

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Geodezija,
smer Geodezija

Kandidatka:

Urška Krajnc

Hidrografske meritve in 3D modeliranje rečnega korita s programsko opremo Hypack

Diplomska naloga št.: 673

Mentor:
doc. dr. Aleš Breznikar

Ljubljana, 12. 4. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **URŠKA KRAJNC** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
**MERJENJE IN MODELIRANJE 3D PRIKAZA REČNEGA KORITA S
PROGRAMSKO OPREMO HYPACK.**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Maribor, 22.3.2006

Podpis: _____

MERJENJE IN MODELIRANJE 3D PRIKAZA REČNEGA KORITA S PROGRAMSKO OPREMO HYPACK

UDK: 004.42:528.48:556.53(043.2)

Avtor: Urška Krajnc

Mentor: doc. dr. Aleš Breznikar.

Obseg in oprema: 84 str., 71 sl., 38 pregl., 1 graf., 23 en., 45 pril.

Ključne besede: globinomer, Sweep sistem, digitalni kompas, GPS, Hypack Max.

POVZETEK

V diplomski nalogi je predstavljena izvedba geodetskih meritev na reki Dravi (bazen Zlatoličje). Opisano je delovanje in značilnosti vseh uporabljenih inštrumentov ter metoda meritev. Končni rezultat meritev je dobljen na podlagi meritev GPS-a, globinomera in kompasa, ki jih avtomatsko nadzoruje Hypack.

V praktičnem delu je predstavljena programska oprema Hypack Max. Povzete so potrebne nastavitve v programu. Skozi program so predstavljene vse faze geodetskih del. Na koncu je prikazan izmerjen relief rečnega korita.

HYDROGRAPHIC SURVEYING AND 3D MODELLING OF RIVER BED WITH HYPACK

UDK: 004.42:528.48:556.53(043.2)

Author: Urška Krajnc

Supervisor: Assist. Prof. Aleš Breznikar.

Notes: 84 p., 71 fig., 38 tab., 1 graph., 23 eq., 45 ann.

Key words: Echo sounder, Sweep System, Digital Compass, GPS, Hypack Max.

ABSTRACT

In thesis Hydrographic surveying on river Drava is presented. Functions and characteristics of used instruments along with working methods are described. The final results are obtained from GPS, Echo sounder and Compass measurements.

The practical part of the thesis is mainly focused on Hypack Max software. Necessary settings in program are summarized. All geodetic steps through software are presented and at the end the relief of the river bed is displayed.

ZAHVALA

Za pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc.dr.Alešu Breznikarju in Iztoku Slatinšku.

Posebno se zahvaljujem staršema, ki sta mi omogočila študij; Andreju, ki me je spodbujal; Mateju, ki je verjel vame; ter vsem prijateljem, ki so me poslušali.

Zahvaljujem se tudi podjetjema Hypack, Int. za program in HE Maribor d.o.o. za podatke.

Kazalo

1	UVOD	1
2	PREGLED SKOZI ČAS	3
2.1	METODE MERJENJA GLOBIN	3
2.1.1	DIREKTNE METODE	3
2.1.2	INDIREKTNE METODE	4
2.2	METODE MERJENJA POLOŽAJA	5
2.2.1	NEKOČ	5
2.2.2	DANES	7
3	SWEEP SISTEM	8
3.1	ZGRADBA	8
3.2	RESOLUCIJA GLOBINOMERA	10
3.3	ŠIRINA SNOPA GLOBINOMERA	12
3.4	SISTEMI ZA MERJENJE GLOBIN	15
3.5	RAZMIK MED SONdami	16
3.6	FREKVENCA SIGNALA	17
3.7	POPRAVKI	18
3.7.1	KALIBRACIJA HITROSTI ZVOKA	18
3.7.2	NESTABILNOST ČOLNA	22
3.7.3	ČASOVNO USKLAJEVANJE IN ČASOVNI ZAMIK	23
3.8	GLOBINOMER – ROSS SMARTSWEEP 875 – 4	24
3.8.1	TEHNIČNI PODATKI	27
4	HONEYWELL DIGITALNI KOMPAS	28
4.1	OSNOVNE SESTAVINE ELEKTRONKEGA KOMPASA	28
4.2	MR (MAGNETORESISTIVE) SENZOR	29
4.3	IZRAČUN AZIMUTA	30
4.4	KALIBRACIJA DIGITALNEGA KOMPASA	32

4.5	LOKACIJA NAMESTITVE DIGITALNEGA KOMPASA	34
4.6	DIGITALNI KOMPAS HMR 3000	35
4.6.1	TEHNIČNI PODATKI	36
5	<u>DOLOČANJE POLOŽAJA Z GPS-OM</u>	37
5.1	RTK (REAL TIME KINEMATIC) METODA IZMERE	38
5.2	OMREŽJE PERMANENTNIH POSTAJ (PP)	39
5.3	DOP FAKTOR	40
5.4	GPS LEICA 1200	41
5.4.1	LOKALNI KOORDINATNI SISTEM NA ČOLNU	42
5.4.2	IZRAČUN POLOŽAJA	42
5.4.3	OCENA NATANČNOSTI MERITEV	44
5.4.3.1	Horizontalna natančnost	45
5.4.3.2	Vertikalna natančnost	52
5.4.3.3	Skupna natančnost	54
5.4.4	TEHNIČNI PODATKI	55
6	<u>BOČNI (SIDESCAN) SONAR – TOWFISH</u>	56
7	<u>ČOLN LABIN 500</u>	59
7.1	TEHNIČNI PODATKI	60
8	<u>PROGRAMSKA OPREMA HYPACK MAX / HYSWEEP</u>	61
8.1	FAZE GEODETSKIH DEL	61
8.2	PRIPRAVA – PLANIRANJE	62
8.2.1	KREIRANJE PROJEKTA V PROGRAMSKEM PAKETU HYPACK	64
8.2.2	DOLOČITEV GEODETSKIH PARAMETROV (GEODETIC PARAMETERS)	65
8.2.3	DOLOČITEV OPREME (HARDWARE)	67
8.2.3.1	Nastavitve za GPS	69
8.2.3.2	Nastavitve za globinomer – Ross SmartSweep	70
8.2.3.3	Nastavitve za Honeywell digitalni kompas	71
8.2.4	MATRIKA OBMOČJA SNEMANJA	71

8.2.5	DOVOLJENJE	73
8.3	MERITVE	74
8.3.1	OBLIKA	74
8.3.2	MERITVE	76
8.4	OBDELAVA	78
8.4.1	DATOTEKA PLIMOVANJA	78
8.4.2	PRVA FAZA	80
8.4.3	DRUGA FAZA	82
8.4.4	TRETJA FAZA	82
8.4.5	KONČNA OBLIKA	83
9	ZAKLJUČEK	84
<hr/>		
VIRI		85
<hr/>		
UPORABLJENI VIRI		85
OSTALI VIRI		86

Slike

Slika 1. Ultrazvočni globinomer	8
Slika 2. Vertikalna in horizontalna resolucija	10
Slika 3. Vertikalno razločevanje globinomera	11
Slika 4. Geometrijske konfiguracije dna in njihovi ehogrami	12
Slika 5. Efekti, ki nastanejo zaradi nagibov	12
Slika 6. Efekt nevertikalnih signalov pri različnih širinah snopa	13
Slika 7. Široko in ozko snopi globinomer	13
Slika 8. Snop pri krožni sondi	14
Slika 9. Smeri jakosti signala sonde -3dB	14
Slika 10. Multibeam sistem	15
Slika 11. Sweep sistem	15
Slika 12. Razmik med sondami določa pokritost na izbrani globini	16
Slika 13. Prvi korak – kovinska plošča 2m pod sondo	19
Slika 14. Drugi korak – kovinska plošča 20m (oz. zelena globina) pod sondo	19
Slika 15. Vertikalni signal pri Sweep sistemu	21
Slika 16. Nevertikalni signal pri Multibeam sistemu	21
Slika 17. <i>Pitch</i>	22
Slika 18. <i>Roll</i>	22
Slika 19. Ross SmartSweep sistem montiran na čolnu	24
Slika 20. Fleksibilnost sistema	25
Slika 21. Vhodno izhodne enote	25
Slika 22. Ross SmartSweep 875 – 4	26
Slika 23. Zemljino magnetno polje	28
Slika 24. Komponente Zemljinega magnetnega polja	28
Slika 25. Sestava digitalnega kompasa	29
Slika 26. Princip delovanja MR senzorja	30
Slika 27. Nagibi	31
Slika 28. Zunanji vplivi na Zemljino magnetno polje	33
Slika 29. Nemotene meritve kompasa pri rotaciji za 360° v horizontalni ravnini	33
Slika 30. Motene meritve kompasa pri rotaciji za 360° v horizontalni ravnini	34
Slika 31. Popravljenе motene meritve kompasa pri rotaciji za 360° v horizontalni ravnini	34

Slika 32. Princip delovanja navideznih referenčnih postaj	40
Slika 33. Dobra geometrijska razporeditev satelitov	41
Slika 34. Slaba geometrijska razporeditev satelitov	41
Slika 35. Lokalni koordinatni sistem na čolnu Y-X ravnina (in odmiki sond)	42
Slika 36. Lokalni koordinatni sistem na čolnu Z-X ravnina	42
Slika 37. Izmera položaja z GPS	43
Slika 38. Izmera položaja z GPS ob upoštevanju višine antene	43
Slika 39. Izračun položaja sond	44
Slika 40. Izračun položaja točk na rečnem dnu	44
Slika 41. Razlika položajev izračunanih glede na upoštevanje nagiba <i>Roll</i>	46
Slika 42. Primer, ko je čoln v izhodišču koordinatnega sistema in zarotiran za α	48
Slika 43. Prikaz izračuna višine rečnega dna v ravnini Z-X lokalnega sistema	53
Slika 44. Prikaz izračuna višine rečnega dna v ravnini Z-Y lokalnega sistema	53
Slika 45. Imagenex SportScan	56
Slika 46. Potovanje zvoka	57
Slika 47. Sprememba teksture dna	57
Slika 48. Princip snemanja	57
Slika 49. Kreiranje senc	58
Slika 50. Labin 500	59
Slika 51. Delovišče – bazen Zlatoličje	63
Slika 52. Profilne linije – izsek	63
Slika 53. Začetek projekta – prazna vsebina	64
Slika 54. Določitev geodetskih parametrov – GPS	67
Slika 55. Podatki o snemanju	68
Slika 56. Povezava z računalnikom – GPS	68
Slika 57. Nastavitve za GPS	69
Slika 58. Nastavitve za Ross SmartSweep globinomer	70
Slika 59. Odmiki vseh štirih sond	70
Slika 60. Nastavitve Honeywell kompas	71
Slika 61. Primer kreiranja matrike	72
Slika 62. Primer območja ene matrike	73
Slika 63. Orodna vrstica v Survey oknu.	74
Slika 64. Survey okno – simulator	75

Slika 65. Meritve s simulatorjem	77
Slika 66. Prikaz izračuna nadmorske višine za eno sondo	79
Slika 67. Datoteka plimovanja	80
Slika 68. Nastavitev merjenih parametrov in filtrov.	81
Slika 69. Prva faza obdelave	81
Slika 70. Druga faza obdelave	82
Slika 71. Tretja faza obdelave	83

Preglednice

Preglednica 1. Razmik med sondami za primer 8° in 12° široki snop	17
Preglednica 2. Hitrost zvoka v reki	20
Preglednica 3. Tehnični podatki za Ross SmartSweep 875-4	27
Preglednica 4. Nastavitve v Hypack-u za Ross SmartSweep 875-4, povezava z računalnikom	27
Preglednica 5. Možni statusi magnetnega polja	36
Preglednica 6. Tehnični podatki HMR 3000	36
Preglednica 7. Nastavitve v Hypack-u za HMR 3000, povezava z računalnikom	36
Preglednica 8. Ocena DOP faktorjev	41
Preglednica 9. Odmiki sond	44
Preglednica 10. Računane natančnosti	45
Preglednica 11. Privzete natančnosti	45
Preglednica 12. Razlike med položaji glede na upoštevanje nagibov čolna, $\alpha = 45^\circ$	46
Preglednica 13. Razlike med položaji glede na upoštevanje nagibov čolna, $\alpha = 45^\circ$	47
Preglednica 14. Razlike med položaji glede na upoštevanje nagibov čolna, $\alpha = 45^\circ$	47
Preglednica 15. Razlike med položaji glede na upoštevanje nagibov čolna, $\alpha = 45^\circ$	47
Preglednica 16. Podatki o odmikih in njihovih natančnosti	49
Preglednica 17. Podatki o globinah in ocena njihovih natančnosti	49
Preglednica 18. Podatki o azimutu in njegovi natančnosti	49
Preglednica 19. Podatkih o nagibih in njihovih natančnosti	50
Preglednica 20. Pogrešek položaja v horizontalni ravnini v X in Y smeri, $\alpha = 45^\circ$	50
Preglednica 21. Pogrešek položaja v horizontalni ravnini, $\alpha = 45^\circ$	50
Preglednica 22. Podatki o nagibih in njihovih natančnosti	51
Preglednica 23. Pogrešek položaja v horizontalni ravnini v Y in X smeri, $\alpha = 45^\circ$, θ , $\Phi = 0^\circ$	51
Preglednica 24. Pogrešek položaja v horizontalni ravnini, $\alpha = 45^\circ$, θ , $\Phi = 0^\circ$	51
Preglednica 25. Podatki o odmikih	53
Preglednica 26. Podatki o nagibih	53
Preglednica 27. Pogreški položaja v vertikalni smeri v odvisnosti od globin, θ , $\Phi = 0^\circ$	54
Preglednica 28. Pogreški položaja v vertikalni smeri v odvisnosti od globin, θ , $\Phi = 5^\circ$	54
Preglednica 29. Natančnost položaja	55
Preglednica 30. Tehnični podatki za GPS Leica 1200	55

Preglednica 31. Nastavitve v Hypack-u za GPS Leica 1200, povezava z računalnikom	55
Preglednica 32. Tehnični podatki za Labin 500	60
Preglednica 33. Koordinate zgornjega levega vogala uporabljenih rastrskih TIF podlag	63
Preglednica 34. Besselov 1841 in WGS84 elipsoid	66
Preglednica 35. Parametri za 7-parametrično transformacijo na obravnavanem območju	66
Preglednica 36. Parametri projekcije	67
Preglednica 37. Matrike obravnavanega območja	73
Preglednica 38. Poimenovanje	80

Grafikoni

Grafikon 1. Hitrost zvoka v reki v odvisnosti od temperature vode

20

1 UVOD

Hidrografija je znanstvena veda, ki zajema meritve in opise objektov na vodi in v priobalnem pasu. Njen primarni namen je navigacija ter ostale navtične aktivnosti znotraj marine in njene obale: raziskave, varovanje okolja, spremljanje dogajanja na morju. Mednarodna hidrografska organizacija IHO (International Hydrographic Organization) skrbi za definicije hidrografskih standardov in predpisov ter teži k čim večji standardizaciji navtičnih produktov, izobraževanja in hidrografskih meritev.

Ena izmed vej geodezije je hidrografska geodezija. Ukvarja se z geodetsko izmero, obdelavo in vizualizacijo podatkov vezanih na dele Zemljine površine pokrite z vodo (oceani, morja, reke in jezera) (Pribičević, 2005). Izvajanje hidrografskih meritev je potrebno pri širokem spektru posegov v vodni prostor in spremljanju sprememb na morskem ali rečnem dnu. V splošnem se s hidrografskimi meritvami določi globina vode in hkrati položaj te točke. Bolj detajlno pa so naloge hidrografske geodezije pozicioniranje na vodi, določitev obalne linije, merjenje globin (batimetrija) in izgradnja navigacijskega informacijskega sistema. Pridobljeni podatki (ob upoštevanju zunanjih vplivov) nudijo osnovo za projektiranje in izgradnjo vodnih objektov, za izdelavo navtičnih kart, za potrebe varne plovbe, za oblike rečne struge in za številne različne namene vezane na vodo in njen priobalni pas.

Od začetka hidrografske geodezije do danes je viden velik napredek v tehnologiji in s tem povezano v programski opremi. Kljub napredku pa je to področje še vedno eno zahtevnejših.

Namen diplomske naloge je predstavitev meritev in modeliranja korita reke Drave (bazen Zlatoličje). Hidrografske meritve so specifična veja znotraj geodezije, zato so predstavljeni vsi uporabljeni inštrumenti in metode zajema podatkov.

Uporabljeni so bili GPS Leica 1200, digitalni kompas Honeywell 3000 in globinomer Ross SmartSweep 875-4. Vse inštrumente geodet upravlja in krmili preko programskega paketa Hypack Max.

Diplomska naloga je razdeljena na dva dela. V prvem je predstavitev opreme, kjer so opisane značilnosti in osnove delovanja posameznih komponent ter uporabljene metode meritev. Drugi del naloge pa je praktični in skozi program predstavi vse faze geodetskih del.

2 PREGLED SKOZI ČAS

2.1 METODE MERJENJA GLOBIN

Globina je vertikalna oddaljenost med trenutnim nivojem vode in dnom. Merjenje globin se izvaja z direktnimi in indirektnimi metodami. Danes se uporabljajo predvsem indirektna metoda.

2.1.1 DIREKTNE METODE

Direktne metode določajo globino neposredno s spuščanjem uteži, obešenimi na vrv ali žico, s čolna do morskega ali rečnega dna. Uporabljata se posebni ročni in mehanski globinomer.

Ročni globinomer je utež obešena na vrv ali žico na kateri so oznake za globino. Uporablja se za globine do 20m, kjer so oznake prvih 10m označene na vsakih 0,1m in naslednjih 10m le na vsakih 0,2m. Z ročnim globinomerom se merijo globine iz čolna, ki se premika počasi (hitrost vode do 1m/s). Utež se vrže v vodo naprej v smeri vožnje in v liniji. Ko se čoln nahaja nad utežjo, se odmerita globina in položaj. Nato se globinomer dvigne in ponovi celoten postopek. (Jovanovič, 1978)

Hidrografska ali sondna motika je okrogla lesena letev dolžine 5m in debeline 4-6cm. Letev ima razdelbo razdeljeno na decimetre. Na koncu letve je pritrjen železni naglavec, ki omogoča vertikalno postavitvev in hkrati preprečuje ugrezanje. Pogoji za to metodo so nizka hitrost vode, brezvetrije in maksimalna globina do 5m. (Pribičević, 2005)

Mehanski globinomer sestavlja boben, na katerega je navita žica, utež in merilec odvite žice. Uporablja se za velike globine. Postopek določitve globine je podoben kot pri ročnem globinomeru. Dodatno je potrebno izmeriti le temperaturo. Na slabšo natančnost te metode vplivata predvsem tok vode in veter, ki onemogočata zagotoviti vertikalnost žice. (Jovanovič, 1978)

Danes se direktne metode uporabljajo le še v plitvih vodah, kjer je dostop z ultrazvočnim globinomerom onemogočen.

2.1.2 INDIREKTNE METODE

Inštrumenti za indirektno merjenje določajo globino s pomočjo količin, ki so v funkcijski povezavi z globino. Te količine so lahko tlak v vodi, čas, v katerem se potopi izbrano telo do dna, ali pa čas, v katerem prepotuje ultrazvok pot od oddajnika do morskega dna in nazaj. (Kolenc, 2005)

Thomsonov mehanski globinomer sestavlja kompaktna fleksibilna vrv opremljena s posebnim priborom za merjenje globin s pomočjo vrednosti tlaka na morskem dnu. Na vrv je poleg uteži nameščeno jekleno ogrodje v katerem je steklena cevka. Le-ta je z zgornje strani zaprta s spodnje pa odprta. Na vodni gladini je tlak v cevki 1bar. Ko se cevka spusti na dno, vanjo prodre voda, zrak pa se stisne. Pri dviganju voda izteče iz cevke. Notranjost cevke je premazana s srebrovim kromatom (Ag_2CrO_4), ki je rdeče barve. Srebrov kromat se ob dotiku z morsko vodo spremeni v temno rumeno barvo, s čimer se ugotovi, do kod je prodrla voda. Ta metoda odpravi vpliv nevertikalnosti žice pri mehanskem globinomeru. (Jovanovič, 1978)
Ta način meritev danes ni več konkurenčen ostalim metodam.

Ultrazvočni globinomer je inštrument, ki deluje na podlagi širjenja zvoka. Zvočni impulz potuje od oddajnika skozi vodo do dna, kjer se odbije in potuje nazaj do sprejemnika (hidrofona). Francoza Lengevin in Chilowsky sta prva izdelala napravo za merjenje globin z ultrazvočno frekvenco. To odkritje je bilo zelo pomembno, saj se od takrat tehnologija ultrazvočnih globinomerov nenehno izpopolnjuje. Poznamo več sistemov za merjenje globine. Prvi, in še danes v uporabi, je sistem z eno sondo (angl. Singlebeam). Nadgradnja tega sistem je sistem z več sondami (angl. Sweep System), ki so enakomerno nameščene na liniji, pravokotno na smer gibanja. Globina se v obeh primerih določi na podlagi časa potovanja impulza od oddajnika do dna in nazaj. Želja po še detajlnejši izmeri in gostejši pokritosti pri zajemu morskega dna, je razlog za razvoj sistema multibeam. Pri sistemih multibeam se uporabljata dva principa. Prvi uporablja elektronsko ali fizično oblikovan ozko usmerjen snop, ki ga sistem pod velikim številom kotov pošlje proti morskemu dnu. Razdalja se določi glede na čas potovanja in jakost povratnega signala. Rezultat so poševne dolžine, ki se glede na znane kote oddaje impulzov preračunajo v vertikalne razdalje (globine). Drugi princip uporablja interferometrijo. Ta izvedba sistema multibeam uporablja poseben izraz – Swath. Sistemi Swath oddajajo ultrazvočno valovanje razpršeno. Poševna razdalja se določi na

osnovi časa potovanja signala, smer povratnega žarka pa se določi šele na osnovi merjenja fazne razlike povratnega signala med različnimi elementi na sprejemniku. (Kolenc, 2005)

ALB (Airborne Lidar Bathymetry) sistem za merjenje globin zaznava oddaljenost objekta s pomočjo svetlobnega valovanja. ALB temelji na LIDAR (Light Detection And Ranging) tehnologiji. Laserski oddajnik/sprejemnik (pritrjen na letalo ali helikopter) deluje na oddajanju dveh laserskih impulzov: modro-zelenem in infrardečem (IR). IR pulz potuje od oddajnika do vode (navpično), kjer se odbije na vodni površini in potuje nazaj do sprejemnika. Modro-zeleni pulz pa nadaljuje pot do morskega ali rečnega dna, kjer se odbije in vrne do sprejemnika. Globina vode se določi iz časovne razlike med vrnitvijo obeh signalov do sprejemnika. Položaj vsake izmerjene globine se določi z GPS-sistemom na letalu. Prednost te metode je predvsem v tem, da lahko zajema tako hidrografske kot topografske podatke. V splošnem pa velja, da je od vseh metod merjenja globine sistem ALB najslabše natančnosti (US Army c-13, 2005). Uporablja se za merjenje relativno plitvih priobalnih vod, maksimalno do 60m.

