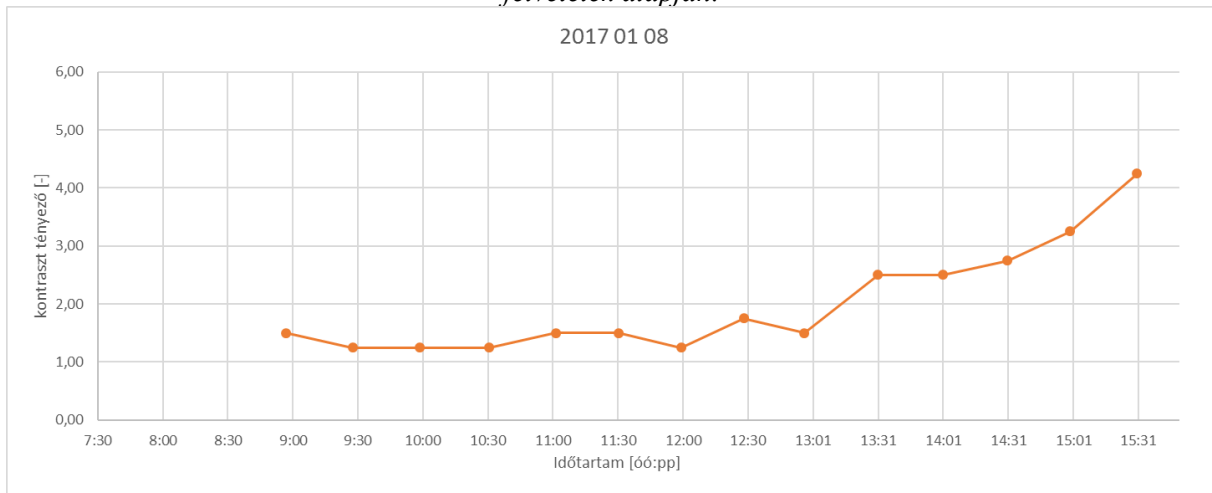
5.3.1 Egy napon belüli jégfedettség érték változások (2017.01.11) a Múpa webkamera felvételek alapján.



5.3.2 Egy napon belüli jégfedettség érték változások (2017.01.08) a Múpa webkamera felvételek alapján.



5.3.3 Egy napon belüli képeknél alkalmazott gamma értékek (2017.01.11) a Müpa webkamera felvételek alapján.



5.3.4 Egy napon belüli képeknél alkalmazott gamma értékek (2017.01.08) a Müpa webkamera felvételek alapján

A jégfedettség eltérések mind a két esetben 10%-on belül mozognak, így a módszerünk pontosnak nevezhető. Mindkettő vizsgálaton a reggeli órákban nagyobb százaléértéket kaptunk, így látható, hogy a nap folyamán a jégfedettség csökkenő tendenciát mutat, a nagyobb változásokat a vizsgált keresztmetszetbe beúszó nagyobb jégtáblákból származtatjuk. A gamma grafikonokat vizsgálva észrevehetjük, hogy 9 és 13 óra között közel azonos paraméter használhatunk, 13 óra után folyamatosan emeljük a kontraszt mértékét, így a nap mozgása megfigyelhető a gamma értékeken is. A vizsgált terep sík, egyedül az épületek árnyékai befolyásolják a kapott eredményt a reggeli órákban, ezeknek az árnyékoknak és a napfelkelte hatásának kiküszöbölésére alkalmazunk nagy gamma értékeket, mint ahogy látszódik a grafikonon is. Utóbbi eredmény különösen fontos az eljárás automatizálhatóságának tekintetében. Ha a jövőben, további hasonló vizsgálatokon keresztül igazolható, hogy a – fentiekben bemutatott módon a végeredményre érzékeny – kontrasztbeállítás megfelelő értékei a napszakhoz igazíthatók, akkor annak automatikus megválasztása megvalósítható lesz.