Bočni sonar ali sidescan sonar (SSS) je inštrument za pridobivanje slike morskega ali rečnega dna v realnem času. Čoln med vožnjo vleče za seboj sonar (imenovan Towfish), ki je oblikovan tako, da »vidi« pod seboj in na vsako stran. Oddajnik oddaja ultrazvočne impulze, ki se odbijajo od morskega ali rečnega dna ter od objektov na dnu. Dobljene relativne višine in višinske razlike so vidne na sliki. Pridobljena slika se imenuje sonogram in je lahko v analogni ali digitalni obliki. Glavni namen za razvoj te metode je pridobiti vizualno sliko oz. morfologijo in strukturo morskega ali rečnega dna.

2.2 METODE MERJENJA POLOŽAJA

Za določitev položaja izmerjenim globinam lahko uporabimo različne načine. Metode, ki so jih uporabljali včasih, so danes zaradi razvoja tehnologije zastarele.

2.2.1 NEKOČ

Za vsako metodo je značilno, da se pred določanjem položaja globin določi in signalizira ustrezno število geodetskih točk na obali.

Grafična metoda se je uporabljala za določitev položaja ob obali. Najpogosteje uporabljene so bile (Jovanović, 1978):

- Meritve s sekstantom – iz čolna merjena dva horizontalna kota med točkami na obali
- Meritve s sekstantom – iz čolna merjen en horizontalni kot med točkama na obali in s presekom na grafični mizi
- Dva preseka na grafični mizi

Računska metoda se je prav tako uporabljala za določitev položaja ob obali. Računske metode so bile (Jovanović, 1978):

- določitev smeri in oddaljenosti (razdaljemer, hidrografska žica), polarna metoda in ortogonalna metoda
- določitev horizontalnih kotov z dvema teodolitoma hkrati z dveh geodetskih točk na kopnem

Za merjenje razdalj se je pred uveljavitvijo razdaljemerov uporabljala hidrografska žica. To so napeli horizontalno med obema bregoma reke oz. na morju med obalo in zasidranim čolnom. Kjer se je žica preveč povešala, so namesto priveza na količke uporabljali vitel za napenjanje žice ali pa jo preprosto podprli na zasidranem čolnu (Novak, 1957). Razdalja se je tako določila na podlagi odčitka na žici. Za določanje položajev izmerjenih globin na odprtem morju so uporabljali sekstante na ladjah. Položaj na odprtem morju se je določal predvsem z opazovanjem nebesnih teles, bližje kopnega pa z opazovanjem signaliziranih točk na kopnem.

Radijska navigacija je metoda določevanja položaja na osnovi elektromagnetnih valov. Ta metoda je bolj natančna od določevanja položaja s sekstantom. Poleg dobrega pa je ta način prinesel tudi slabosti. Metoda je bila draga. Potrebno je bilo zgraditi mrežo oddajnikov na kopnem, čolne ali ladje pa opremiti s posebnimi sprejemniki. Razdalja se določi z merjenjem razlike faze radijskega signala, ki je oddan hkrati ali z rahlim časovnim zamikom iz postaj na kopnem. Možno je bilo več frekvenčnih območij, kar je omogočalo določevanje položaja na kratkih, srednjih in velikih oddaljenostih. Iz razdalj od vsaj dveh oddajnikov se določi položaj plovila. Pri tem sta vedno dve rešitvi, vendar ena zaradi nesmiselnosti (velikokrat je to lega na

kopnem) odpade. Z razdaljami od treh oddajnikov pa postane rešitev nedvoumna. Pri razdaljah od več kot treh oddajnikov se zaradi nadštevilnosti opazovanj uporabi izravnava.

2.2.2 DANES

Za napredek so bili ključni: elektro-optični razdaljemer, motorizirani tahimetri in GPS-tehnologija.

GPS je danes nepogrešljiv del opreme. Zaradi njegove enostavne uporabe in hkrati možne visoke natančnosti je izpodrinil radijsko navigacijo. V praksi se uporablja predvsem RTK metoda, ki določi položaj v realnem času. Podatki o položaju so vidni v realnem času na terenu in se neposredno pošiljajo preko povezave v programsko opremo. Programska oprema omogoča obdelavo vseh pridobljenih podatkov v realnem času.

Motoriziran tahimeter z elektro-optičnim razdaljemerom pa nadomesti GPS tam, kjer le-ta nima povezave s potrebnim številom satelitov. Razlog za to je predvsem konfiguracija in poraščenost terena ali pa nepokritost območja za potrebe GPS-a. Motoriziran tahimeter omogoča enostavno in hitro ter predvsem ekonomično določitev položaja. Z vgrajenim sistemom za samodejno viziranje ATR (Automatic Target Recognition) sledi prizmi na čolnu. Operater v čolnu ga v celoti upravlja z daljinskim upravljalnikom, na katerem so na voljo vsi merski podatki. Za komunikacijo med daljinskim upravljalnikom in inštrumentom se uporablja radijska povezava.

3 SWEEP SISTEM

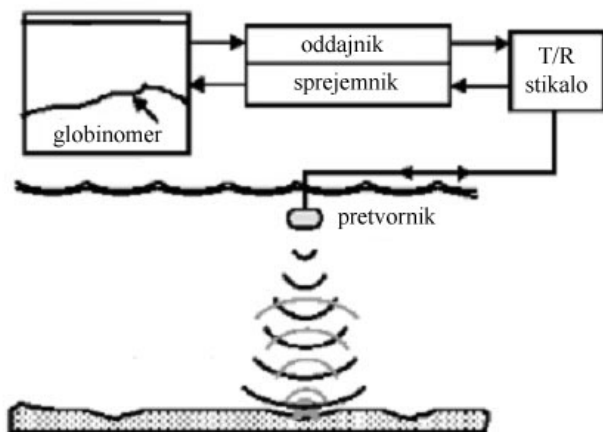
Ultrazvočni globinomer je inštrument, ki deluje na podlagi širjenja zvoka. Zvočni impulz potuje od oddajnika skozi vodo do dna, kjer se odbije in potuje nazaj do sprejemnika (hidrofona). Zvočni impulz potuje preko pretvornika. Od odkritja ultrazvočnih globinomerov do danes se tehnologija nenehno izpopolnjuje.

Batimetrija najpogosteje določa topografijo morskega ali rečnega dna. Običajno se hkrati opazujeta položaj na vodni površini in oddaljenost med plovilom in dnom (globina). Globina se določi na podlagi časa potovanja impulza od oddajnika do dna in nazaj – enačba (1):

$$g = v_z \cdot \frac{\Delta t}{2}, \quad (1)$$

kjer je v_z hitrost zvoka v vodi in Δt čas potovanja impulza.

3.1 ZGRADBA



Slika 1. Ultrazvočni globinomer

Globinomer, ki meri impulze dvakratne poti skozi vodo (Slika 1), sestavljajo (Pribičević, 2005):

- oddajnik (Transmitter) – pulzni generator s kvarčno uro, ki generira impulze,

- T/R stikalo (Switch) – prenaša energijo oddajniku,
- pretvornik (Transducer) – pretvarja električno energijo v zvočno, pošilja signale v vodo in sprejema odbite signale ter pretvori zvočno energijo nazaj v električno,
- sprejemnik (Receiver) – ojači prejeti signal.
- »Kontrolna postaja« (Recorder) – kontrolira oddane signale, meri čas potovanja zvočnega signala, snema podatke in pretvarja časovne intervale v oddaljenost.

Oddajnik je opremljen s kvarčno uro, ki oscilira v mejah 1-10 MHz. Kvarčna ura se uporablja za merjenje intervala med oddanim in prejetim zvočnim signalom. Moderni globinomeri ponavadi nudijo dve do tri oddajne frekvence.

- Nizka frekvenca se uporablja za globoke vode, ker na velikih razdaljah ni velikih izgub signala. Potrebne so velike sonde (Transducer).
- Visoka frekvenca se uporablja za krajše razdalje, ker je domet omejen zaradi večje izgube signala. Potrebne so manjše sonde.

T/R stikalo se uporablja za prekinjanje impulza specifične dolžine. Normalna dolžina impulza variira med 0,1-50ms. V plitkih vodah se kratek impulz (0,2ms) vrne preden je oddan naslednji. Za globoke vode se uporabljajo impulzi različnih dolžin (1-40ms), kar pomaga pri pokrivanju izgub zaradi slabljenja signala.

Pretvornik je v kontaktu z vodo. Njegove funkcije so:

- pretvarjanje električne energije v zvočno,
- pošiljanje zvočnega signala v vodo,
- prejetje odbitega signala,
- pretvarjanje zvočnega signala v električnega.

Električni impulzi iz oddajnika povzročajo vibriranje diafragme pretvornika, ki v kontaktu z vodo povzroča zvočne valove. Ko pa signal sprejema, pride do obrnjenega procesa – vibrirajoča diafragma ustvarja električno energijo, ki se pošlje prejemniku. Poznamo tri vrste oddajnikov:

- oddajnik iz magnetnega materiala,
- piezoelektrični oddajnik in
- električni oddajnik.

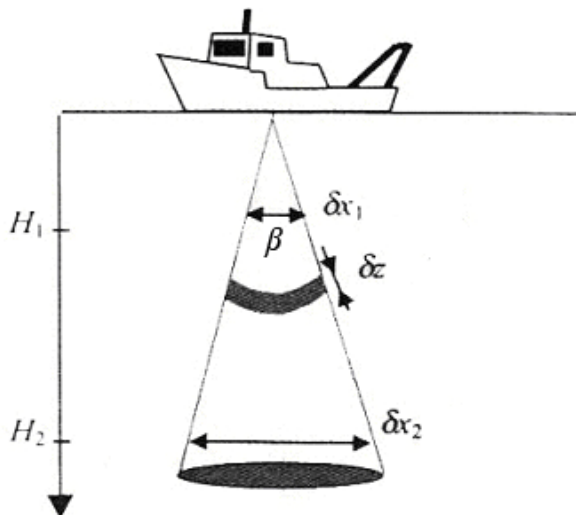
Sprejemnik ojača povratni signal in ga pošlje naprej kontrolni postaji. Snop sprejemnika mora biti dovolj širok, da prilagodi oz. izgledi Dopplerjev efekt, če pretvornik ni vertikalen. (Pribičević, 2005)

3.2 RESOLUCIJA GLOBINOMERA

Resolucija globinomera je njegova zmožnost razločevanja med dvema bližnjima objektoma na dnu. Ločimo vertikalno in horizontalno resolucijo (Slika 2). Prva je določena s trajanjem pulza. Ta se računa po enačbi (2):

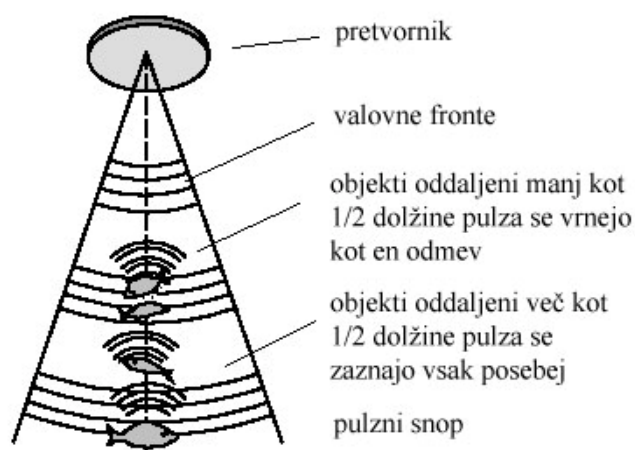
$$\delta z = \frac{v_z \cdot T}{2}, \quad (2)$$

kjer je v_z hitrost zvoka v vodi in T temperatura.



Slika 2. Vertikalna in horizontalna resolucija

Moč razločevanja je omejena, ker je nemogoče oddajati ekstremno kratke valove. Minimum razločevanja globinomera odgovarja polovici dolžine oddanega (emitiranega) pulza. Če sta dva objekta na dnu med seboj oddaljena manj kot pol dolžine oddanega pulza, bosta posneta kot eno, če pa sta oddaljena več kot pol dolžine, bosta posneta kot dva ločena odmeva (Slika 3). (Gerbec, 2003)

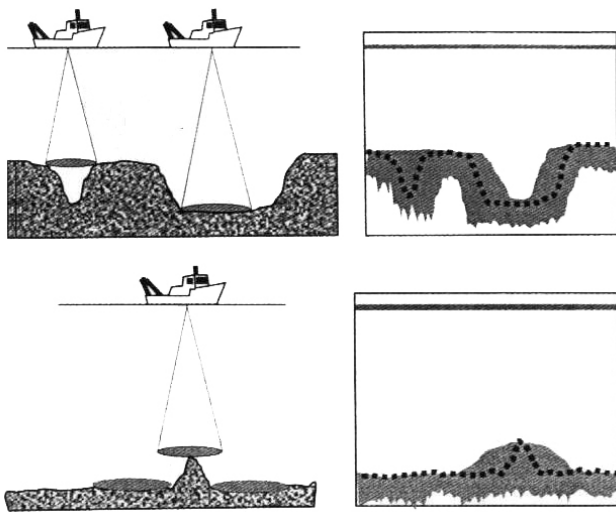


Slika 3. Vertikalno razločevanje globinomera

Horizontalna resolucija je povezana s kotno širino snopa oddanega impulza. Za razločevanje dveh bližnjih objektov mora biti razdalja med njima večja od najmanjše širine snopa na določeni globini. Večja kot je globina, slabša je resolucija, zaradi česar bodo depresije težje zaznane (Slika 4). Po drugi strani pa bodo izbokline lažje odkrite, le da njihova oblika in površina ne bosta točno določeni. (Pribečević, 2005) Horizontalna resolucija se računa po enačbi (3):

$$\delta x = 2tg\left(\frac{\delta\beta}{2}\right)g \approx \delta\beta \cdot g, \quad (3)$$

kjer je β kotna širina snopa in g globina.



Slika 4. Geometrijske konfiguracije dna in njihovi ehogrami

Objekt na dnu, ki ga je zadel oddani pulz globinomera, bo vrnil boljši signal na tistih delih, ki se v tistem trenutku nahajajo pravokotno pod sondo. Pri meritvah je prisotno še nagibanje čolna. To lahko povzroči zmanjšano resolucijo, ker je efektivna globina pulza povečana, in pogoške v izmerjeni globini (kar se lahko popravi, če poznamo kot nagiba) (Slika 5). (Gerbec, 2003)

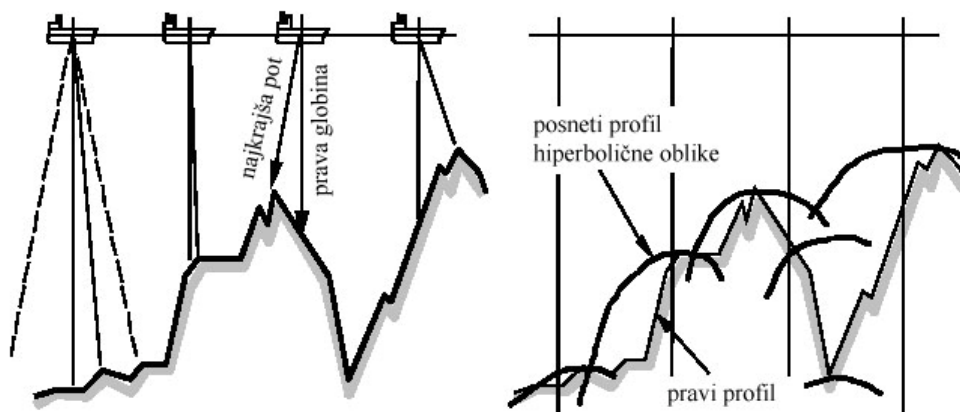


Slika 5. Efekti, ki nastanejo zaradi nagibov

3.3 ŠIRINA SNOPA GLOBINOMERA

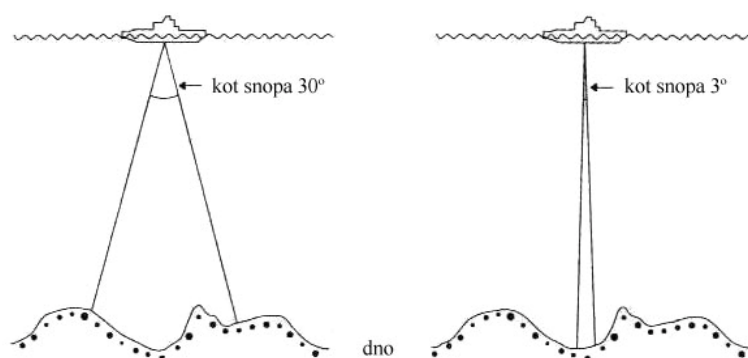
Globinomer ima specifično širino snopa. Registrira signale, ki se prvi vrnejo do pretvornika (signal, ki je prepotoval najkrajšo razdaljo). Najhitreje vrnjeni signali pa niso nujno vertikalno izmerjene razdalje. Koliko to dejstvo vpliva na meritve je odvisno od širine snopa, globine in

nagiba dna (Slika 6). Posneti dno bo izkrivljeno in bo imelo hiperbolno obliko. Širina snopa ima tudi vpliv na pokritost dna pri snemanju. (Pribičević, 2005)



Slika 6. Efekt nevertikalnih signalov pri različnih širinah snopa

Ločimo ozko- in široko-snope globinomerje (Slika 7). Ozko-snopi globinomerji se uporabljajo za merjenje globin točno pod čolnom, pri čemer ni vpliva napake zaradi nagnjenosti dna. Hkrati so podatki višje resolucije in s tem bolj točni. Za operacije z ozko-snopim globinomerom je potrebna redukcija nagibanja čolna, kar se doseže z uporabo senzorjev za zaznavanje nagibov.



Slika 7. Široko in ozko snopi globinomer

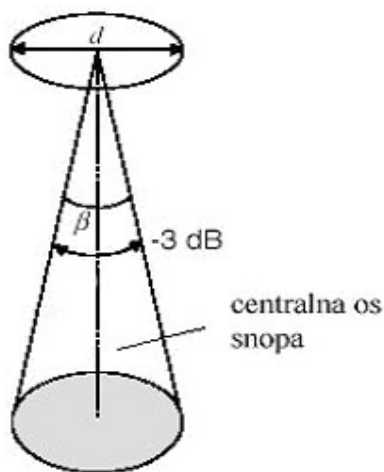
Slabost dela ozko-snopih globinomerov je v velikosti oddajnikov. Ozko-snopi zahtevajo večje oddajnike, kar pomeni opremo velikih dimenzij in višjega cenovnega razreda, meritve pa so opravljene le na ozkem področju pod sondo.

Ker pa je pulz usmerjen proti objektu snemanja, se poveča moč in vzpostavi točna oddaljenost do objekta. Struktura snopa poslanega s sonde mora zagotoviti povratni odgovor (signal). Kontrola strukture snopa je važna zaradi koncentracije energije v določeno smer, redukcije šuma in oviranja povratnih signalov. (Pribičević, 2005)

Točkasti izvor razprostira energijo v vse smeri. V primeru sond, ki se uporabljajo v hidrografiji, je energija koncentrirana vzdolž osi navpično na merjeno površino. Te sonde so oblikovane tako, da proizvajajo snope akustične energije različnih oblik, ki so določene z velikostjo in obliko sond. (Pribičević, 2005)

Snop energije krožnih sond ima obliko stožca (Slika 8), kjer kot snopa β variira med 2° in 30° . Tu je večina energije snopa koncentrirana znotraj glavnega krila, katerega meje so definirane kot dB točke. Večina sond ima svoj pulzni vzorec, ki kaže raven energije pri različnih kotih in jakostih signalov (Slika 9). Kot $\beta/2$ je kot med točkami, kjer je intenziteta akustične energije padla na polovico in glavno osjo, kjer je intenziteta največja. Drugače povedano, intenziteta akustične energije pri kotnih mejah snopa P_2 je definirana kot polovica intenzitete P_1 v centru snopa. Širina snopa oz. kot snopa je enak β . (Gerbec, 2003)

$$P_2 = \frac{1}{2} P_1 \Leftrightarrow 10 \log \frac{P_2}{P_1} = 10 \log 0.5 = -3 \text{ dB} \quad (4)$$



Slika 8. Snop pri krožni sondi

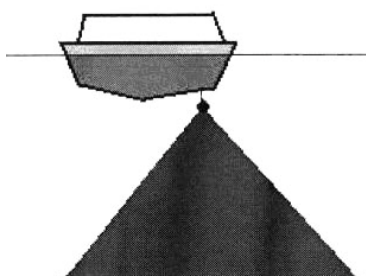


Slika 9. Smeri jakosti signala sonde -3dB

3.4 SISTEMI ZA MERJENJE GLOBIN

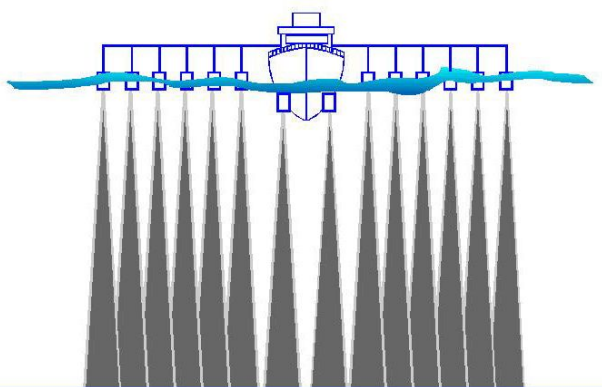
Poznamo več sistemov za merjenje globine:

- Prvi, in še danes v uporabi, je sistem z eno sondo (angl. Singlebeam).
- Nadgradnja tega sistem je sistem z več sondami (angl. Sweep System), ki so enakomerno nameščene na liniji, pravokotni na smer gibanja.
- Zaradi želje po še bolj detajlni izmeri in gostejši pokritost pri zajemu morskega dna, pa so razvili še sistem Multibeam (Slika 10).



Slika 10. Multibeam sistem

Vsak sistem ima svoje značilnosti in ni primeren za vsako delo. Sweep sistem sestavlja več sond, ki so enakomerno nameščene v linijo na vsaki strani plovila (Slika 11).



Slika 11. Sweep sistem

Maksimalno število sond nanizanih v sistem Sweep je 32. Če je potrebno (in če je možno), je ena ali več sond vstavljenih v dno čolna. Ti sistemi so najprimernejši za plitve kopenske vode in ozka območja z mirno vodo. Sistem je zaradi konstrukcije občutljiv na zibanje čolna.

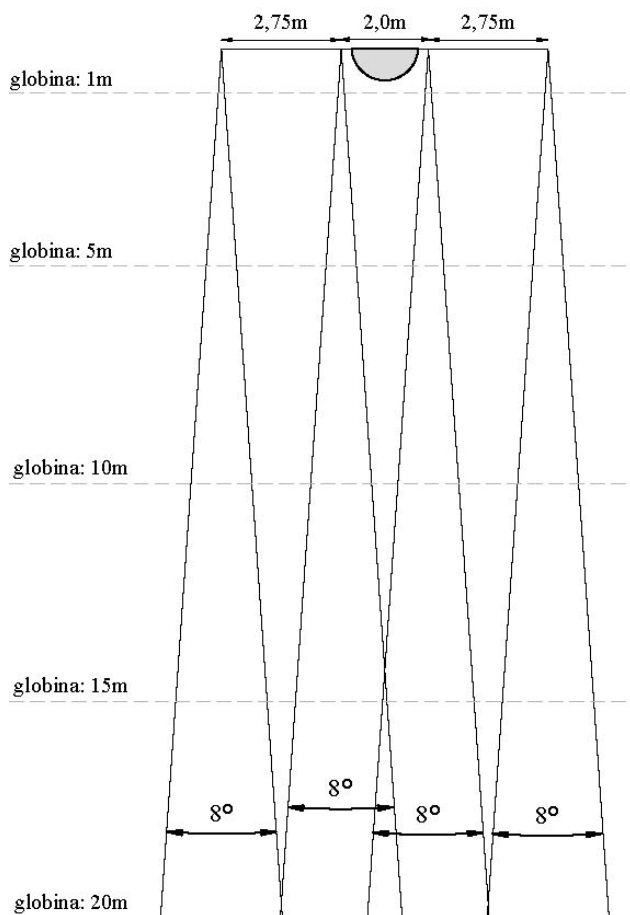
Pokritost področja snemanja je odvisna od medsebojnega razmaka med sondami, širine snopa in od globine vode (Slika 12). (US Army c-10, 2005)

3.5 RAZMIK MED SONDAMI

Približen razmik med sondami v Sweep sistemu je odvisen od čolna in karakteristik delovišča. Bolj natančno je razmik odvisen od pričakovane nominalne globine, širine snopa in želenega prekrivanja snemalnega področja. Okvirno se lahko določijo razmiki s sledečo enačbo (US Army c-10, 2005):

$$\text{razmik} = 2g \cdot \text{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right), \quad (5)$$

kjer je g globina in β kotna širina snopa.



Slika 12. Razmik med sondami določa pokritost na izbrani globini

Preglednica 1. Razmik med sondami za primer 8° in 12° široki snop

$\beta \backslash g$	1m	2m	5m	7,5m	10m	12,5m	15m	17,5m	20m	25m
8°	0,14m	0,28m	0,70m	1,05m	1,40m	1,75m	2,10m	2,45m	2,80m	3,50m
12°	0,21m	0,42m	1,05m	1,58m	2,10m	2,63m	3,15m	3,68m	4,20m	5,26m

Izračunane razdalje veljajo za celotno pokritost brez prekrivanja. Ker se v reki globine spreminjajo, se razmiki med sondami določijo glede na globino, ki je najbolj pogosta oz. ki jo želimo pokriti v celoti (Slika 12). V plitvini ni potrebno, da je pokritost celotna.

Slabost Sweep sistema je predvsem v neokretnosti. Konstrukcija sistema onemogoča hitre zavoje. Prav tako obstaja nevarnost, da se ob sondo zadene kakšen predmet in da ob robu reke sonde nasedejo. Zato je potreben neprestan nadzor. Problem pri tem je, da je nadzor nad ostalimi globinami zanemarjen zaradi lastnosti programa (glej 8.3.2 Meritve).

3.6 FREKVENCA SIGNALA

Na meritve vpliva tudi frekvenca signala (HypackMax):

- Z višanjem frekvence se večja natančnost meritev. Eno-sondni (Singlebeam) sistem tradicionalno uporablja frekvenco 200MHz, več-sondni sistem (Sweep in Multibeam) pa frekvenco med 100kHz – 450kHz.
- Z višjo frekvenco se poveča poraba energije.
- Ko val potuje skozi vodo, se odbija od drobnih delcev v njej. Pri visokofrekvenčnih globinomerih je val, ki potuje skozi vodo, bolj podvržen izgubi in odboju in zato ti niso primerni za globoke vode (1000m in več). Nizkofrekvenčni globinomeri niso tako natančni kot visokofrekvenčni, a so bolj odporni na odboj. Visokofrekvenčni se odbijejo od vegetacije, zračnih mehurčkov. Za razliko od visokofrekvenčnih, nizkofrekvenčni prodre globlje in ne zazna mehkega blata, peska in mulja na rečnem dnu. Odbije se šele od trdega dna.
- Nižja kot je frekvenca, večja in težja je sonda (Transducer).

3.7 POPRAVKI

V enačbi (1) za izračun globine nastopata dva parametra, čas in hitrost zvoka v vodi. Hitrost zvoka je odvisna od temperature, tlaka in slanosti (če se meritve opravljajo na morju). Zaradi teh vplivov je potrebna kalibracija zvoka.

Pogreške nastale zaradi nagibanja čolna, lahko zmanjšamo z uporabo ustrezno oblikovanega čolna in kompasa.

Naprave, ki jih uporabljamo tekom meritev, niso časovno usklajene. Potrebno je upoštevati dejstvo, da vse meritve niso opravljene v enakem trenutku. Prav tako nekatere naprave zadržijo izmerjene podatke, preden jih pošljejo dalje do računalnika. Vse to najlažje rešimo z velikim številom meritev in nakupom ustrezne opreme.

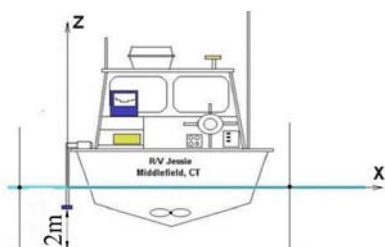
3.7.1 KALIBRACIJA HITROSTI ZVOKA

Za kalibracijo je potrebna kovinska plošča, ki jo spustimo pod sondo na določeno globino. Nato odčitavamo izmerjeno globino in če se ne ujema z nam znano globino, spremenimo hitrost zvoka. To spreminjamo tako dolgo, da sta znana in izmerjena globina enaki.

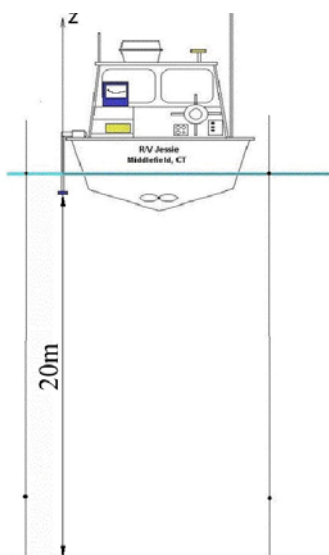
Postopek:

- Kovinsko ploščo spustimo 2m globoko pod sondo. V sistemu nastavimo približno razdaljo (merjeno od gladine vode do sonde) na katero je potopljena sonda (Draft value). Ker vemo, da je plošča 2m pod sondo, spreminjamo to vrednost tako dolgo, da je izmerjena globina 2m (Slika 13).
- Nato spustimo kovinsko ploščo na pričakovano maksimalno merjeno globino in nastavimo hitrost zvoka (Sound Velocity) dokler ni izmerjena globina enaka globini potopljene kovinske plošče (Slika 14).
- Prva dva koraka ponavljamo, dokler nista znana in izmerjena globina enaki. V našem primeru postopek izvedemo za štiri sonde (Sweep sistem).

Ko so vrednosti nastavljene, je globinomer pripravljen za meritve na globinah med 2m in nastavljeno največjo pričakovano globino. Predpostavljamo, da se zvok skozi vodo širi konstantno hitro. (HypackMax)



Slika 13. Prvi korak – kovinska plošča 2m pod sondo



Slika 14. Drugi korak – kovinska plošča 20m (oz. zelena globina) pod sondo

Napake pri kalibraciji so možne, če so vključeni sledeči dejavniki:

- Valovi in vodni tokovi, ki premikajo ploščo,
- nastavljanje hitrosti zvoka izven področja opravljanja meritev,

Za kontrolo si lahko hitrost zvoka tudi izračunamo. Na terenu nato primerjamo hitrost dobljeno s kalibracijo in izračunano hitrost. Hitrost zvoka po Wilsonovi formuli (Pribičević, 2005):

$$v_z = 1449,2 + 4,623 \cdot T - 0,0546 \cdot T^2 + 1,391(S - 35), \quad (6)$$

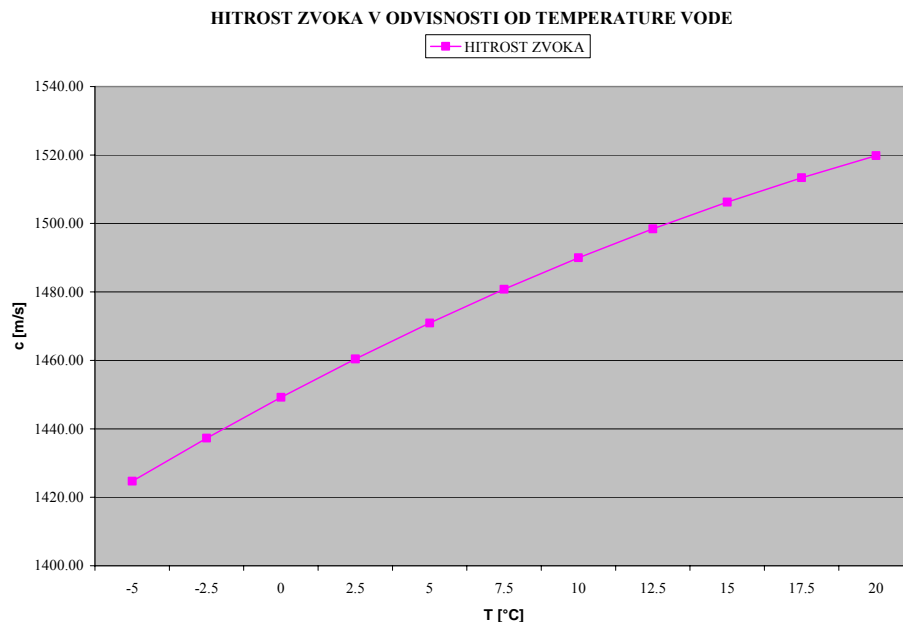
kjer je v_z hitrost zvoka v vodi [m/s], T temperatura vode [°C] in S slanost [‰].

V reki, kjer ni slane vode, lahko zadnji del enačbe (6) poenostavimo (Pribičević, 2005):

$$v_z = 1449,2 + 4,623 \cdot T - 0,0546 \cdot T^2 \quad (7)$$

Preglednica 2. Hitrost zvoka v reki

T [°C]	-5	-2,5	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
c [m/s]	1424,72	1437,30	1449,20	1460,42	1470,95	1480,80	1489,97	1498,46	1506,26	1513,38	1519,82



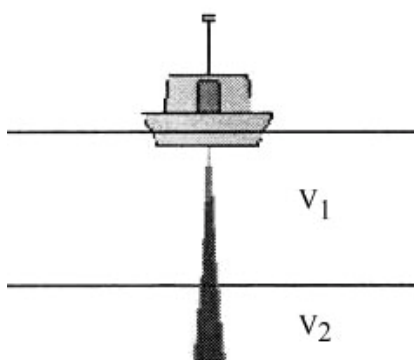
Grafikon 1. Hitrost zvoka v reki v odvisnosti od temperature vode

Iz grafa je razvidno, da se s temperaturo večja tudi hitrost zvoka (zajete so le okvirne temperature). Graf prikazuje hitrosti zvoka tudi pri negativni vrednosti temperature. Ker pa globinomer omogoča meritve od 0°C, bo najnižja uporabljena hitrost 1449,20 m/s. Največja temperatura pri kateri globinomer omogoča meritve je 40°C, česar reka Drava ne doseže. Za najvišjo temperaturo smo določili 20°C, kar pomeni hitrost zvoka približno 1519,82 m/s.

Sprememba hitrosti zvoka je večja pri nizkih temperaturah (na intervalu od -5°C do 0°C se hitrost spreminja 4,9 m/s na C) kot pri visokih (na intervalu od 15°C do 20°C se hitrost spreminja 2,7 m/s na C).

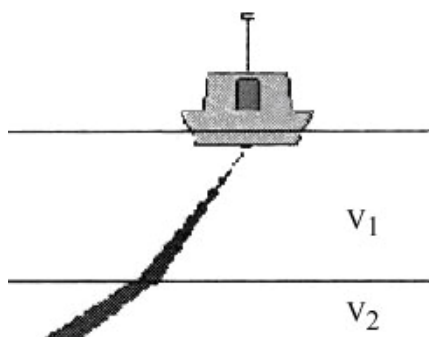
Sklepamo lahko, da se bo hitrosti zvoka spreminjala s spremembo globine (saj se z globino spreminja temperatura), kar pa rešimo s kalibracijo. Opisan postopek kalibracije se nastavlja za vsako delovišče posebej. Nastavi se za interval od najmanjših možnih merjenih globin do približno največje pričakovane merjene globine.

Prednost Sweep sistema (in eno sondnega sistema) pred Multibeam je v vertikalnosti potovanja zvočnega signala (Slika 15). Konvertiran električni signal potuje do dna, kjer se odbije in potuje nazaj do sonde. Ta opravljena pot je vedno vertikalna. Pri odboju se del snopa razprši. Do razpršitve in izgube signala pride tudi na plasteh med različnima specifičnima težama. Ampak to ne vpliva na vertikalnost signala (HypackMax).



Slika 15. Vertikalni signal pri Sweep sistemu

Pri Multibeam sistemu pa signal ni nujno vertikalni. V tem primeru se signal odkloni in spremeni hitrost – refrakcija (Ray Bending). Ko se hitrost zvoka poveča, se signal usmeri navzgor in obratno (Slika 16). Največji vzrok napake v tem sistemu je hitrost zvoka. Večja kot je globina, večja je napaka. Napaka hitrosti zvoka je še veliko večja v primeru mešanja sladke in slane vode. Refrakcija ne bo močno vplivala na opazovanja, če kot vertikalnega signala ni večji od 45° . V takih razmerah je napaka manjša od enega procenta. (HypackMax).



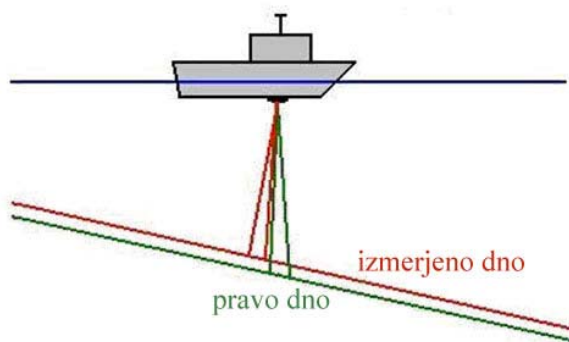
Slika 16. Nevertikalni signal pri Multibeam sistemu

Problem hitrosti zvoka je mnogo bolj prisoten pri merjenju globokih vod kot v plitvih vodah (kot v našem primeru).

3.7.2 NESTABILNOST ČOLNA

Med izvedbo meritev čoln ni ves čas v mirujočem položaju. To pomeni, da se ziblje, nagiba in rotira. Odstraniti je potrebno:

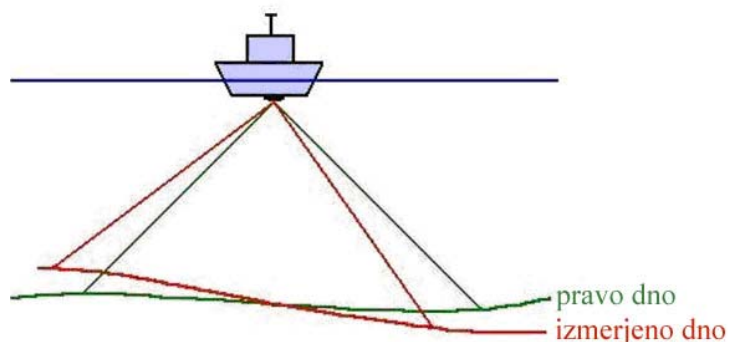
- Nagibanje čolna naprej – nazaj (Pitch) (Slika 17):



Slika 17. *Pitch*

nagibanje čolna naprej in nazaj je nestabilnost, ki jo povzroča izmenično dvigovanje premca in krme okoli horizontalne X-osi (glej 5.4.1 Lokalni koordinatni sistem na čolnu). (Reson, 2005)

- Nagibanje čolna levo – desno (Roll) (Slika 18):



Slika 18. *Roll*

nagibanje čolna levo – desno opisuje ritmično gibanje čolna okoli vzdolžne (longitudinalne) osi. (Reson, 2005)

- Zasuk okoli vertikalne osi (Heading):

zasuk okoli vertikalne osi je opisan z rotiranjem okoli Z-osi (glej 5.4.1 Lokalni koordinatni sistem na čolnu). Najpogosteje se pojavi pri nizki hitrosti vožnje ali pri deročih rekah. V tem primeru je čoln pri prečkanju reke usmerjen gorvodno, čeprav bo naredil ravno linijo in ne poševne. (Reson, 2005)

- Dvigovanje (Heave):

je opisano kot ritmično dvigovanje in spuščanje površine čolna. Zaradi tega so podatki nepovezani in nazobčani. Dvigovanje je posebej prisotno pri divji in razburkani vodi. Dvigovanje je glavni razlog za nezanesljive in slabe podatke (Reson, 2005). V kolikor pa so meritve opravljene na mirni reki, je ta vpliv minimalen.

Ti vplivi se lahko zmanjšajo ob uporabi dobro oblikovanega čolna. Pogosto se za vzdrževanje kvalitete podatkov geodeti odločajo za čoln, kjer je večji vpliv *Roll-a*, je pa zato manjši vpliv *Pitch-a* in dvigovanja. Vsi ti dejavniki pa se lahko zmanjšajo z uporabo različnih kompasov izbrani glede na potrebe (digitalni kompas, magnetni kompas, girokompas, MRU...).

3.7.3 ČASOVNO USKLAJEVANJE IN ČASOVNI ZAMIK

Vsaka naprava na čolnu opravlja meritve, katere nato pošlje na računalnik. V vseh opazovanjih je vključen časovni parameter. Pomembno je, da so vse naprave in vsi podatki pridobljeni za enak trenutek – so časovno usklajeni. Ker so meritve med seboj asinhrono, je potrebna interpolacija. Zato je najbolje zbirati čim večjo količino podatkov. V Hypack-u to pomeni posodabljanje vsakih 50 milisekund.

Časovni zamik je parameter, ki opisuje zamik med dejanskim zajemom meritev in shranitvijo na računalnik. Nekatere naprave najprej izmerijo, nato potrebujejo čas za procesiranje in šele nato pošljejo vsebino na računalnik. To imenujemo časovni zamik ali zadrževanje. Obstaja več tipov naprav (HypackMax):

- Naprave, ki pošljejo meritve naprej do računalnika z zakasnitvijo.

- Naprave, ki pošljejo meritve naprej do računalnika z zakasnitvijo, ki je znana in vključena v meritve.
- Naprave brez zakasnitve podatkov.