## 5.4 Órán belüli jégfedettség változás

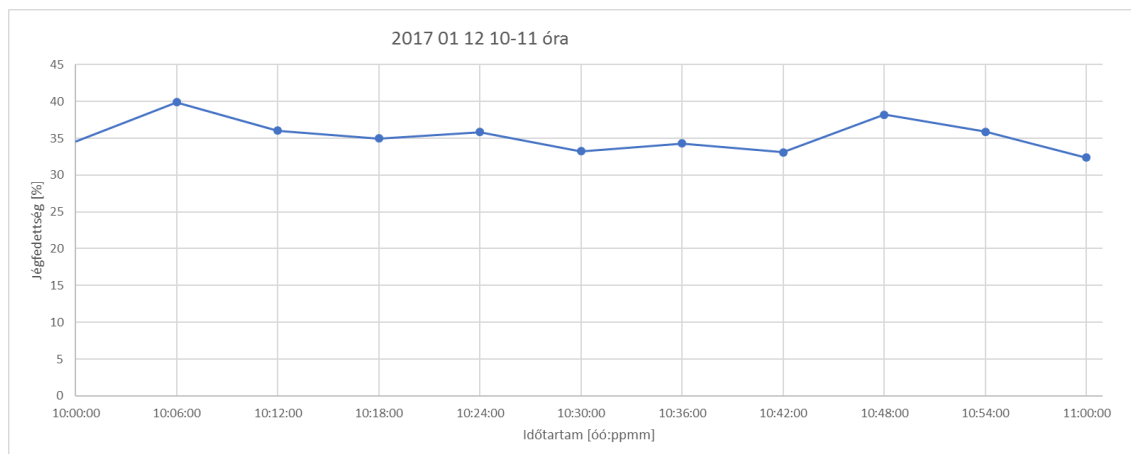
A kontraszt tényező és a módszerünk pontossága szempontjából érdemes megvizsgálni az órán belüli jégfedettség változást. A keresztmetszet az órán belüli vizsgálatban a Műpa területe, a vizsgált időpont 2017. január 12. 10:00 és 11:00 óra között, a havas jégtáblák könnyű megkülönböztethetősége miatt. A méréseket 6 percenként végeztem el, azaz a videóból 24 képkockaként kivágtam egy képet. A kapott eredményeket az alábbi táblázat tartalmazza:

nap		2017 01 12											
időpont		10:00:00	10:06:00	10:12:00	10:18:00	10:24:00	10:30:00	10:36	10:42	10:48	10:54	11:00	
		a jég nagy táblákban úszik, havas											
jelenség		a vízfelszín jól látható, havas jégtáblák	a vízfelszín jól látható, havas jégtáblák enyhén világosabb	a vízfelszín jól látható, havas jégtáblák	a vízfelszín jól látható, havas jégtáblák	a vízfelszín jól látható, havas jégtáblák	a vízfelszín jól látható, havas jégtáblák	a vízfelszín jól látható, havas jégtáblák	a vízfelszín jól látható, havas jégtáblák	a vízfelszín jól látható, havas jégtáblák	a vízfelszín jól látható, havas jégtáblák	a vízfelszín jól látható, havas jégtáblák	a vízfelszín jól látható, havas jégtáblák
gamma [-]		0,75	2,75	1,00	0,75	0,75	0,75	1,25	1,00	0,25	0,75	0,75	
jégfedettség [%]		34,56	39,88	36,02	34,97	35,85	33,22	34,32	33,10	38,20	35,87	32,39	
gamma [-]			0,75	0,75				0,75	0,75	0,75			
jégfedettség [%]			71,84	41,43				38,71	46,22	26,21			

5.4.1 Műpa 1 órás vizsgálat táblázat



Az ebből származtatott időtartam-jégfedettség grafikon:



5.4.2 Műpa 1 órás vizsgálat grafikon

Ettől a méréstől olyan eredményt vártunk, ahol a gammák értékei 6 percenként megegyeznek, mivel nem nagy időintervallumról beszélünk, ezért fontosnak tartom feltüntetni a helytelenül kapott eredményeket a táblázatban. A kivágott képek közötti különbség egy nagyon enyhe színkülönbség volt, némelyik kép világosabbnak látszott a többitől. Ez a jelenség a gamma értékeken viszont meglepően kiütözik. Átlagosan megfelel a 0,75-ös kontraszt paraméter alkalmazása. Ebből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy sok adatot érdemes vizsgálni, így az egy-egy rosszabb minőségben készült kép vagy videó által okozott változás könnyen észrevehető és kiküszöbölhető. Az órán belüli jégfedettség változás 7% között mozog, eltekintve a fentebb említett hibásan mért eredményektől a különbség csupán 4-3 %. Megállapíthatjuk, hogy a jégviszonyok egy órán belül nagy változást nem mutatnak a jégfedettség állapota közel konstans, annak ellenében is, hogy a Műpa keresztmetszetét nem befolyásolja parti jégtorlódás, a jégtáblák szabad mozgása biztosított.

## 6. A kapott eredmények kiértékelése

Az elvégzett számításokból sok információ levonható a MATLAB környezetben alkalmazható program jégfedettség meghatározásával kapcsolatban. A kapott eredmények a várt értékeknek megfelelnek, a rövid időn belül végzett mérések egymáshoz illeszkednek. Megállapítható az érzékenység vizsgálatból, hogy a legfontosabb tényező a vizsgálat szempontjából a gamma kontraszt tényező mérete. A rosszul felvett paramétereket sok adat vizsgálatával tudjuk kimutatni és így kiszűrni. Fontos megemlíteni, hogy a program nem minden videótípust tud kezelni, ezeket .mov vagy .mp4 formátumúra kell konvertálni.

Sok bemeneti adat problémája a torzulás. A közel vízszintes szögben készült felvételen nem alkalmazható eredményesen az ortorektifikáció, a kapott kép a szélek felé haladva nagy torzulást mutat. Ugyanígy nem alkalmazható a rossz minőségű kamerával készült felvétel sem a vizsgálatunkhoz, a kapott ortognális képen a program nem tudja megkülönböztetni a víz pixeleket a jéghez rendelt pixelektől.

Általánosságban megállapítható a jégjárásról, hogy a vizsgált Észak-magyarországi területeken a jégfedettség Budapest területén volt a legnagyobb, 60-80 % között mozgó értékeket kaptunk a számításunk során. A prédikálószeiki keresztmetszetben kapott százalékok szórása a gyors vízmozgáshoz köthető, illetve a szelvényre rávetülő árnyékok és napfény hatásából eredő nem megfelelő gamma választás. Mivel a vizsgált terület igen összetett, a számítás időigényesége igen magas volt a prédikálószeiki területen.



A változatos kontraszt paraméterek között felfedezhetünk egy tendenciát, amely a megfelelő érték kiválasztásához a további számításoknál megkönnyítette a számítást. A tapasztalat alapján érdemes negyedenként megadni a gamma értéket, ennél kisebb közzel felvett gamma értékek nem adnak olyan nagy különbségű bináris képeket és a számítás időigényét növeli.

Ajánlott gamma értékek a tapasztalat alapján:

- napfény által befolyásolt kép: 2,00-tól 5,00 tényező
- sötét, enyhén homályos kép: 2,50- 3,75 tényező
- jól látható, világos kép: 0,25-1,00 tényező
- jól látható, sötét kép: 1,00- 2,50 tényező
- árnyék által befolyásolt kép: 2,00-3,50 tényező

A kontraszt tényezőket ezen intervallumokon belül általánosítottam, és a számításokhoz ezek figyelembe vételével alkalmaztam.