3.8 GLOBINOMER – ROSS SMARTSWEEP 875 – 4



Slika 19. Ross SmartSweep sistem montiran na čolnu

Ross 875-4 je štiri-kanalni Sweep sistem (sistem z več sondami) (Slika 19). Sestavlja ga več komponent:

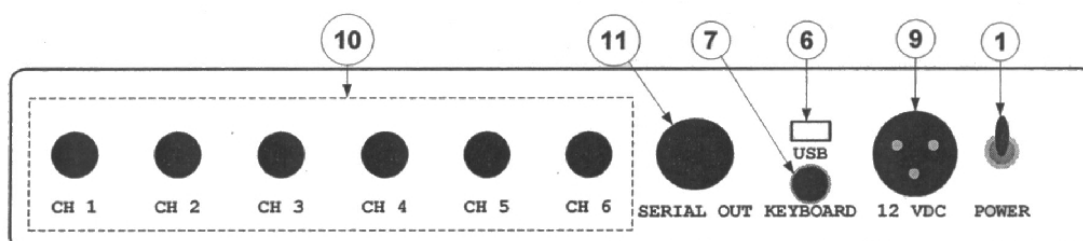
- Ross 875-4 globinomer, s po enim oddajnikom in sprejemnikom za vsak kanal posebej.
- Aluminijsko ogrodje, na katerega so pritrjene sonde. Vezi, ki povezujejo ogrodje, so gibljive, kar omogoča fleksibilnost sistema (Slika 20). Vezi, s katerimi so pritrjene sonde, pa omogočajo premike. Sonde so nameščene tako, da čimbolj enakomerno pokrijejo merjeno površino. Da je ogrodje med meritvami togo, ga privežemo na jambor in premec.
- Za delovanje sistema je potrebna komunikacija z računalnikom.



Slika 20. Fleksibilnost sistema

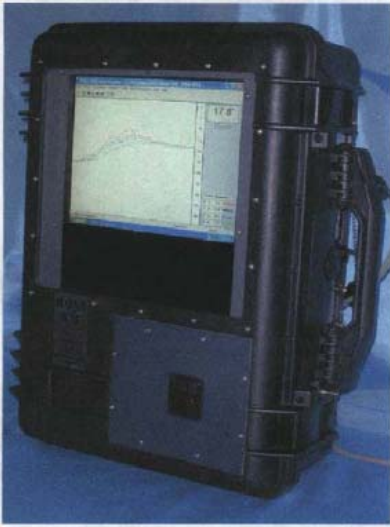
Vhodno/izhodne enote na Ross 875-4 globinomeru (Slika 21):

- 1 – stikalo za vklop / izklop
- 6 – USB vhod
- 7 – vhod za tipkovnico
- 9 – električni priključek (12 V)
- 10 – povezave s sondami
- 11 – serijski izhod (povezavo z računalnikom)



Slika 21. Vhodno izhodne enote

Ross 875-4 globinomer ima na ohišju nameščen LCD zaslon (berljiv tudi v močni svetlobi) in miško (Slika 22).



Slika 22. Ross SmartSweep 875 – 4

Program, ki podpira Ross 875-4 globinomer, je operativen le v Windows XP operacijskem sistemu. Na LCD zaslonu se grafično izrisujejo izmerjene globine vseh priključenih sond, vsaka s svojo barvo. Za izbrano sondo se globina tudi izpisuje. Ta globina je prikazana tudi na računalniku. Izbrana sonda se lahko določi po želji. Na strani zaslona je vidna skala za lažje odčitavanje globin. (Ross 875-x)

Pred začetkom meritev je potrebno nastaviti nekatere parametre:

- Enote [m].
- Pričakovana maksimalna globina (Depth Range); izbere se naslednja večja globina od pričakovane. S tem je omogočena boljše resolucija na zaslonu.
- Nastavitev pričakovane globine (Gate Width) omogoči, da se globine merijo znotraj nastavljenega območja. Če je globina izven tega območja, se območje samodejno spremeni, da signal najde dno.
- Hitrost zvoka (Speed of Sound) je eden najpomembnejših parametrov. Nastavi se s pomočjo kalibracije.
- Ugrez sond (Draft) določa kako globoko so potopljene sonde
- Z določitvijo minimalne možne zajete globine (Blanking) bodo vse globine bolj plitve od nastavljenih, vidne kakor 0m. Ta funkcija služi kot alarm.

Za delovanje sistema, izračun položajev vseh sond in pridobitev korektnih rezultatov je potrebno na čoln namestiti kompas. V našem primeru smo namestili Honeywell digitalni kompas.

3.8.1 TEHNIČNI PODATKI

Preglednica 3. Tehnični podatki za Ross SmartSweep 875-4

Min izmerjena globina:	46cm
Max izmerjena globina:	150 čevljev ~ 46m
Širina snopa	8° pri -3dB
Frekvenca	200 kHz
Temperaturni interval	0°C – 40°C
Natančnost	±0.5% izmerjene globine
Resolucija	1.8cm

Preglednica 4. Nastavitve v Hypack-u za Ross SmartSweep 875-4, povezava z računalnikom

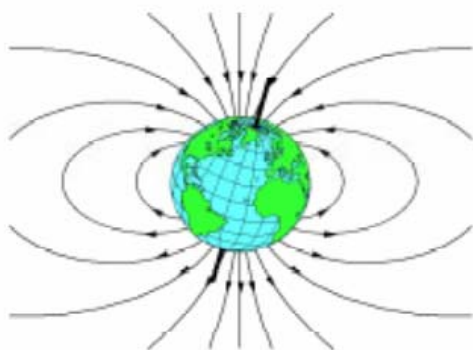
Serijski vhod	COM 4
Hitrost prenosa podatkov	19200 bitov/s

4 HONEYWELL DIGITALNI KOMPAS

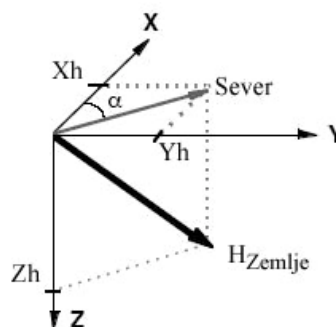
Magnetni kompas je še danes, v času GPS-a, pomemben del navigacijske opreme, magnetno iglo in girokompas pa je zamenjala elektronika. Elektronski magnetni kompasi imajo prednost zaradi nepremičnih komponent in preprostosti komunikacije z ostalimi elektronskimi napravami. Odporni so na sunke in vibracije. Delujejo na podlagi senzorjev (Fluxgate senzor, Magnetoresistive senzor, Magnetoinductive senzor...), ki zaznavajo spremembe v magnetnem polju. Digitalni kompasi se uporabljajo za navigacijo, orientacijo, zaznavanje prometa, v medicini, v prehrabni industriji...

Magnetni kompasi temeljijo na zaznavanju sprememb Zemljinega magnetnega polja (Slika 23). Magnetno polje si lahko predstavljamo kot linije, ki so usmerjene od južnega magnetnega pola k severnemu. Silnice so na ekvatorju vzporedne in na polih pravokotne na Zemljino ploskev. Magnetna in geografska pola ne sovpadata.

Zemljino magnetno polje lahko predstavimo s pomočjo njegovih komponent (Slika 24). Te komponente uporabljamo za izračun azimuta in nagibov.



Slika 23. Zemljino magnetno polje

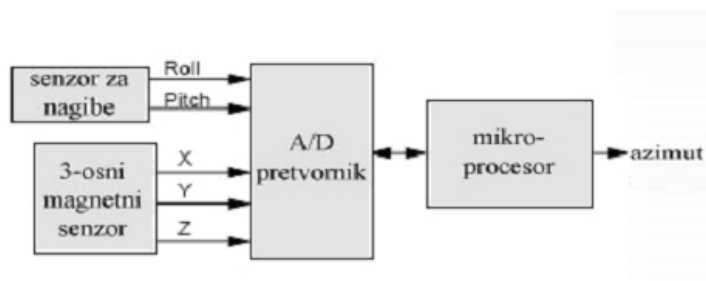


Slika 24. Komponente Zemljinega magnetnega polja

4.1 OSNOVNE SESTAVINE ELEKTRONSKEGA KOMPASA

Elektronski kompas vsebuje naslednje elemente (Slika 25) (Electronic Compass Design..., 2005):

- Magnetni senzor: osnovna naloga kompasa je izmera azimuta. Za izračun tega kota sta potrebna dva sensorja, ki izmerita moč horizontalnih komponent magnetnega polja. Eden izmeri moč v smeri gibanja (X-os), drugi pa stransko horizontalno komponento (Y-os). Sensorja sta nameščena vzporedno z Zemljino površino in med seboj zarotirana za 90°. Izračun azimuta na opisan način je točen le ob predpostavki, da je kompas ves čas v horizontalnem položaju (vzporeden z Zemljino horizontalno ravnino). Kakor hitro pa je kompas izven te lege, pa za zagotovitev natančne orientacije, dodamo dodatne senzorje.
- Enota za uravnavanje signala: skrbi, da je izhodna napetost proporcionalna glede na moč magnetnega polja, ki jo izmeri senzor.
- Enota za smer: iz izmerjenih moči polja preračuna azimut.
- Prikaz: izmerjen kot je lahko prikazan na kompasu ali v kaki drugi priključeni elektronski napravi.
- Ostale značilnosti: opisani so osnovni elementi kompasa. Če želimo natančnejše rezultate, upoštevamo še kompenzacijo kompasa za napako magnetnega polja, kompenzacijo nagnjenosti in popravek za deklinacijski kot.



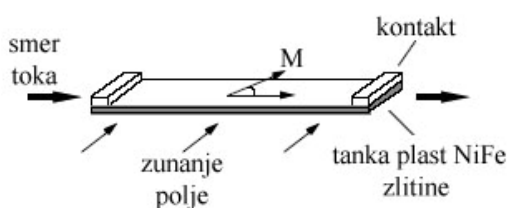
Slika 25. Sestava digitalnega kompasa

4.2 MR (MAGNETORESISTIVE) SENZOR

MR (Magnetoresistive) senzorji izkoriščajo učinke magnetne upornosti oz. lastnost magnetnega materiala, ki prevaja električni tok, da spremeni upornost v bližini zunanega magnetnega polja.

MR senzor je narejen iz feromagnetne zlitine niklja (Ni) in železa (Fe). Značilno za te senzorje je, da upor variira glede na spremembe v Zemljinem magnetnem polju zaradi prisotnosti zunanjih feromagnetnih objektov.

Zlitino namagnetimo v poljubno smer. Ko ne bo prisotnega nobenega zunanje magnetnega polja, bo smer magnetizacije usmerjena v to določeno smer, ki je hkrati tudi smer toka (Slika 26). Upornost je odvisna od smeri toka in zunanje magnetizacije. Na smer magnetizacije vpliva zunanje magnetno polje, ki je vzporedno z zlitino in pravokotno na željeno smer.



Slika 26. Princip delovanja MR senzorja

Kadar ni prisotno nobeno zunanje magnetno polje, kaže interni magnetni vektor vzporedno s smerjo toka ($\alpha = 0$). V tem primeru ima material največjo upornost. V prisotnosti zunanjega magnetnega polja pa se interni magnetni vektor premakne za kot α . Pri visoki moči je kot zasuka tudi 90° . V tem primeru upornost doseže najnižjo vrednost. Senzorji zaznajo spremembo upora, ko je magnetno polje pravokotno na obstoječo smer toka.

4.3 IZRAČUN AZIMUTA

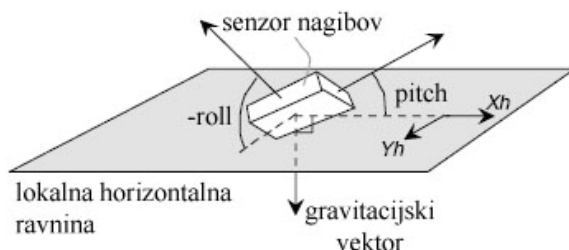
Osnovna ploskev v kateri računamo azimut je horizontalna (normala te ravnine sovpada z gravitacijskim vektorjem Zemlje). Pomembno je, da je kompas nameščen horizontalno. S tem dosežemo, da sta obe merjeni osi v horizontalni legi. V tem primeru za izračun azimuta potrebujemo le dvo-osni senzor, ki zaznava X in Y komponente magnetnega polja. Pogosto pa se zgodi, da kompas ni nameščen horizontalno.

Klasična rešitev tega problema je, da je kompas nameščen v tekočini. To sicer omogoča, da je kompas zaradi gravitacije vedno v horizontalni legi, ampak prinese druge probleme. Rešitev pa je lahko tudi elektronska, brez gibajočih se delov. V tem primeru je potreben tri-osni

senzor, ki meri še tretjo (vertikalno) komponento magnetnega polja. Pri tem pa moramo upoštevati oba nagiba, ki sta izmerjena s senzorjem za nagibe (Tilt senzor).

Ker kompas elektronsko zaznava nagibe in vertikalno komponento magnetnega polja, ni nujno, da je instaliran horizontalno. Če pa želimo izmeriti maksimalni domet nagibov, ga inštaliramo približno horizontalno.

Zanimajo nas trije koti. Prvi je smer oz. orientacija (azimut) merjen v smeri urinega kazalca od severa v horizontalni ravnini, drugi je nagib okoli x-osi magnetnega polja (*Roll*) pozitivno usmerjen navzdol in tretji je nagib okoli y-osi magnetnega polja (*Pitch*) pozitivno usmerjen navzgor (Slika 27).



Slika 27. Nagibi

Če je kompas poravnan s horizontalno ravnino, sta nagiba enaka nič, azimut pa se izračuna po sledeči formuli:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{Yh}{Xh}\right) \quad (8)$$

kjer sta Yh in Xh horizontalni komponenti Zemljinega magnetnega polja.

Kompas lahko v tej ravnini opiše celi krog, pri čemer je usmerjen proti magnetnemu severu. Če pa je kompas nagnjen, je potrebno upoštevati vse tri komponente magnetnega polja in oba nagiba. Senzor za nagibe zazna smer gravitacije in izmeri oba kota. Kadar je kompas nagnjen, se komponenti Yh in Xh izračunata v skladu z (9):

$$\begin{aligned} Xh &= X \cdot \cos(\phi) + Y \cdot \sin(\theta) \cdot \sin(\phi) - Z \cdot \cos(\theta) \cdot \sin(\phi) \\ Yh &= Y \cdot \cos(\theta) + Z \cdot \sin(\theta) \end{aligned} \quad (9)$$

kjer sta kota ϕ *Pitch* in θ *Roll* ter X , Y in Z komponente magnetnega polja

Ko so komponente prevedene v horizontalno ravnino, lahko nadaljujemo računanje po enačbi za azimut (8). Pri izračunu azimuta je potrebno upoštevati še v katerem kvadrantu se nahajajo komponente. Upoštevajoč to, se azimut α izračuna:

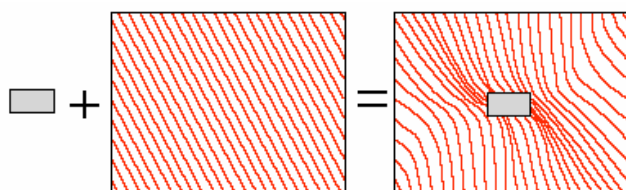
$$\alpha = \begin{cases} 180^\circ - \arctg\left(\frac{Y_h}{X_h}\right), X_h < 0^\circ \\ -\arctg\left(\frac{Y_h}{X_h}\right), X_h > 0^\circ, Y_h < 0^\circ \\ 360^\circ - \arctg\left(\frac{Y_h}{X_h}\right), X_h > 0^\circ, Y_h > 0^\circ \\ 90^\circ, X_h = 0^\circ, Y_h < 0^\circ \\ 270^\circ, X_h = 0^\circ, Y_h > 0^\circ \end{cases} \quad (10)$$

Za še boljšo natančnost kompasa (boljšo kot 1°) pa v kompasu vgrajen mikroprocesor interno upošteva (HoneywellLowcost):

- napako pri pretvorbi (A/D converter),
- napake magnetnega senzorja,
- vplive temperature,
- bližnje magnetne materiale,
- napako kompasa zaradi nagiba,
- variacije v Zemljinem magnetnem polju.

4.4 KALIBRACIJA DIGITALNEGA KOMPASA

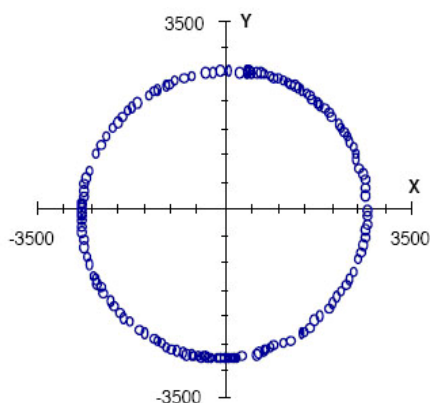
Kadar kompas deluje v okolju, brez prisotnih feromagnetnih materialov, Zemljino magnetno polje ni popačeno. V realnosti pa je zunanji vpliv na Zemljino magnetno polje velik. Ta efekt se lahko razume kot magnetno polje, ki se doda Zemljinemu magnetnemu polju.



Slika 28. Zunanji vplivi na Zemljino magnetno polje

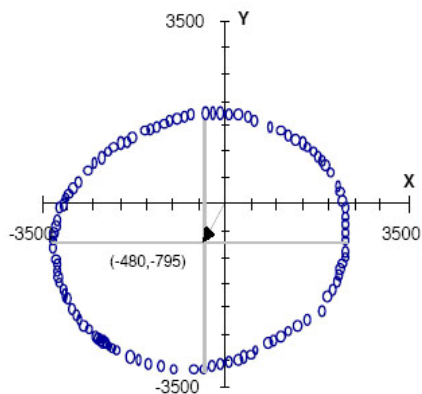
Slika 28 prikazuje feromagnetni material ob »stiku« z Zemljinim magnetnim poljem. Vidno je popačenje.

Slika 29 prikazuje primer, ko s kompasom opišemo krog v horizontalni ravnini, kjer ni zunanjih vplivov. Opazovani sta le X in Y komponenta. Na Zemljino magnetno polje ne delujejo nobeni zunanji vplivi. Opazovanja tvorijo krog, katerega center je središče (0,0) sistema. V tem primeru izračunamo azimut po enačbi (8).



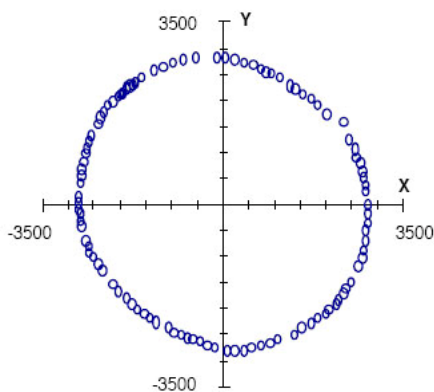
Slika 29. Nemetene meritve kompasa pri rotaciji za 360° v horizontalni ravnini

Slika 30 prikazuje primer, ko s kompasom opišemo krog v horizontalni ravnini, na katero vplivajo zunanje sile. Tukaj opazovanja tvorijo elipso, katere center je odmaknjen od središča sistema.



Slika 30. Motene meritve kompasa pri rotaciji za 360° v horizontalni ravnini

Napaka, ki nastane zaradi zunanjih vplivov, se upošteva in eliminira. Popačenje popravimo s pomočjo skalarnih faktorjev (S_X , S_Y), s katerima »popravimo« elipsoid v krog. Nadalje upoštevamo še odklika iz centra (X_{OFF} , Y_{OFF}) (enačba 11) (Slika 31).



Slika 31. Popravljenе motene meritve kompasa pri rotaciji za 360° v horizontalni ravnini

$$\begin{aligned} X_{POPRAVLJEN} &= S_X \cdot X + X_{OFF} \\ Y_{POPRAVLJEN} &= S_Y \cdot Y + Y_{OFF} \end{aligned} \tag{11}$$

Z enačbo (11) so meritve popravljene za zunanje vplive. Ves ta izračun se izvede znotraj kompasa v okviru vgrajenega kalibracijskega modula. (HoneywellSea, 2006)

4.5 LOKACIJA NAMESTITVE DIGITALNEGA KOMPASA

Kompas deluje na osnovi zaznavanja sprememb Zemljinega magnetnega polja na katerega vplivajo zunanji dejavniki, ki se morajo upoštevati. To so lahko električni tok, motorji,

magneti, magnetni materiali... Nekatero motnje upoštevamo in eliminiramo, lahko pa jih zmanjšamo z ustrežno lokacijo namestitve kompasa.

Čeprav je kompas magnetni, bo deloval tudi v železnem čolnu, vendar le pod določenimi pogoji: ne sme biti nameščen na jekleno konstrukcijo in prav tako ne sme biti preblizu jekla (ne bliže kot pol metra). Ohišje kompasa je iz neferomagnetnega materiala.

4.6 DIGITALNI KOMPAS HMR 3000

Ta digitalni kompas je sestavljen iz tri-osnega magnetnega senzorja (MR tehnologija) in senzorja za nagibe. Elektronsko uravnava horizontalnost in zagotavlja natančne rezultate tudi pri nagibih do 40°. Nameščen je v ohišju, ki se namesti na čoln. Izhodni podatki so v obliki NMEA 0813 standardnega sporočila.

V praksi se pogosto zgodi, da na kompas vplivajo bližnje feromagnetne snovi. Da dosežemo zanesljive rezultate, je pred vsakim začetkom meritev potrebna kalibracija. Kalibracija je lokalnega pomena, zato po spremembi lokacije kompas ponovno kalibriramo. Za kalibracijo je potrebno s čolnom narediti počasen velik krog (360°) in pri tem čoln čim bolj nagibati. Potovanje poteka vsaj 2 minuti. S tem kalibracijski modul v kompasu zbere podatke, prepozna moteče komponente in jih upošteva pri izračunu. (Smith, 2005)

Kompas HMR 3000 preračuna smer in oba nagiba 13.75 krat na sekundo. Izračun poteka po sledečem vrstnem redu:

- preračun opazovanj v horizontalno ravnino (enačba 9),
- kalibracija opazovanja (enačba 11),
- izračun azimuta (glede na magnetni sever) (enačba 8),
- upoštevanje deklinacije.