## 7. Összefoglalás, következtetések

Utolsó vizsgálatként szeretném bemutatni egy igen érdekes szelvényben számított jégfedettségvizsgálatot. A fentebb is már említésre került GoPro készülékkel kapott felvételek a Duna azon budapesti szakaszát ábrázolja, ahol a jég a part közelében kisodródott és megragadt, így a szűkült keresztmetszetben a jégtáblák összezsúfolódása nagyobb jégszázalékot eredményeznek. A vizsgálat eredményeit az alábbi táblázat tartalmazza:

gopro dx=0,50						
nap	20170110			20170111	20170112	
időpont	7:35:00	9:23:00	16:15:00	10:11:00	12:23:00	12:42:00
helyszín	Lánchíd	Erzsébet híd	Erzsébet híd	Erzsébet híd	Szabadság híd	Szabadság híd
jég viselkedés	nagy jégtáblák			nagy jégtáblák	nagy jégtáblák	
jelenség	vízfelszín sötét, nincs napkelte,	vízfelszín jól kivehető, pár faág zavaró	vízfelszín jól kivehető, épületek árnyéka befolyásol	a vízfelszín jól kivehető, pár faág belóg, nem befolyásol, beállt Duna	napos idő, a vízfelszín jól kivehető	a vízfelszín enyhén fénylik, kicsi szelvény
gamma [-]	-	1	-	1,5	4,25	1,5
jégfedettség [%]	-	88,57	-	83,55	63,48	64,99

7.1 Gopro eredménytáblázat

Jól látható, hogy a keresztmetszetben igen jelentős jégfedettség értékeket kaptunk. Összehasonlítva a január 11-én vizsgált Művészetek Palotája és a Szabadság híd előtt végzett számításokat a különbség közel 20 százalék. Ebből kiderül, hogy a vizsgált keresztmetszeleny elhelyezkedése is nagyon befolyásolja a kapott jégszázalékokat, így érdemes a további alkalmazásnál az ilyen veszélyes helyeket is vizsgálni, mivel ezekben a keresztmetszetekben a legnagyobb a jégdugók kialakulásának lehetősége.

A dolgozatom fő célja a MATLAB környezetbe beillesztett algoritmus felhasználása és kiértékelése jégfedettség szempontjából a Duna különböző folyamkilométereire változatos időpontokban. Az ismert pontok meghatározása után a program a megadott képet ortorektifikálta, 2D koordinátarendszerbe helyezte, majd további feldolgozás során a képen kijelölt tartományon a



jégfedettség víz-jég részecske arányában meghatároztuk. A vizsgált nagymarosi és két bupapesti keresztmetszet különböző kihívások elé állította a tanszéken készült programot, így különböző környezetre tudtam megvizsgálni a program relevanciáját. A kapott eredményekből megállapítható, hogy a megfelelő gamma tényező meghatározása játssza a kulcsszerepet a program számításában.

1. A legfontosabb tényező a felhasznált felvételek megfelelő minőségének biztosítása. Ezt a part közeli magaspontra kitelepített magas képfelbontású kamerával érhetjük el. Ahhoz, hogy megfelelő jégfedettség adatokat tudjunk kinyerni a Duna magyarországi szakaszán, tovább gondolva az összes olyan folyóvízre, amelyek a téli időszakban jégzajlásnak vannak kitéve, legalább 50 folyamkilométerenként szükség lenne egy-egy ilyen megfigyelőpontra. Ezek birtokában és a program további fejlesztésével egy teljeskörű megfigyelést tudnánk biztosítani folyóvizeinken, amely pontos éves adatokat biztosítana. A dolgozatomhoz rendelkezésre állt még paksi, illetve mohácsi felvétel is, de a fentebb is felsorolásra került hibák miatt nem tudtam alkalmazni a dolgozatban, így nem sikerült a jégborítottságot a magyarországi Duna szakaszon vizsgálnom.