Izhodna oblika podatkov je v obliki NMEA 0813 standardnega sporočila. To standardno sporočilo ima več oblik zapisa. Kompas HMR 3000 uporablja $\$PTNTHPR,x.x,a,x.x,a,x.x,a*hh<cr><lf>$ obliko, ki vsebuje sledeče podatke (po vrstnem redu od leve proti desni):

- orientacija (Heading) [x.x],
- status magnetnega polja [a],
- nagib okoli Y-osi magnetnega polja (*Pitch*) [x.x],
- status magnetnega polja [a],
- nagib okoli X-osi magnetnega polja (*Roll*) [x.x],
- status magnetnega polja [a].

Kotni podatki so prikazani v stopinjskih enotah. Kadar statusni podatek nakazuje alarm, bodo meritve enake 0. Status lahko vsebuje eno izmed šestih v preglednici opisanih črk. (HMR 3000, 2005)

Preglednica 5. Možni statusi magnetnega polja

Status magnetnega polja	Opis
L	Nizki alarm
M	Nizko opozorilo
N	Normalno
O	Visoko opozorilo
P	Visok alarm
C	Kalibracija

4.6.1 TEHNIČNI PODATKI

Preglednica 6. Tehnični podatki HMR 3000

Teža	92g
Velikost	3 x 7.5cm
Temperaturni interval	-20°C – 70°C
Max nagib	40°
Natančnost θ, Φ	$\pm 0.5^\circ$
Resolucija θ, Φ	$\pm 0.1^\circ$
Natančnost α	$\pm 0.25^\circ$
Resolucija α	$\pm 0.1^\circ$

Preglednica 7. Nastavitve v Hypack-u za HMR 3000, povezava z računalnikom

Serijski vhod	COM 7
Hitrost prenosa podatkov	19200 bitov/s

5 DOLOČANJE POLOŽAJA Z GPS-OM

GPS kratica je skrajšana oblika za NAVSTAR GPS (NAVigation System with Time And Ranging Global Positioning System). GPS je navigacijski sistem, katerega osnova je mreža satelitov, ki pošiljajo radijske signale. Sistem sestavljajo trije segmenti:

- Nadzorni segment sestavljajo kontrolne postaje enakomerno postavljene vzdolž ekvatorja. Glavna kontrolna postaja stoji v bližini Colorado Springs-a. Naloga kontrolnega segmenta je predvsem ugotavljanje stanja sistema in posameznih satelitov, določanje parametrov tirnic GPS satelitov, ugotavljanje urinega teka satelitovih ur in periodično obnavljanje navigacijskega sporočila.
- Vesoljski segment predstavlja sistem 24 navigacijskih satelitov, ki se nahajajo približno 20.200 km visoko nad Zemljo. Sateliti ves čas oddajajo signale, ki vsebujejo informacije za določitev položaja in časa.
- Uporabniški segment sestavljajo uporabniki GPS sistema.

Skupek teh treh segmentov omogoča izračun GPS položaja na podlagi poznavanja razdalje in položajev satelitov. Osnovna določitev položaja opazovalca na Zemlji temelji na določitvi razdalje do vsaj 4 satelitov. Ker je položaj satelita poznan, predstavlja znano točko. Razdalja od satelita do sprejemnika se določi na osnovi časa potovanja signala. Ta čas, pomnožen s svetlobno hitrostjo, predstavlja razdaljo do satelita. Razdaljo med satelitom in sprejemnikom lahko določimo na osnovi kodnih ali faznih opazovanj. Fazni način je precej bolj natančen od kodnega, zato kakovostna določitev položaja temelji na kodnem in faznem načinu. (Kozmus, Stopar, 2003)

Poznamo več metod določitve položaja z GPS-om. Glede na določanje položaja ločimo absolutno in relativno, glede na način izvajanja meritev pa jih delimo na statične in kinematične.

5.1 RTK (REAL TIME KINEMATIC) METODA IZMERE

Meritve na reki so dinamičen postopek. V ta namen uporabimo RTK kinematično metodo izmere, ki določi položaj v realnem času. Potrebna sta dva sprejemnika, ki imata vzpostavljeno povezavo. Eden (referenčni sprejemnik) ima znan položaj, z drugim (premični sprejemnik) pa določamo položaj novih točk. Kinematično določanje relativnega položaja temelji na določitvi baznega vektorja med referenčnim in baznim sprejemnikom. Komponente baznega vektorja se izračunajo s skupno obdelavo kodnih in faznih opazovanj obeh sprejemnikov. Zelo pomembna je določitev števila celih valov, ki se izvede v postopku inicializacije na začetku izmere. (Kozmus, Stopar, 2003) Za postopek inicializacije je potrebnih 5 satelitov, med meritvami pa zadoščajo 4.

Če je med sprejemnikoma vzpostavljena stalna podatkovna povezava, lahko dobimo rezultate izmere v realnem času. Referenčni sprejemnik je lahko lastni ali pa se uporabijo podatki stalne referenčne postaje. Razdalja med baznim in referenčnim sprejemnikom naj ne bi bila večja od 10 – 20 km. Natančnost določitve položaja se z oddaljenostjo slabša.

Z uporabo relativne metode ob uporabi primerne inštrumentarija in algoritmov obdelave opazovanj lahko dosežemo natančnost primerno za geodetske naloge. Za doseganje potrebne visoke natančnosti je potrebna uporaba natančnih dvofrekvenčnih sprejemnikov. S takšnimi sprejemniki so možnosti uporabe neomejene. Praktična omejitev je le ta, da je potrebna zadostna odprtost nad horizontom vseh sprejemnikov v izmeri, kar zagotavlja sprejem zadostnega števila signalov s satelitov. (Kozmus, Stopar, 2003)

Z RTK metodo dobimo koordinate posnetih točk in natančnosti le-teh v realnem času. Med izvedbo meritev se preko radijske povezave pošiljajo GPS opazovanja iz referenčne postaje na premični sprejemnik. Ti dobljeni podatki in podatki izvajanih meritev se obdelajo že sproti na samem terenu. Rezultate t.j. koordinate novih točk in njihove natančnosti dobimo že terenu v času meritev.

5.2 OMREŽJE PERMANENTNIH POSTAJ (PP)

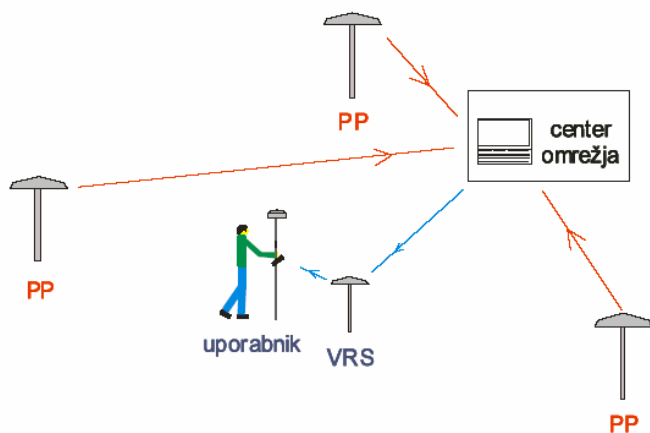
V primeru relativnega določevanja položaja potrebujemo dva sprejemnika. Ker je to lahko za posameznega uporabnika ekonomsko nesmiselno, je na območju Slovenije vzpostavljena mreža permanentnih postaj. To so stalno vzpostavljeni in delujoči bazni sprejemniki. Omrežje je za uporabnika pomembno zaradi določitve relativnega položaja s samo enim sprejemnikom z navezavo na izbrano permanentno postajo omrežja. Vlogo referenčnega sprejemnika zdaj prevzame permanentna postaja omrežja GPS. Prenos podatkov je omogočen preko GSM omrežja

Do pred kratkim je omrežje permanentnih GPS postaj tvorilo sedem delujočih postaj (Ljubljana, Maribor, Črnomelj, Bovec, Nova Gorica, Radovljica in Slovenj Gradec). Sedaj pa so priključili še pet novih (Celje, Ilirska Bistrica, Koper, Trebnje in Velika Polana). Komunikacijsko so postaje povezane s centrom Službe za GPS v Ljubljani. (Signal, 2006)

Navezava na permanentno postajo zna biti problematična, saj je precizna določitev položaja dovoljuje oddaljenost le do 10 – 20 km. Naloga mrežnih konceptov je zmanjšati gostoto permanentnih postaj v omrežju. To se doseže s skupno obravnavo podatkov opazovanj vseh postaj v omrežju.

Eden izmed uporabljenih konceptov zgostitve mreže je navidezna referenčna postaja VRS (Virtual Reference Stations). Koncept VRS (navidezna referenčna postaja) deluje na principu računske določitve navideznih opazovanj, kot bi jih izvajala referenčna postaja v neposredni bližini uporabnika (Slika 32). Program za izračun VRS torej potrebuje približen položaj uporabnika, da lahko zanj izračuna podatke opazovanj VRS. Podatki VRS se izračunajo ločeno za vsakega uporabnika, saj se vsak nahaja na svoji lokaciji. Število simultanih VRS je na strani centra omrežja, ki izvaja preračune, običajno omejeno, in sicer programsko in strojno. Med uporabnikom in centrom mora biti vzpostavljena dvosmerna podatkovna povezava, po kateri mora uporabnik na nek način najprej sporočiti svoj približen položaj. Običajno se to avtomatsko izvede preko ustrezne aplikacije tako, da sprejemnik GPS preko vmesnika pošlje NMEA sporočilo, ki vsebuje približen položaj sprejemnika. Izvede se preračun podatkov na podlagi katerega se ustvari navidezna referenčna postaja. Potrebno je le,

da se nahajamo znotraj trikotnika, ki ga tvorijo GPS postaje. V primeru VRS uporabnik izvaja izmero, kot bi imel referenčno postajo v svoji neposredni bližini.



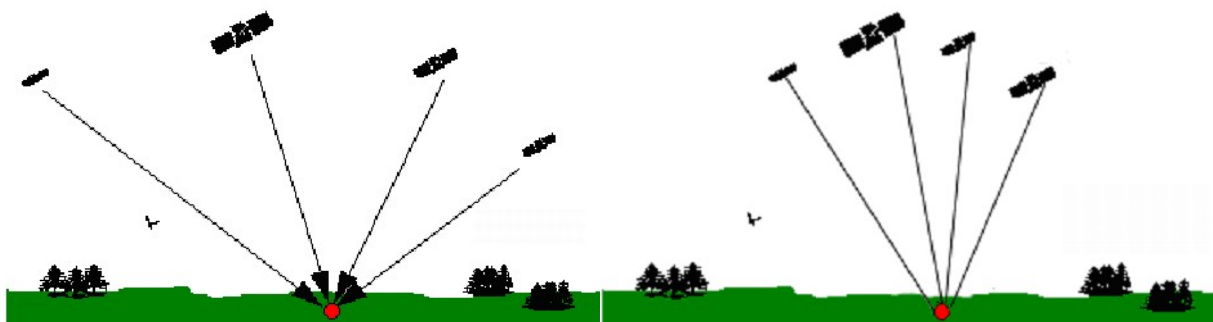
Slika 32. Princip delovanja navideznih referenčnih postaj

5.3 DOP FAKTOR

Natančnost določitve položaja je zelo odvisna od številnih faktorjev: števila satelitov, njihove razporeditve, stanja atmosfere... Pri izvajanju meritev posebno pozornost posvečamo DOP faktorjem. DOP faktor je dober pokazatelj kvalitete geometrije satelitov na nebu. Geometrija satelitov opisuje pozicijo satelitov gledano iz vidika sprejemnika.

DOP (Dilution Of Precision) faktor ali faktor zmanjšane preciznosti je merilo vpliva geometrije satelitov na nebu na natančnost določanja položaja. Poznamo več faktorjev; vertikalni VDOP, horizontalni HDOP, pozicijski PDOP, časovni TDOP in geometrijski GDOP. Če so sateliti blizu skupaj, je možno področje, kje se nahaja sprejemnik bistveno večje, kot če so razkropljeni po nebu.

Večji kot med sateliti zniža DOP faktor in zagotavlja boljše natančnost. Višja vrednost DOP faktorja opozarja na slabo geometrijsko razporeditev satelitov in s tem na slabše opravljene meritve. (Introduction to the GPS..., 2006) Prikazana sta primera dobre (Slika 33) in slabe (Slika 34) razporeditve satelitov. Razlaga vrednosti DOP faktorjev je vidna v preglednici 8.



Slika 33. Dobra geometrijska razporeditev satelitov Slika 34. Slaba geometrijska razporeditev satelitov

Preglednica 8. Ocena DOP faktorjev

DOP	Ocena	Opis
1	Idealno	Zagotavlja najvišjo možno natančnost.
2-3	Odlično	Ta raven zagotavlja natančnosti za precizne meritve.
4-6	Dobro	To je minimalna uporabna meja za zadovoljive rezultate.
7-8	Zmerno	Za natančne meritve preslabi rezultati.
9-20	Zadosten	Meritve dobljene s tem DOP faktorjem so le za grobo predstavitev.
21-50	Slabo	Meritve so neprimerne za geodetsko uporabo.

5.4 GPS LEICA 1200

Na obravnavanem področju smo izvajali meritve z GPS RTK metodo. Pri tem smo se navezali na VRS.

Med meritvami smo upoštevali DOP faktorje. Ti so podani znotraj NMEA standardnega sporočila, ki ima obliko: $\$GPGSA,A,3,11,29,07,08,5,17,24,,,,,2.3,1.2,2.0*30$. Zapis vsebuje sledeče informacije:

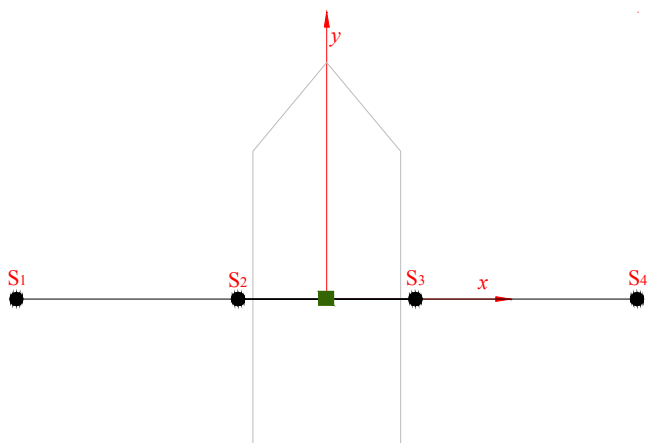
- A – samodejno nastavljanje določitve 2D ali 3D položaja,
- sledi število, ki pove, da določamo 3D položaj (3),
- številke satelitov (12),
- PDOP faktor (2.3),
- HDOP faktor (1.2),
- VDOP faktor (2.0).

5.4.1 LOKALNI KOORDINATNI SISTEM NA ČOLNU

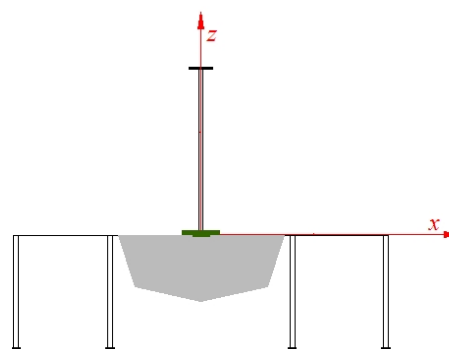
Na čolnu imamo vzpostavljen lokalni koordinatni sistem (Slika 35) in (Slika 36), ki je uporaben le v okviru programa Hypack.

Y os določa linija premec – krma (s pozitivno smerjo proti premcu), X-os pa določa linija, ki je pravokotna na Y os (s pozitivno smerjo proti desni strani čolna, gledano v smeri premca). Pravokotno na horizontalno ravnino je Z-os, pozitivno usmerjena navzgor.

Inštrumentarij na čolnu je razporejen tako, da je omogočen enostaven način določitve odmikov za potrebe nastavitve v programu. Kompas je nameščen v središču sistema, sonde na X-osi in GPS pa je nameščen nad kompasom v smeri Z-osi.



Slika 35. Lokalni koordinatni sistem na čolnu Y-X ravnina (in odmiki sond)



Slika 36. Lokalni koordinatni sistem na čolnu Z-X ravnina

5.4.2 IZRAČUN POLOŽAJA

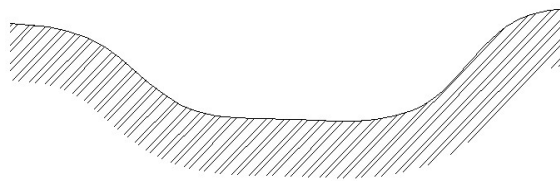
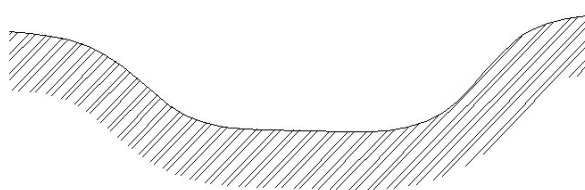
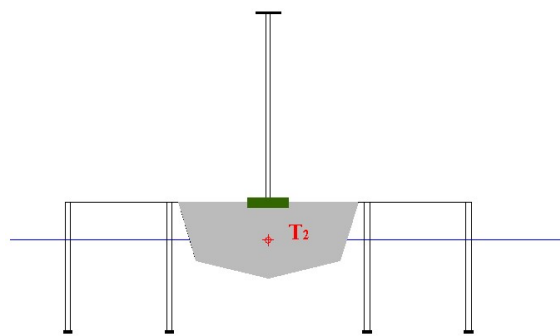
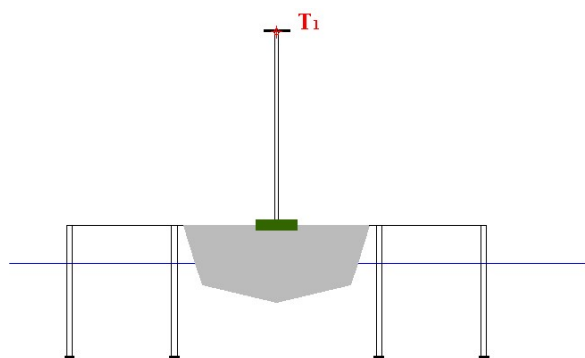
V okviru programa Hypack z GPS-om zajemamo samo horizontalne in ne višinskih koordinat. To pa zato, ker s programom nadziramo HDOP faktor. Z zajetimi koordinatami in z izmerjenimi odmiki sond, nagibi in azimutom ter globinami program izračuna horizontalne koordinate izmerjenih globin (glej 5.4.3.1 Horizontalna natančnost).

Za določitev vertikalnih koordinat pa z GPS-om izmerimo čim več točk neodvisno od programa. Pri tem pa smo posebej pozorni, da imamo dober VDOP faktor, saj nas zanimajo le izmerjene vertikalne koordinate. Ker meritve izvajamo na reki, predvidevamo, da se gladina

vode v času naših meritev ne bo spremenila. Kvaliteto naših višinskih meritev lahko naknadno preverimo v pisarni in če smo z njimi zadovoljni, jih vključimo v obdelavo. S posebej izmerjenimi točkami v fazi obdelave kreiramo datoteko plimovanja (glej 8.4.1 Datoteka plimovanja). Vertikalne koordinate program izračuna na podlagi izmerjenih globin in odmikov sond ter na podlagi posebej določenih vertikalnih koordinat (glej 5.4.3.2 Vertikalna natančnost).

Prikaz poteka meritev:

- Izmera položaja točke T_1 z GPS-om (Slika 37). Z upoštevanjem vertikalnega odmika antene (merjeno od gladine vode) se položaj točke prenese na gladino vode T_2 (Slika 38). Izmerjena višina antene nad gladino vode je 1.85m.



Slika 37. Izmera položaja z GPS

Slika 38. Izmera položaja z GPS ob upoštevanju višine antene

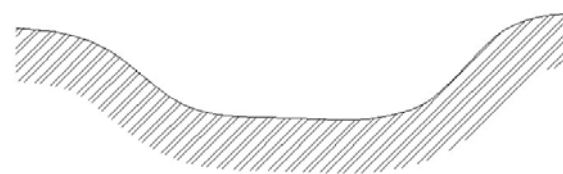
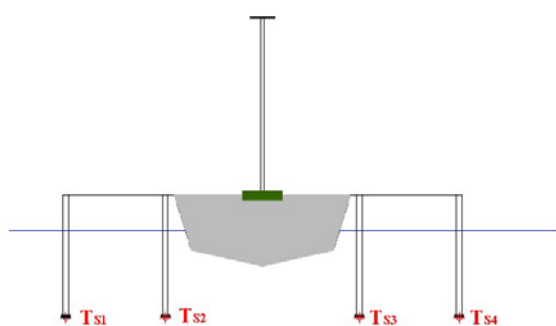
- Izračun koordinat vseh 4 sond T_{S1} - T_{S4} (Slika 39). Pri tem se upošteva orientacija v prostoru dobljen s kompasom ter izmerjeni horizontalni in vertikalni odmiki sond (Slika 35).

Preglednica 9. Odmiki sond

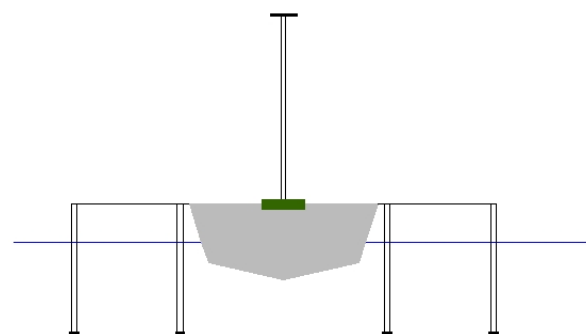
Višinski odmiki sond		Horizontalni odmiki sond	
p1	0.3m	x1	-3.48m
p2	0.3m	x2	-0.99m
p3	0.3m	x3	0.97m
p4	0.3m	x4	3.46m

Zaradi značilnosti programa so vse sonde potopljene za isto vrednost (Preglednica 9) (Ross 875-x). Odmiki na X-osi so označeni pozitivno, če se nahajajo na desni strani čolna oz. negativno na levi strani.

- Izračun položaja točk na rečnem dnu, kjer se upoštevajo izmerjene globine (Slika 40). Z datoteko plimovanja poskrbimo, da je izmerjeno rečno dno preračunano na ustrezno nadmorsko višino.



Slika 39. Izračun položaja sond



Slika 40. Izračun položaja točk na rečnem dnu

V vseh korakih izračuna se upoštevajo nagibi čolna.

5.4.3 OCENA NATANČNOSTI MERITEV

V postopku meritev so prisotni pogreški. Za izračun velikosti pogreškov ocenimo natančnosti meritev. V geodeziji se lahko natančnost merskih rezultatov izraža preko standardnih deviacij, ki opisujejo kvaliteto meritev.

Natančnost merskih rezultatov je v našem primeru odvisna od metode meritev in od natančnosti uporabljenega inštrumentarija, ki jih podaja proizvajalec. Ostale natančnosti so ocenjene na podlagi izkušenj.

Natančnost prostorskih meritev je sestavljena iz horizontalne in vertikalne natančnosti. Oceno horizontalne natančnosti računamo v dveh korakih. Najprej ocenimo natančnost v Y smeri in nato še v X. Skupna ocena nam pove oceno horizontalne natančnosti. Tudi pri oceni vertikalne natančnosti moramo upoštevati vpliv več dejavnikov. Preglednica 10 prikazuje vse računane natančnosti, preglednica 11 pa privzete natančnosti.

Preglednica 10. Računanane natančnosti

σ_H	Ocena vertikalne natančnosti položaja
σ_Y	Ocena horizontalne natančnosti položaja v Y smeri
σ_X	Ocena horizontalne natančnosti položaja v X smeri
σ_{Y-X}	Ocena horizontalne natančnosti položaja
σ_P	Ocena natančnosti položaja

Preglednica 11. Privzete natančnosti

σ_{GPS_H}	Natančnost vertikalnih meritev z GPS-om (RTK metoda meritev)
σ_{GPS_Y-X}	Natančnost horizontalnih meritev z GPS-om (RTK metoda meritev)
$\sigma_\theta, \sigma_\phi$	Natančnost kompasa za meritve nagibov <i>Roll</i> in <i>Pitch</i>
σ_α	Natančnost kompasa za meritve azimuta
σ_g	Natančnost globinomera
$\sigma_{V_a}, \sigma_{L_s}, \sigma_{V_s}$	Natančnost izmere odmikov V_a, V_s in L_s

5.4.3.1 HORIZONTALNA NATANČNOST

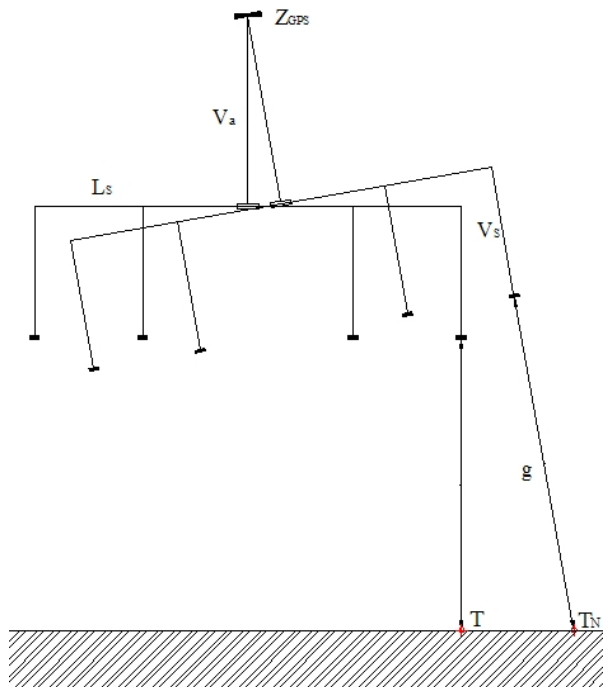
Ker izračun položaja točk rečnega korita ni podan, lahko sklepamo, da poteka na dva načina. Prvi način ne upošteva nagibov čolna, medtem ko jih drugi upošteva.

Izračun položaja:

$$\begin{aligned} Y &= Y_{GPS} + \sin(\alpha) \cdot (L_s \cdot \cos(\theta) - (V_a + V_s + g) \cdot \sin(\theta)) - \cos(\alpha) \cdot \sin(\phi) \cdot (V_a + V_s + g) \\ X &= X_{GPS} + \cos(\alpha) \cdot (L_s \cdot \cos(\theta) - (V_a + V_s + g) \cdot \cos(\theta)) + \sin(\alpha) \cdot \sin(\phi) \cdot (V_a + V_s + g) \end{aligned} \quad (12)$$

kjer sta Y_{GPS} in X_{GPS} položaja izmerjena z GPS-om, V_a je višina antene, L_s je horizontalni in V_s vertikalni odmik sonde merjena od središča lokalnega sistema na čolnu, g izmerjena

globina z globinomerom ter θ nagib *Roll*, ϕ nagib *Pitch* in α azimut izmerjeni s kompasom. Odmiki in višina so izmerjeni z merskim trakom.



Slika 41. Razlika položajev izračunanih glede na upoštevanje nagiba *Roll*

Če pri izračunu ne upoštevamo nagibov (čoln je v horizontalni legi), je položaj točke rečnega korita enak ne glede na izmerjeno globino. Če pa upoštevamo nagibe, se položaj spreminja z globino. Kolikšne so razlike med položaji, če ne upoštevamo oz. upoštevamo nagibe, prikazujejo preglednice 12, 13, 14 in 15. Slika 41 prikazuje razliko med položajema dobljena glede na prvi oz. drugi način izračuna z upoštevanjem nagiba *Roll*.

Preglednica 12. Razlike med položaji glede na upoštevanje nagibov čolna, $\alpha = 45^\circ$

Sonda 1	$\Theta, \Phi = 5^\circ$		$\Theta, \Phi = 0^\circ$		Razdalja [m]
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	
1.00	-2.84	-2.45	-2.46	-2.46	0.379
2.50	-3.02	-2.45	-2.46	-2.46	0.564
5.00	-3.33	-2.45	-2.46	-2.46	0.872
7.50	-3.64	-2.45	-2.46	-2.46	1.180
10.00	-3.95	-2.45	-2.46	-2.46	1.488
12.50	-4.26	-2.45	-2.46	-2.46	1.796
15.00	-4.57	-2.45	-2.46	-2.46	2.105
17.50	-4.87	-2.45	-2.46	-2.46	2.413

Preglednica 13. Razlike med položaji glede na upoštevanje nagibov čolna, $\alpha = 45^\circ$

Sonda 2	$\Theta, \Phi = 5^\circ$		$\Theta, \Phi = 0^\circ$		Razdalja [m]
	globina [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	
1.00	-1.09	-0.70	-0.70	-0.70	0.386
2.50	-1.27	-0.70	-0.70	-0.70	0.570
5.00	-1.58	-0.70	-0.70	-0.70	0.879
7.50	-1.89	-0.70	-0.70	-0.70	1.187
10.00	-2.19	-0.70	-0.70	-0.70	1.495
12.50	-2.50	-0.70	-0.70	-0.70	1.803
15.00	-2.81	-0.70	-0.70	-0.70	2.111
17.50	-3.12	-0.70	-0.70	-0.70	2.419

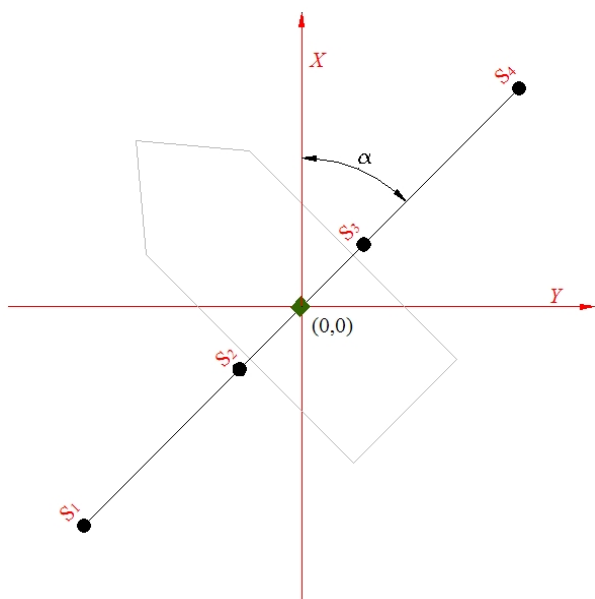
Preglednica 14. Razlike med položaji glede na upoštevanje nagibov čolna, $\alpha = 45^\circ$

Sonda 3	$\Theta, \Phi = 5^\circ$		$\Theta, \Phi = 0^\circ$		Razdalja [m]
	globina [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	
1.00	0.30	0.68	0.69	0.69	0.391
2.50	0.11	0.68	0.69	0.69	0.576
5.00	-0.20	0.68	0.69	0.69	0.488
7.50	-0.51	0.68	0.69	0.69	0.180
10.00	-0.81	0.68	0.69	0.69	0.128
12.50	-1.12	0.68	0.69	0.69	0.437
15.00	-1.43	0.68	0.69	0.69	0.745
17.50	-1.74	0.68	0.69	0.69	1.053

Preglednica 15. Razlike med položaji glede na upoštevanje nagibov čolna, $\alpha = 45^\circ$

Sonda 4	$\Theta, \Phi = 5^\circ$		$\Theta, \Phi = 0^\circ$		Razdalja [m]
	globina [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	
1.00	2.05	2.44	2.45	2.45	0.398
2.50	1.86	2.44	2.45	2.45	0.583
5.00	1.56	2.44	2.45	2.45	0.891
7.50	1.25	2.44	2.45	2.45	1.199
10.00	0.94	2.44	2.45	2.45	1.507
12.50	0.63	2.44	2.45	2.45	1.815
15.00	0.32	2.44	2.45	2.45	2.123
17.50	0.02	2.44	2.45	2.45	2.431

Rezultati so računani po enačbi (12), kjer so podatki: položaj GPS-a (0,0), azimut $\alpha=45^\circ$, višina antene in odmiki sond so navedeni v preglednici 17. V prvem načinu izračuna brez upoštevanja nagibov sta v enačbi (12) vrednosti θ in Φ enaki 0° , v drugem načinu pa sta θ in Φ enaka 5° . Slika 42 prikazuje izračunan primer brez upoštevanja nagibov.



Slika 42. Primer, ko je čoln v izhodišču koordinatnega sistema in zarotiran za α

Na natančnost horizontalnih meritev, izračunanih z enačbo (12), vpliva natančnost GPS-a, natančnost kompasa, natančnost globinomera in natančnost meritev z merskim trakom ter se izračuna:

$$\begin{aligned}\sigma_Y^2 &= \sigma_{GPS}^2 + a_Y^2 \cdot (\sigma_{V_a}^2 + \sigma_{V_s}^2 + \sigma_g^2) + b_Y^2 \cdot \sigma_{L_s}^2 + c_Y^2 \cdot \sigma_\alpha^2 + d_Y^2 \cdot \sigma_\theta^2 + e_Y^2 \cdot \sigma_\phi^2 \\ \sigma_X^2 &= \sigma_{GPS}^2 + a_X^2 \cdot (\sigma_{V_a}^2 + \sigma_{V_s}^2 + \sigma_g^2) + b_X^2 \cdot \sigma_{L_s}^2 + c_X^2 \cdot \sigma_\alpha^2 + d_X^2 \cdot \sigma_\theta^2 + e_X^2 \cdot \sigma_\phi^2\end{aligned}\quad (13)$$

kjer so parametri $a_Y, b_Y, c_Y, d_Y, e_Y, a_X, b_X, c_X, d_X, e_X$:

$$\begin{aligned}a_Y &= -\sin(\alpha) \cdot \sin(\theta) - \cos(\alpha) \cdot \sin(\phi) \\ a_X &= -\cos(\alpha) \cdot \sin(\theta) + \sin(\alpha) \cdot \sin(\phi) \\ b_Y &= \sin(\alpha) \cdot \cos(\theta) \\ b_X &= \cos(\alpha) \cdot \cos(\theta) \\ c_Y &= \cos(\alpha) \cdot (L_s \cdot \cos(\theta) - \sin(\theta) \cdot (V_a + V_s + g)) + \sin(\alpha) \cdot \sin(\phi) \cdot (V_a + V_s + g) \\ c_X &= -\sin(\alpha) \cdot (L_s \cdot \cos(\theta) - \sin(\theta) \cdot (V_a + V_s + g)) + \cos(\alpha) \cdot \sin(\phi) \cdot (V_a + V_s + g), \\ d_Y &= \sin(\alpha) \cdot (-\cos(\theta) \cdot (V_a + V_s + g) - L_s \cdot \sin(\theta)) \\ d_X &= \cos(\alpha) \cdot (-\cos(\theta) \cdot (V_a + V_s + g) - L_s \cdot \sin(\theta)) \\ e_Y &= -\cos(\alpha) \cdot \cos(\phi) \cdot (V_a + V_s + g) \\ e_X &= \sin(\alpha) \cdot \cos(\phi) \cdot (V_a + V_s + g)\end{aligned}\quad (14)$$

kjer so V_a višina antene, L_S horizontalni in V_S vertikalni odmik sonde merjena od središča lokalnega sistema na čolnu, g izmerjena globina ter θ nagib *Roll*, ϕ nagib *Pitch* in α azimut.

V izračunu horizontalne natančnosti upoštevamo oceni natančnosti v Y in X smeri in se izračuna:

$$\sigma_{Y-X}^2 = \sigma_Y^2 + \sigma_X^2 \quad (15)$$

Preglednice 16, 17 in 18 prikazujejo privzete podatke in njihove natančnosti.

Preglednica 16. Podatki o odmikih in njihovih natančnosti

V_a	150 cm	σ_{V_a}	$\pm 0,5$ cm
V_S	65 cm	σ_{V_S}	$\pm 0,5$ cm
L_{S1}	348 cm	σ_{L_S}	$\pm 0,5$ cm
L_{S2}	99 cm	σ_{L_S}	$\pm 0,5$ cm
L_{S3}	97 cm	σ_{L_S}	$\pm 0,5$ cm
L_{S4}	346 cm	σ_{L_S}	$\pm 0,5$ cm

Preglednica 17. Podatki o globinah in ocena njihovih natančnosti

g_1	1.00 m	σ_g	± 0.50 cm
g_2	2.50 m	σ_g	± 1.25 cm
g_3	5.00 m	σ_g	± 2.50 cm
g_4	7.50 m	σ_g	± 3.75 cm
g_5	10.00 m	σ_g	± 5.00 cm
g_6	12.50 m	σ_g	± 6.25 cm
g_7	15.00 m	σ_g	± 7.50 cm
g_8	17.50 m	σ_g	± 8.75 cm

Natančnost globin se računa po sledeči enačbi:

$$\sigma_g = \pm 0.5\% \cdot g, \quad (16)$$

kjer je g globina izmerjena z globinomerom.

Preglednica 18. Podatki o azimutu in njegovi natančnosti

α	45°	σ_α	$\pm 0,25^\circ$
----------	------------	-----------------	------------------

V izračunu upoštevam natančnost GPS horizontalnih meritev: $\sigma_{GPS_H} = \pm 2$ cm.

Izračun horizontalne natančnosti brez upoštevanja nagibov čolna:

Izračun poteka po enačbi (13). Ker v izračunu položaja točke rečnega korita ne upoštevamo nagibov čolna, kljub temu da se ta nagiba, privzamemo podatke v preglednici 19. Natančnosti σ_θ in σ_ϕ smo določili glede na vrednosti dejanskih nagibov.

Preglednica 19. Podatkih o nagibih in njihovih natančnosti

θ	0°	σ_θ	$\pm 5^\circ$
Φ	0°	σ_ϕ	$\pm 5^\circ$

Preglednici 20 in 21 opisujeta horizontalne natančnosti v Y in X ter Y-X smeri pregledno za vsako sondo posebej. Vrednosti so računane brez upoštevanja nagibov čolna po enačbi (13).

Preglednica 20. Pogrešek položaja v horizontalni ravnini v X in Y smeri, $\alpha = 45^\circ$

σ_Y, σ_X [cm]	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
Sonda1	± 27.5	± 40.6	± 62.4	± 84.2	± 106.0	± 127.9	± 149.7	± 171.5
Sonda2	± 27.5	± 40.6	± 62.4	± 84.2	± 106.0	± 127.9	± 149.7	± 171.5
Sonda3	± 27.5	± 40.6	± 62.4	± 84.2	± 106.0	± 127.9	± 149.7	± 171.5
Sonda4	± 27.5	± 40.6	± 62.4	± 84.2	± 106.0	± 127.9	± 149.7	± 171.5

Preglednica 21. Pogrešek položaja v horizontalni ravnini, $\alpha = 45^\circ$

σ_{Y-X} [cm]	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
Sonda1	± 39.0	± 57.4	± 88.3	± 119.1	± 150.0	± 180.8	± 211.7	± 242.5
Sonda2	± 38.9	± 57.4	± 88.3	± 119.1	± 150.0	± 180.8	± 211.7	± 242.5
Sonda3	± 38.9	± 57.4	± 88.3	± 119.1	± 150.0	± 180.8	± 211.7	± 242.5
Sonda4	± 39.0	± 57.4	± 88.3	± 119.1	± 150.0	± 180.8	± 211.7	± 242.5

Grafikon ocene natančnosti v horizontalni ravnini brez upoštevanja nagibov je viden v prilogi (A1).

Izračun horizontalne natančnosti z upoštevanjem nagibov čolna:

Ko v izračunu upoštevamo nagibe, privzamemo vrednosti navedene v preglednici 22. Zdaj so natančnosti nagibov v skladu s tehničnimi podatki. Natančnost izmerjenih nagibov (*Roll* in *Pitch*) proizvajalec podaja v dveh vrednostih. Prva je $\pm 0.4^\circ$, ki velja za nagibe čolna $< 20^\circ$.

Druga vrednost je $\pm 0.6^\circ$ za nagibe $>20^\circ$. Ker pa med našimi meritvami nismo presegli prve meje ($<20^\circ$), druge natančnosti nismo upoštevali v izračunih.

Preglednica 22. Podatki o nagibih in njihovih natančnosti

θ	0°	σ_θ	$\pm 0.4^\circ$
Φ	0°	σ_ϕ	$\pm 0.4^\circ$

Preglednici 23 in 24 opisujeta horizontalne natančnosti v Y in X ter Y-X smeri pregledno za vsako sondo in globino posebej. Vrednosti so računane po enačbi (13), kjer sta nagiba 0° .

Preglednica 23. Pogrešek položaja v horizontalni ravnini v Y in X smeri, $\alpha = 45^\circ$, θ , $\Phi = 0^\circ$

σ_Y, σ_X [cm]	g ₁	g ₂	g ₃	g ₄	g ₅	g ₆	g ₇	g ₈
Sonda1	± 2.8	± 3.7	± 5.3	± 7.0	± 8.7	± 10.4	± 12.1	± 13.8
Sonda2	± 2.6	± 3.5	± 5.2	± 6.9	± 8.6	± 10.3	± 12.1	± 13.8
Sonda3	± 2.6	± 3.5	± 5.2	± 6.9	± 8.6	± 10.3	± 12.1	± 13.8
Sonda4	± 2.8	± 3.7	± 5.3	± 7.0	± 8.7	± 10.4	± 12.1	± 13.8

Preglednica 24. Pogrešek položaja v horizontalni ravnini, $\alpha = 45^\circ$, θ , $\Phi = 0^\circ$

σ_{Y-X} [cm]	g ₁	g ₂	g ₃	g ₄	g ₅	g ₆	g ₇	g ₈
Sonda1	± 4.0	± 5.2	± 7.5	± 9.8	± 12.2	± 14.7	± 17.1	± 19.6
Sonda2	± 3.7	± 5.0	± 7.3	± 9.7	± 12.2	± 14.6	± 17.0	± 19.5
Sonda3	± 3.7	± 5.0	± 7.3	± 9.7	± 12.2	± 14.6	± 17.0	± 19.5
Sonda4	± 3.9	± 5.2	± 7.5	± 9.8	± 12.2	± 14.7	± 17.1	± 19.6

Grafikon ocene natančnosti v horizontalni ravnini z upoštevanjem nagibov je viden v prilogi (A2).

Horizontalna natančnost je enaka, če je čoln v horizontalni legi ali nagnjen za 5° . Sprememba je vidna pri večjih nagibih, ki pa jih med meritvami ne dosežemo.

Napaka se v obeh primerih veča z večanjem oddaljenosti sond od središča lokalnega sistema na čolnu in z večanjem globine. Večja kot je globina, bolj izenačene so natančnosti vseh sond. Če je vrednost azimuta 0° ali 180° , je natančnost položaja v smeri X enake za vsako sondo. To kaže, da v smeri X ni bilo vplivov odmikov sond. Na skupno natančnost najbolj vpliva natančnost v smeri Y. Obratno velja za vrednost azimuta 90° ali 270° . Zdaj na skupno napako najbolj vpliva natančnost v X smeri, natančnosti v Y smeri pa so neodvisne od odmikov sond. Ne glede na izbrano vrednost azimuta α je horizontalna natančnost vedno enaka.