Az alábbiakban további fejlesztésére szeretnék ajánlásokat tenni:

2. A program időigényességén egy optimalizált számítási menet kifejlesztését javaslom, így több adat bevitele valósulhatna meg ugyanazon időtartam alatt.
3. A gamma tényezőre való érzékenység javítására további képminőség javító algoritmusok beépítése javasolt, például az úgy nevezett „salt and pepper noise” eltávolításának alkalmazása. Ez a bizonyos zavar a képek szemcsésségét foglalja magába, eltávolításának programja könnyen beépíthető a Matlab környezetébe.

A dolgozatom egyik fontosabb témája a program valós környezetben való alkalmazásának vizsgálata. A vizsgálatból kiderül, hogy a program félig automatizálható, a felvétel személyes vizsgálatával csak a gamma és dx paramétereket, illetve a referencia pontokat és a vizsgálandó tartományt kell a programnak biztosítani. Ha optimalizáljuk a program erőforrás igényét, illetve beépítünk további zajszűrő algoritmusokat az adatok vizsgálata gyors és egyszerű folyamattá redukálódik.

Az ebből kapott eredmények továbbá felhasználhatóak különböző jégmodellezési programok lefuttatásához, meghatározva a jég viselkedését, ezzel is csökkentve a jégzajlás okozta természet károkat, illetve előrejelzések és statisztikák készítéséhez is megfelelő adatokat biztosíthat a későbbiekben.



## **8. Köszönetnyilvánítás**

Köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Baranya Sándornak, aki témavezetőmként segített a dolgozatom kivitelezésében és folyamatosan jó tanácsokkal látott el a témával és a különböző vizsgálatokkal kapcsolatban.

Továbbá szeretném megköszönni Fleit Gábornak a program megírását kifejezett a dolgozat miatt, a folyamatos fejlesztést, illetve a vizsgálatok közben felmerült problémák megoldásában való önzetlen segítséget.





## 9. Irodalomjegyzék

1. Daigle, A., Bérubé. F., Bergeron. N., Matte. P. (2013) A methodology based on Particle image velocimetry for river ice velocity measurement. *Cold Regions Science and Technology* 89 36-47
2. Timalisina, N. P., Charmasson, J., Alfredsen, K. T. (2013) Simulation of the ice regime in a Norwegian regulated river. *Cold Regions Science and Technology* 94 61-73
3. Kraatz, S., Khanbilvardi R., Romanov P. (2016) River ice monitoring with MODIS: Application over Lower Susquehanna river. *Cold Regions Science and Technology* 131 116-128
4. Ansari, S., Rennie, C. D., Seidou, O., Malenchak, J., Zare, S. G. (2017) Automated monitoring of river ice processes using shore-based imagery. *Cold Regions Science and Technology* 142 1-16
5. Turcotte, B., Morse, B. (2013) A global river ice classification model. *Journal of Hydrology* 507 134-148
6. Chu, T., Lindenschmidt, K. E. (2016) Integration of space-borne and air-borne data in monitoring river ice processes in the Slave river, Canada. *Remote Sensing of Environment* 181 65-81
7. Zang, F., Mosaffa, M., Chu, T., Lindenschmidt, K. E. (2017) Using Remote Sensing Data to Parameterize Ice Jam Modeling for a Northern Inland Delta. *Water* 2017,9,306
8. Lindenschmidt, K. E. (2017) RIVICE- A Non-Proprietary, Open-Source, One-Dimensional River-Ice Model. *Water* 2017,09,314
9. Turcotte, B., Alfredsen, K., Beltaos, S., Burrell, B. C. (2017) Ice-Related Floods and Flood Delineation along Streams and Small Rivers. 19th Workshop on the Hydraulics of Ice Covered Rivers, Conference Paper <https://www.researchgate.net/publication/318432068>
10. Keve, G. (2016) Space-Time Ice Monitoring of the Hungarian Lower-Danube. *Peridocia Polytechnica Civil Engineering* 2017 61(1) 27-38