Če v izračunu ne upoštevamo nagibov čolna, so ocenjene natančnosti dosti slabše od tistih, kjer jih upoštevamo. Iz tega lahko sklepamo, da se nagibi pri izračunu položaja točk rečnega dna upoštevajo.

5.4.3.2 VERTIKALNA NATANČNOST

Izračun višine dna rečnega korita za neko točko poteka po sledeči enačbi:

$$H_{DNO} = Z_{GPS} - (V_a + V_S + g) \cdot \cos(\theta) \cdot \cos(\phi) + L_S \cdot \sin(\theta), \quad (17)$$

kjer je Z_{GPS} višina izmerjena z GPS-om, V_a višina antene GPS-a, L_S horizontalni odmik izbrane sonde, V_S vertikalni odmik sonde, g izmerjena globina z globinomerom ter θ *Roll* in ϕ *Pitch* nagiba izmerjena s kompasom. Vertikalni in horizontalni odmiki GPS antene in sond so izmerjeni z merskim trakom.

Ker ne poznamo načina po katerem se v programu izračuna višina rečnega korita, je enačba (17) poenostavljena oblika tega izračuna. Predpostavljeno je, da čoln rotira okoli središča lokalnega koordinatnega sistema na čolnu. Sliki 43 in 44 prikazujeta izračun za eno izmed sond.

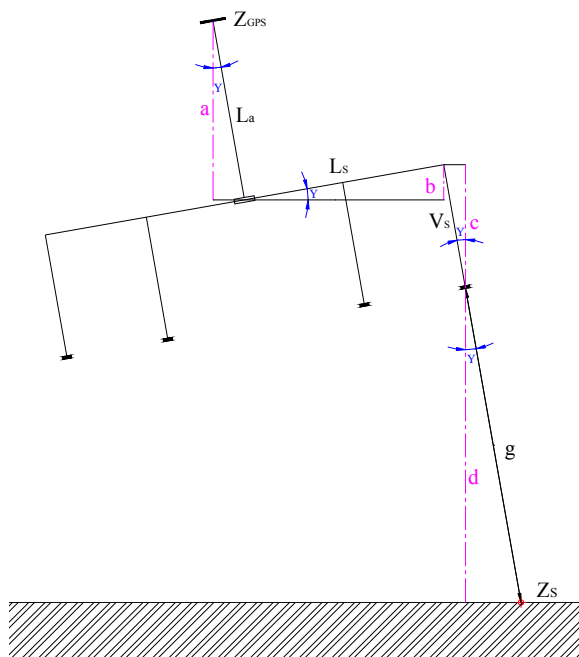
Na natančnost vertikalnih meritev vpliva natančnost GPS-a, natančnost kompasa, natančnost globinomera in natančnost meritev z merskim trakom. Iz enačbe (17) nastavimo enačbo za izračun natančnosti vertikalnih meritev:

$$\sigma_H^2 = \sigma_{GPS_V}^2 + a^2 \cdot (\sigma_{V_a}^2 + \sigma_{V_S}^2 + \sigma_g^2) + b^2 \cdot \sigma_{L_S}^2 + c^2 \cdot \sigma_\theta^2 + d^2 \cdot \sigma_\phi^2, \quad (18)$$

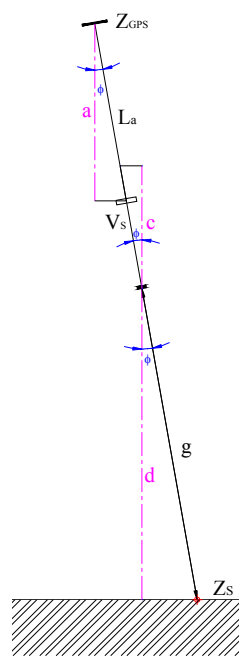
kjer so parametri a , b , c , d :

$$\begin{aligned} a &= -\cos(\theta) \cos(\phi) \\ b &= \sin(\theta) \\ c &= (V_a + V_S + g) \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\phi) + L_S \cdot \cos(\theta) \\ d &= (V_a + V_S + g) \cdot \cos(\theta) \cdot \sin(\phi) \end{aligned} \quad (19)$$

kjer so V_a višina antene GPS-a, L_S horizontalni odmik izbrane sonde, V_S višinski odmik sonde, g izmerjena globina z globinomerom ter θ *Roll* in ϕ *Pitch* nagiba izmerjena s kompasom.



Slika 43. Prikaz izračuna višine rečnega dna v ravnini Z-X lokalnega sistema



Slika 44. Prikaz izračuna višine rečnega dna v ravnini Z-Y lokalnega sistema

Preglednice 17, 25 in 26 prikazujejo privzete podatke in njihove natančnosti.

Preglednica 25. Podatki o odmikih

V_a	150 cm	σ_{V_a}	$\pm 0,5$ cm
V_S	65 cm	σ_{V_S}	$\pm 0,5$ cm
L_{S1}	348 cm	σ_{L_S}	$\pm 0,5$ cm
L_{S2}	99 cm	σ_{L_S}	$\pm 0,5$ cm
L_{S3}	97 cm	σ_{L_S}	$\pm 0,5$ cm
L_{S4}	346 cm	σ_{L_S}	$\pm 0,5$ cm

Preglednica 26. Podatki o nagibih

Θ_1	0°	σ_θ	$\pm 0,4^\circ$
Φ_1	0°	σ_ϕ	$\pm 0,4^\circ$
Θ_2	5°	σ_θ	$\pm 0,4^\circ$
Φ_2	5°	σ_ϕ	$\pm 0,4^\circ$
Θ_2	10°	σ_θ	$\pm 0,4^\circ$
Φ_2	10°	σ_ϕ	$\pm 0,4^\circ$

Vertikalna natančnost je ocenjena za globine navedene v preglednici 17. Za najmanjšo izbrano globino smo se odločili zaradi zmožnosti meritev globinomera. Največja globina pa je izbrana na podlagi opravljenih meritev za opisano območje. Kljub temu, da meritve nikoli ne dosežejo globine 17.5m, je v izračunu upoštevana zgolj za ponazoritev.

V izračunu upoštevam natančnost GPS vertikalnih meritev: $\sigma_{GPS_V} = \pm 6cm$.

V preglednicah 21 in 22 so izračunane vertikalne natančnosti za vsako sondo posebej glede na izbrane globine.

Preglednica 27. Pogreški položaja v vertikalni smeri v odvisnosti od globin, $\theta, \Phi = 0^\circ$

σ_H [cm]	g ₁	g ₂	g ₃	g ₄	g ₅	g ₆	g ₇	g ₈
Sonda1	± 6.6	± 6.7	± 7.0	± 7.5	± 8.2	± 9.1	± 10.0	± 10.9
Sonda2	± 6.1	± 6.2	± 6.6	± 7.2	± 7.9	± 8.7	± 9.7	± 10.7
Sonda3	± 6.1	± 6.2	± 6.6	± 7.2	± 7.9	± 8.7	± 9.7	± 10.7
Sonda4	± 6.± 6	± 6.7	± 7.0	± 7.5	± 8.2	± 9.0	± 10.0	± 10.9

Preglednica 28. Pogreški položaja v vertikalni smeri v odvisnosti od globin, $\theta, \Phi = 5^\circ$

σ_H	g ₁	g ₂	g ₃	g ₄	g ₅	g ₆	g ₇	g ₈
Sonda1	± 6.6	± 6.8	± 7.2	± 7.8	± 8.5	± 9.3	± 10.3	± 11.3
Sonda2	± 6.2	± 6.3	± 6.7	± 7.3	± 8.0	± 8.9	± 9.8	± 10.8
Sonda3	± 6.2	± 6.3	± 6.7	± 7.3	± 8.0	± 8.9	± 9.8	± 10.8
Sonda4	± 6.6	± 6.8	± 7.2	± 7.8	± 8.5	± 9.3	± 10.3	± 11.3

Grafikon napake položaja v vertikalni smeri v odvisnosti od globin za vrednosti nagibov $\theta, \phi = 5^\circ$ je viden v prilogi (A3).

Prikazani sta dve preglednici, ki se razlikujeta glede na vrednost nagibov. Vrednost nagibov je določena na podlagi rezultatov meritev na obravnavanem območju in se giblje znotraj $\pm 5^\circ$. Iz rezultatov je razvidno, da v nižjih globinah na natančnost vpliva predvsem natančnost GPS-a. Z večanjem globin pa se večja tudi vpliv natančnosti globinomera. Opazna je razlika ocenjenih natančnosti med posameznimi sondami, kjer se pozna vpliv horizontalnih odmikov. Daljši kot je odmik sonde od središča sistema, večja je napaka. Z globino se ocenjene natančnosti izenačujejo.

5.4.3.3 SKUPNA NATANČNOST

Skupno natančnost izračunamo z upoštevanjem horizontalne in vertikalne natančnosti:

$$\sigma_P^2 = \sigma_H^2 + \sigma_{Y-X}^2 \quad (20)$$

Privzeli smo vrednosti ocenjene horizontalne natančnosti, kjer se upoštevajo nagibi čolna.

Preglednica 29. Natančnost položaja

σ_P cm]	g ₁	g ₂	g ₃	g ₄	g ₅	g ₆	g ₇	g ₈
Sonda1	± 7.8	± 8.6	± 10.4	± 12.6	± 15.0	± 17.5	± 20.0	± 22.6
Sonda2	± 7.2	± 8.0	± 9.9	± 12.2	± 14.6	± 17.1	± 19.7	± 22.3
Sonda3	± 7.2	± 8.0	± 9.9	± 12.2	± 14.6	± 17.1	± 19.7	± 22.3
Sonda4	± 7.8	± 8.6	± 10.4	± 12.6	± 15.0	± 17.5	± 20.0	± 22.6

Grafikon natančnosti položaja v prostoru je viden v prilogi (A4).

Prikazane natančnosti (Preglednica 29) so računane ob upoštevanju $\theta, \phi = 5^\circ$. Na skupno natančnost do globine 5m najbolj vpliva vertikalna natančnost, pri večjih globinah pa najbolj vpliva horizontalna natančnost.

V prilogi so dodani grafi natančnosti za vsako sondo (A5-A8).

5.4.4 TEHNIČNI PODATKI

Preglednica 30. Tehnični podatki za GPS Leica 1200

Frekvenca	L1 in L2
Vertikalna natančnost	±6cm
Horizontalna natančnost	±1.3cm

Preglednica 31. Nastavitve v Hypack-u za GPS Leica 1200, povezava z računalnikom

Serijski vhod	COM 4
Hitrost prenosa podatkov	115200 bitov/s

6 BOČNI (SIDESCAN) SONAR – TOWFISH

Sonar se uporablja za odkrivanje objektov na rečnem ali morskem dnu. Bočni sonar (SideScan sonar – SSS) je inštrument (ali metoda) za pridobivanje slike morskega ali rečnega dna v realnem času. Je posebej oblikovan sonar, ki »vidi« bočno in pod seboj. Uporablja se predvsem za interpretacijo izmerjenih linij z eno-sondnim sistemom. Prav tako je uporaben za več-sondni sistem npr. pri odkrivanju ozkih prepek. Najpogosteje se snema dno za odkrivanje značilnosti dna med merjenimi linijami. Dno in vsi objekti v vodi (tudi nad dnom) reflektirajo zvočne valove in na podlagi te informacije se kreira slika. Ta metoda snemanja zajame velika območja morskega ali rečnega dna, kar omogoča hitro in preprosto kartiranje. Prav tako omogoča uspešno iskanje predmetov na dnu rek ali morja, saj je zvok najboljša »luč« v vodi.

Obstajata dve izvedbi bočnih sonarjev: enostranski in dvostranski bočni sonar. Prva izvedba ima oddajnik pritrjen na eni strani čolna, druga pa ima lahko oddajnik pritrjen na obeh straneh čolna ali pa je oddajnik najpogosteje pritrjen kar na cilindrično telo z zaobljenim nosom (Towfish) (Slika 45) (Pribečević, 2005). Slednji je lahko togo pritrjen na čoln ali pa ga čoln vleče za seboj.



Slika 45. Imagenex SportScan

Inštrument odda pulz v smeri gibanja. Pulz je oddan tako, da je slika pridobljena bočno in pod sonarjem. Poslani pulz se lahko pri stiku z dnom absorbira ali pa odbije. Obstaja več odbojev zvoka; naravnost nazaj ali pa razpršeno. Seveda, je najbolj važen odboj nazaj. Koliko bo absorbiranega in razpršenega zvoka pa je odvisno predvsem od zgradbe dna. Trdi materiali povzročajo večjo razpršenost zvoka, medtem ko mehki materiali povzročajo absorpcijo. Vse

to povzroča napake na sliki (Slika 46). Napake povzroča tudi nagibanje čolna: naprej – nazaj *Pitch* in levo – desno *Roll*. (People and Sound in the Sea, 2005)



Slika 46. Potovanje zvoka

Dvostranski bočni sonar ima dva oddajnika nameščena v nosu »ribe«. Ponavadi so postavljeni 10° pod horizontom za boljšo pokritost in boljše odkrivanje ovir na dnu.

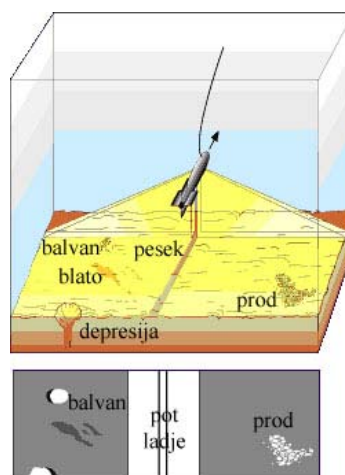
Širina snopa je 30° v vertikalni ravnini in 1° – 2° v horizontalni ravnini. Bočni sonarji so zmožni pokrit velika področja in s tem koristno odkrivati ovire na dnu.

Širina pokritega območja rečnega dna z bočnim sonarjem je odvisna od:

- širine snopa v vertikalni ravnini,
- višine nad rečnim dnom,
- jakosti oddajnika, frekvenci in odboju,
- nagiba osi snopa glede na horizont.

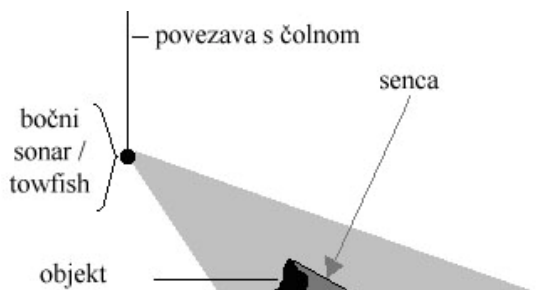


Slika 47. Sprememba teksture dna



Slika 48. Princip snemanja

Z bočnim sonarjem se med snemanjem kreira tipična sled (Slika 47). Sredina slike je pot čolna oz. Towfish naprave prikazana kot dve črni črti. To je pravzaprav zvočni pulz, ki ga oddajnik pošlje in sprejemnik nemudoma zazna. Navzven od črne črte je vidno belo prazno polje (Slika 48). To nastane zaradi časa, ki ga zvok potrebuje na svoji poti do cilja. Prvi eho od dna je takoj za praznim poljem. (People and Sound in the Sea, 2005)



Slika 49. Kreiranje senc

Na posnetkih so vidne sence posnetih objektov (Slika 49). Do tega pojava pride predvsem zaradi geometrije zvoka in objekta. Sonar pošlje signal, ki se odbije od objekta nazaj do inštrumenta. Objekt lahko zaradi svoje geometrije onemogoči signalu prodor do dna, kar kreira sence. To je dejansko le območje od katerega se signali ne odbijejo.

Bočni sonarji so primerni za transport zaradi majhne mase. Oblikovani so za snemanje plitvih vod do nekaj 100 metrov globine. Mala dimenzija, enostavna uporaba in kvaliteta pridobljenih podatkov, je razlog za njihovo pogosto uporabo. (Pribičević, 2005)

V hidrogrfski geoznanosti se sonarji uporabljajo za pridobivanje bližnje vizualne predstave geološke podlage. Slika prikaže osnovne neznanke o naravi dna. Mehko sedimentno dno bo poslalo nazaj malo energije, medtem ko bo trdo in kamnito dno poslalo nazaj dosti energije.

Uporabni so za raziskovanje podvodne arheologije, ekološke raziskave, geodetske meritve, znanstvene raziskave in še.

Resolucija bočnega sonarja je manjša od enega centimetra, kar je prilagojeno sedimentnemu reliefu malega merila zato lahko akustična slika razlikuje zelo fine geološke strukture. Slika sodobnih bočnih sonarjev je tako dobra, da se lahko primerja s fotografijo.

7 ČOLN LABIN 500



Slika 50. Labin 500

Pomembno je razčleniti in preučiti vsako komponento projekta. Ob nakupu čolna se upoštevajo potrebe sistema, ki ga imamo. Važen je tudi cenovni vidik. Obstajajo različni tipi in oblike čolnov.

Večji čolni (8m in več) so v splošnem bolj varni in učinkoviti, ampak so poleg nabavne cene visoki tudi dnevni operativni stroški. Prav tako takšen čoln potrebuje posebno urejeno območje za splavitev. Manjši čolni (manj kot 8m) so bolj fleksibilni gledano predvsem s stališča operativnih stroškov. So pa zato manj stabilni v vodi, kar se kaže na kvaliteti podatkov. Na izbiro čolna vpliva več faktorjev:

- širina reke – predvsem s stališča mobilnosti in nezmožnosti celotne pokritosti v plitvih vodah,
- slana ali sladka voda – nekateri niso prirejeni za vse vode (US Army c-6, 2005),
- ugrez čolna – bolj globoko ko se potopi, manj je primeren. Večji kot je ugrez, večji problem je s splavitvijo čolna. Ker je reka na mnogih mestih zelo plitva, lahko nasede.
- število potnikov,
- varnost,

- vreme,
- operativni stroški,
- možnost namestitve Sweep sistema.

Za opisane meritve, ki so izvajane na odseku Zlatoličje smo uporabili čoln Labin 500. Glavni kriterij za izbiro tega čolna je bil, da omogoča inštalacijo Sweep sistema.

Čoln (Slika 50) smo zaradi boljše izkoriščenosti preuredili. Odstranjena je streha, ograja in leseni del premca. Brez lesenega sprednjega dela je čoln pridobil večjo notranjost, kar je zelo koristno pri velikem številu inštrumentov. Brez ograje pa je lažji vstop na čoln.

7.1 TEHNIČNI PODATKI

Preglednica 32. Tehnični podatki za Labin 500

Dolžina:	4,99m
Širina:	1,92m
Teža:	450kg
Ugrez:	0,4m
Število oseb:	6

8 PROGRAMSKA OPREMA HYPACK MAX / HYSWEEP

Naloga obravnava zajem koordinat struge reke Drave na bazenu Zlatoličje. Izmera zahteva več geodetskih inštrumentov: GPS (ali tahimeter), globinomer in kompas. S pomočjo računalnika in programskega paketa Hypack Max 4.3a je delo avtomatizirano. Vse lahko upravlja in nadzoruje ena oseba. Ekipo na terenu sestavljata le geodet, ki skrbi za kontrolo delovanja preko računalnika, in pomočnik, katerega glavna naloga je vožnja čolna.

Hypack Max 4.3a je hidrografsko–geodetski programski paket, ki podpira vse faze geodetskih del: planiranje, zajem podatkov (meritve) in ureditev podatkov v končne produkte. Ena glavnih prednosti tega programa je povezava in kontrola vseh uporabljenih inštrumentov pred in med meritvami.

HySweep je modul znotraj programskega paketa Hypack. Omogoča kalibriranje, zajemanje in urejanje podatkov za sistem z več sondami t.i. Sweep sistem.

Za zagon programa potrebujemo fizični ključ, ki se priklopi na računalnik, ponavadi na LPT ali USB vhod.

8.1 FAZE GEODETSKIH DEL

Faze geodetskih del lahko v grobem razdelim na tri dele: pred izmero, izmera in obdelava po izmeri:

- Priprava (pred izmero);
v prvi fazi pripravimo vse potrebne podatke. Naredimo plan izmere in po potrebi rekognosciramo teren. V tej fazi nastavimo karakteristike obravnavanega področja in opreme. Planiranje je osnovnega pomena, saj je drugače proces meritev otežen ali pa sploh nemogoč.
- Meritve;
v tej fazi zajemamo podatke. Če je bilo planiranje izvedeno pravilno in oprema pravilno nameščena, poteka ta proces nemoteno.

- Obdelava (po izmeri);

po uspešno končanih prvih dveh fazah je potrebno podatke obdelati – spremeniti v zeleno obliko. Pri tem najprej pregledamo, če so podatki smiselni. Nadalje jih ustrezno obdelamo, popravimo in po potrebi tudi razredčimo. Končna oblika je odvisna od naročnika.

8.2 PRIPRAVA – PLANIRANJE

Naročnik meritev rečne struge Drave so HE Maribor. Na Dravi je postavljenih 8 hidroelektrarn (HE). Na vsakem bazenu (struga med dvema HE) se opravljajo redne meritve za namen kontrole izprodenja ali drugih del. Opisan je primer izmere enega izmed teh bazenov – bazen Zlatoličje. Le-ta se razteza na območju od HE Mariborski otok do Melja (Meljski jez).

Včasih so se meritve opravljale na vnaprej določenih profilih (eno-sondni sistem). Z napredkom tehnologije pa je omogočeno snemanje celotnega bazena (Sweep tehnika). Kasneje je možno podatke izrezati na zelene profile.

Delo izvedbe projekta se začne pri planiranju. Planiranje poteka v tesni povezavi s programom, ki ga uporabljamo.

- Najprej zberemo ustrezne podlage in koordinate, ki so potrebne za obravnavano območje.
- Sledi ogled terena in določitev metode meritev.
- Naslednji korak je kreiranje projekta znotraj programa in določitev vseh potrebnih nastavitev.

Pred začetkom izmere, rekognosciramo delovišče. Na podlagi tega določimo metodo izmere in oblikujemo ekipo. Slika 51 prikazuje območje izmere – obrobljeno.

Za podlago smo uporabili rastrski TIF format (georeferenciran format) v merilu 1:5000. Značilnost tega formata je, da ima določeno koordinato zgornjega levega vogala slike, kar omogoča avtomatsko pozicioniranje v prostoru (Preglednica 33).



Slika 51. Delovišče – bazen Zlatoličje

Preglednica 33. Koordinate zgornjega levega vogala uporabljenih rastrskih TIF podlag

Podlaga	X [m]	Y [m]
I270161b.TIF	545000.25	159999.75
I270261b.TIF	547250.25	159999.75
I270361b.TIF	549500.25	159999.75
I270461b.TIF	551750.25	159999.75
I271261b.TIF	547250.25	156999.75
I271361b.TIF	549500.25	156999.75

Po ogledu terena smo določili, da bomo meritve izvajali z GPS RTK metodo. Če pa na nekaterih območjih ne bi bilo možno izvajati meritev z GPS-om, pa potrebujemo koordinate stabiliziranih profilnih kamnov, saj bi meritve izvajali z motoriziranim tahimetrom. V tem primeru se navežemo na stabilizirane kamne.

Koordinate profilnih kamnov (Slika 52) smo dobili od Dravskih elektrarn Maribor.



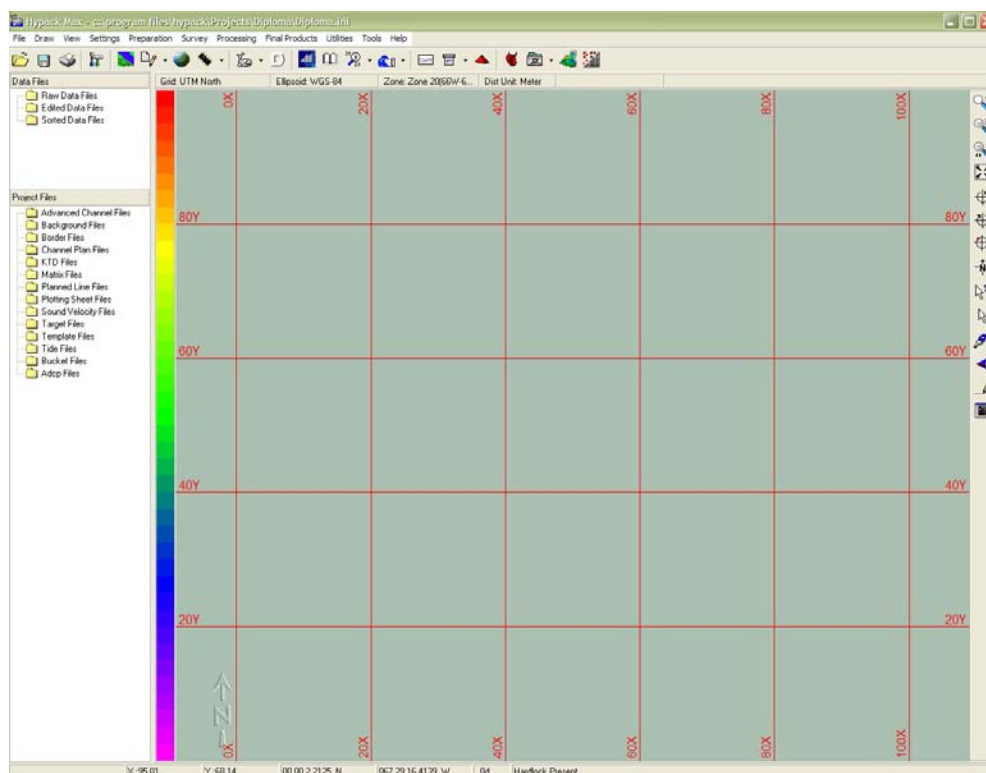
Slika 52. Profilne linije – izsek

8.2.1 KREIRANJE PROJEKTA V PROGRAMSKEM PAKETU HYPACK

Za vsako delovišče kreiramo znotraj programa novi projekt (Slika 53). Ob tem se samodejno kreirajo 3 mape: RAW, EDIT in SORT, ki se prikažejo v oknu s podatki (DATA Files). V prvo mapo se shranjujejo izmerjeni (surovi) podatki v obliki *.RAW. Popravljeni podatki, se shranijo v mapo EDIT v obliki *.SWP. Podatki s katerimi modeliramo in oblikujemo končne projekte za naročnika, se shranijo v SORT mapo v obliki *.XYZ.

V oknu PROJECT Files so shranjeni vsi podatki, ki niso dobljeni z izmero. Najpogosteje uporabljeni so:

- Ozadje: kot ozadje lahko uporabljamo različne podlage (AutoCAD, Microstation, ARC View...). Mi smo za podlago uporabili digitalni orto-foto DOF (format TIF).
- Matrika območja snemanja: predstavlja kvadratno območje sestavljeno iz celic. Te celice se med meritvami obarvajo z izmerjenimi globinami.
- Datoteka plimovanja: vsebuje podatke o nadmorski višini.



Slika 53. Začetek projekta – prazna vsebina

Ko kreiramo projekt in naložimo podlage, določimo še geodetske podatke, specifične za naše področje, in opremo, s katero izvajamo merite.

8.2.2 DOLOČITEV GEODETSKIH PARAMETROV (GEODETIC PARAMETERS)

Hypack Max omogoča delo v skoraj vseh znanih projekcijah. Ker izhodni podatki večine uporabljenih inštrumentov niso v zeleni obliki, program omogoča njihovo transformacijo v lokalni datum in nato v zeleno projekcijo. Slika 54 prikazuje določene transformacije za naše delovišče ob uporabi GPS-a.

Meritve smo izvajali z GPS. Sistem GPS deluje v WGS 84 (World Geodetic System 1984) koordinatnem sistemu. To je globalni koordinatni sistem z izhodiščem v težišču Zemlje. Z-os koordinatnega sistema je usmerjena v smer dogovorjenega zemeljskega pola CTP (Conventional Terrestrial Pole), kot ga je definiral BIH (Bureau International de l'Heure), X-os je usmerjena proti presečišču BIH ničelnega meridiana in ravnine CTP ekvatorja, Y-os zaključuje desnosučni ortogonalni koordinatni sistem. Položaj v tem sistemu je določen s kartezičnimi koordinatami (X,Y,Z) ali z geografskimi koordinatami (φ , λ , h).

V Sloveniji je uzakonjen Gauss-Krügerjev koordinatni sistem (D-48). Slovenski državni koordinatni sistem temelji na astrogeodetskem datumu, s katerim je zagotovljena horizontalna komponenta geodetskega datuma, in višinskem datumu, ki zagotavlja višinsko komponento geodetskega datuma. Gauss-Krügerjev koordinatni sistem je centralna konformna Merkatorjeva projekcija Zemlje na prečne valje, ki se dotikajo površine elipsoida vsake tri dolžinske stopinje. Projekcija srednjega meridiana in ekvatorja sta X in Y osi sistema kartezičnih koordinat. Značilnosti za našo cono:

- osnovni elipsoid: Besselov elipsoid,
- centralni meridian: 15°E,
- faktor merila preslikave: 0.9999,
- cona: 5,
- zamik mreže proti V: 500 000 in S: -5 000 000.

Da dobimo koordinate v D-48 koordinatnem sistemu, je potrebno poznati referenčni elipsoid, parametre za datumsko transformacijo in projekcijske parametre. Potek računanja:

$$(\varphi, \lambda, h)_{WGS-84} \rightarrow (X, Y, Z)_{WGS-84} \rightarrow \text{transformacija} \rightarrow (X, Y, Z)_{Bessel} \rightarrow (\varphi, \lambda, h)_{Bessel}$$

Preglednica 34. Besselov 1841 in WGS84 elipsoid

Elipsoid	a [m]	1/f
WGS84	6378137.000	298.25722356
Bessel	6377397.155	299.15281280

Za prehod iz WGS-84 na Besselov elipsoid potrebujemo transformacijske parametre (tri premike, tri rotacije in spremembo merila). Da pa ti parametri veljajo za širše območje, uporabim 7-parametrično Helmertovo transformacijo.

Preglednica 35. Parametri za 7-parametrično transformacijo na obravnavanem območju

Translacija		Rotacija	
ΔX	-567.48 m	ω_x	-1.70711"
ΔY	96.21 m	ω_y	0.68952"
ΔZ	-450.37 m	ω_z	-7.5862"

In m sprememba merila (-10.4420 ppm).

7-parametrična transformacija se izračuna po enačbi (23):

$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1 + m) * R * \begin{bmatrix} X_{WGS-84} \\ Y_{WGS-84} \\ Z_{WGS-84} \end{bmatrix}, \quad (21)$$

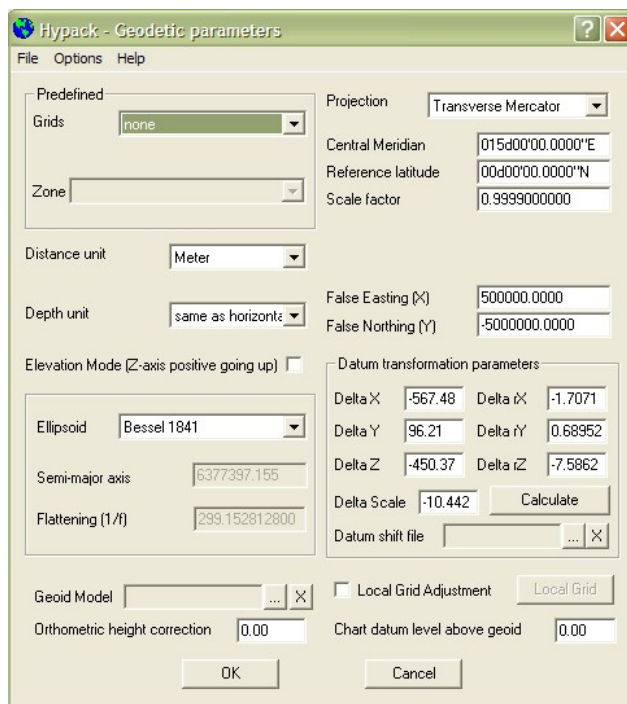
kjer je R rotacijska matrika:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & \omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 1 & \omega_x \\ \omega_y & -\omega_x & 1 \end{bmatrix}. \quad (22)$$

Transverzalna Merkator-jeva projekcija, ki jo uporabljamo v Sloveniji, je že določena v programu. Preglednica 36 prikazuje potrebne nastavitve v programu.

Preglednica 36. Parametri projekcije

Projekcija	
Centralni meridian	15° 00' 00.00" E
Faktor merila	0.9999
Zamik mreže na V	500000 m
Zamik mreže na S	-5000000 m



Slika 54. Določitev geodetskih parametrov – GPS

8.2.3 DOLOČITEV OPREME (HARDWARE)

Hypack zna komunicirati z več kot 180 različnimi tipi geodetske opreme. To vključuje naprave za pozicioniranje, globinome, kompase... Če bi bila vsa programska koda vgrajena v program Hypack, bi potrebovali zelo močne računalnike. Zato je problem rešen s t.i. Dynamic Link Libraries ali DLL. Ob zagonu programa se naloži le tista koda, ki jo potrebujemo. Potrebno kodo pa določimo z nastavitvijo opreme. Za vsak kos opreme obstaja gonilnik (Driver), ki zna komunicirati z napravo, dekodirati dobljene podatke in ve, kako pogosto mora pošiljati podatke (HypackTN, 2005).

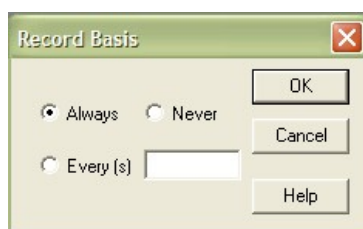
Programu je potrebno povedati katere instrumente smo priključili. Glede na tip instrumenta program sprejema različne podatke. Na našem čolnu smo imeli priključene: GPS Leica 1200, Honeywell kompas in Ross SmartSweep 875-4 globinomer. Za opremo, ki jo uporabljamo,

ima program že določene gonilnike. Vsaka oprema ima svoje značilnosti znotraj vsakega koraka nastavitve. Nastavitve za vsak inštrument potekajo po enakem postopku, nastavitvene opcije pa se razlikujejo glede na značilnosti opreme.

Koraki potrebni za nastavitvev inštrumenta (Slika 57):

- gonilnik (Driver),
- tip naprave (Device Type),
- možnosti nastavitvev (Setup Options),
- podatki o snemanju (Recording info),

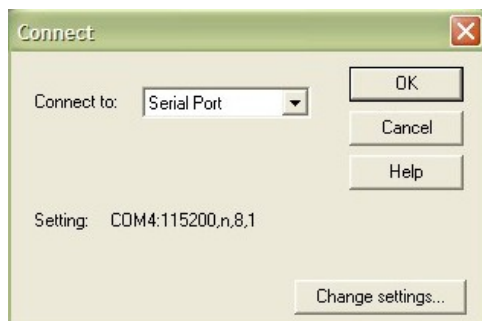
Pod »podatki o snemanju« določamo pogostost shranjevanja prejetih podatkov (Slika 55).



Slika 55. Podatki o snemanju

- povezava z računalnikom (Connection info) (Slika 56),

Za vsak inštrument posebej določimo njegove značilnosti potrebne za povezavo z računalnikom (»povezava z računalnikom«), ki smo jo vzpostavili preko PCMCIA kartice.



Slika 56. Povezava z računalnikom – GPS

- odmiki v lokalnem koordinatnem sistemu na čolnu (Offset),

Opcija »odmiki v lokalnem koordinatnem sistemu« omogoča nastavitve odmikov inštrumentarija glede na izhodišče lokalnega koordinatnega sistema, če inštrument ni v središču sistema.

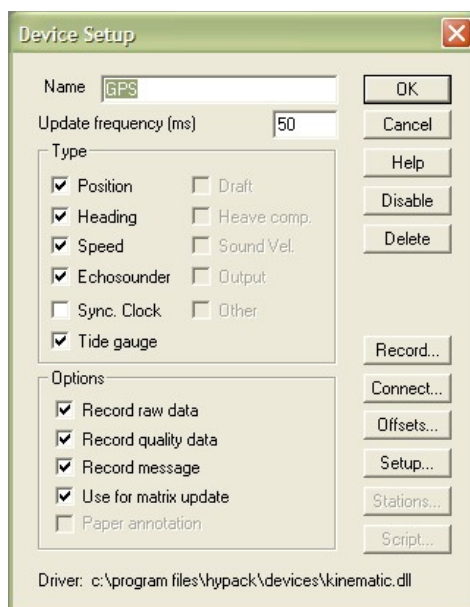
- specifične nastavitve (Device Setup).

Sledijo opisi ustreznih nastavitvev razdeljenih po inštrumentih.

8.2.3.1 NASTAVITVE ZA GPS

Uporabljen je gonilnik »kinematic.dll« (Slika 57). Določene nastavitve omogočajo snemanje vseh surovih podatkov, njihove natančnosti in omogočajo, da se med meritvami uporablja matrika območja snemanja (glej 8.2.4 Matrika območja snemanja). Z nadziranjem natančnosti meritev lahko že med snemanjem eliminiramo slabe podatke in tako takoj vidimo, kje moramo meritve ponoviti. Frekvenca posodabljanja je nastavljena na vsakih 50ms.

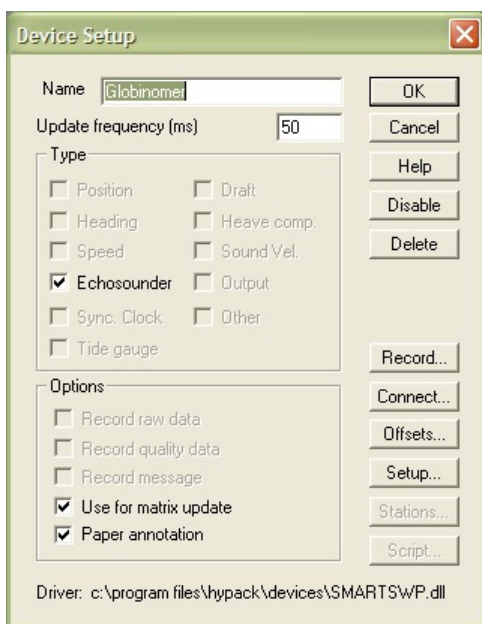
Posebnost, ki jo lahko določimo pri nastavitvah za GPS pod »specifične nastavitve«, je nastavitve alarma. Nadziramo lahko kvaliteto meritev preko dveh faktorjev: HDOP faktor in število vidnih satelitov. Določimo največjo dovoljeno vrednost obeh faktorjev in stopnjo alarma. Izbiramo lahko med opozorilom (na monitorju utripa opozorilo) in (ali) prenehanjem shranjevanja podatkov. V našem primeru se bodo meritve prenehale shranjevati, ko bo HDOP slabši od 2.



Slika 57. Nastavitve za GPS

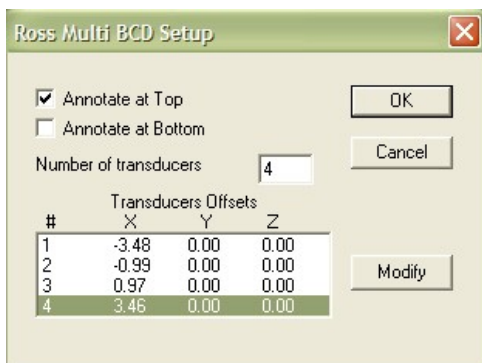
8.2.3.2 NASTAVITVE ZA GLOBINOMER – ROSS SMARTSWEEP

Za globinomer smo uporabili smartswp.dll gonilnik (Slika 58). Frekvenca posodabljanja je nastavljena na vsakih 50ms. Če želimo meritve izvajati s pomočjo matrik območij snemanj, izberemo to možnost (Use for Matrix Update).



Slika 58. Nastavitve za Ross SmartSweep globinomer

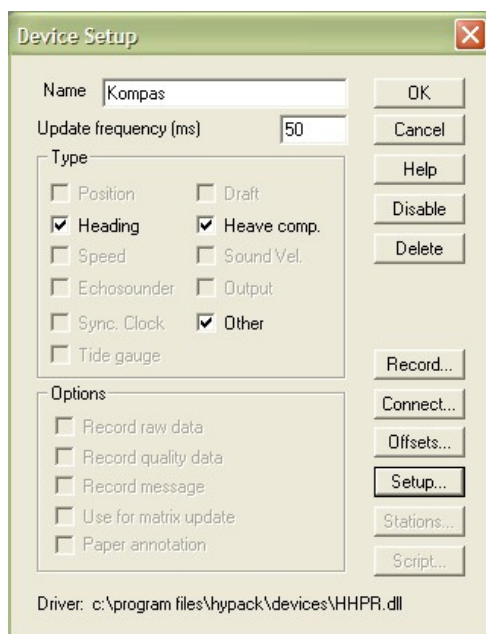
Pod »specifične nastavitve« pri globinomeru nastavimo odmike vseh sond (Slika 59). Sonde so nameščene v liniji, ki sovpada z X-osjo lokalnega koordinatnega sistema čolna. Zaradi kontrole pred vsakim začetkom dela izmerimo vse odmike in jih po potrebi popravimo. Odmiki se merijo od središča lokalnega koordinatnega sistema navzven, kjer odmiki na levi strani dobijo negativni predznak.



Slika 59. Odmiki vseh štirih sond

8.2.3.3 NASTAVITVE ZA HONEYWELL DIGITALNI KOMPAS

Za kompas smo uporabili hhpr.dll gonilnik (Slika 60). Pomembno je, da upoštevamo orientacijo. Frekvenca posodabljanja med meritvami je nastavljena na vsakih 50ms.



Slika 60. Nastavitve Honeywell kompas

Ko določimo vso potrebno opremo, jo priključimo na računalnik in jo pred začetkom meritev še testiramo. Testiramo lahko vsako napravo posebej ali pa vse skupaj. Iz prejetih podatkov vidimo, če naprave delujejo. Eden izmed glavnih problemov, ki nastopi, je, da nismo nastavili pravilnega vhoda. Drugi vzrok je ponavadi ta, da v nastavitvah »povezava z računalnikom« nismo nastavili pravilne frekvence pošiljanja podatkov (Baud Rate). Ko napake odpravimo in testiranje uspešno, ga je potrebno zaustaviti. Če tega ne naredimo, ne bomo v procesu meritev dobivali podatkov, saj bo program nadaljeval s testiranjem, medtem ko bomo mi želeli snemati.

8.2.4 MATRIKA OBMOČJA SNEMANJA

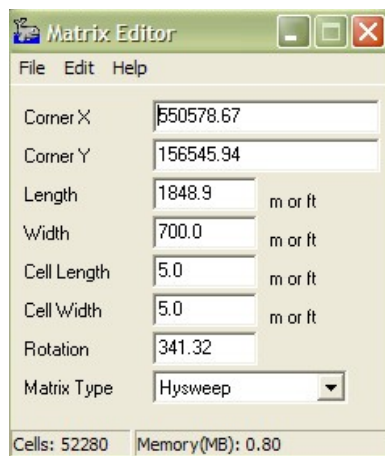
Pred začetkom izvajanja meritev določimo območje meritev. To najpogosteje naredimo s projektiranimi linijami ali pa z matrikami območij snemanj.

Če meritve izvajamo na projektiranih linijah, uporabimo koordinate profilnih kamnov in kreiramo linije (Slika 52). Te linije vnesemo v program kot ozadje (v obliki DXF) in jih

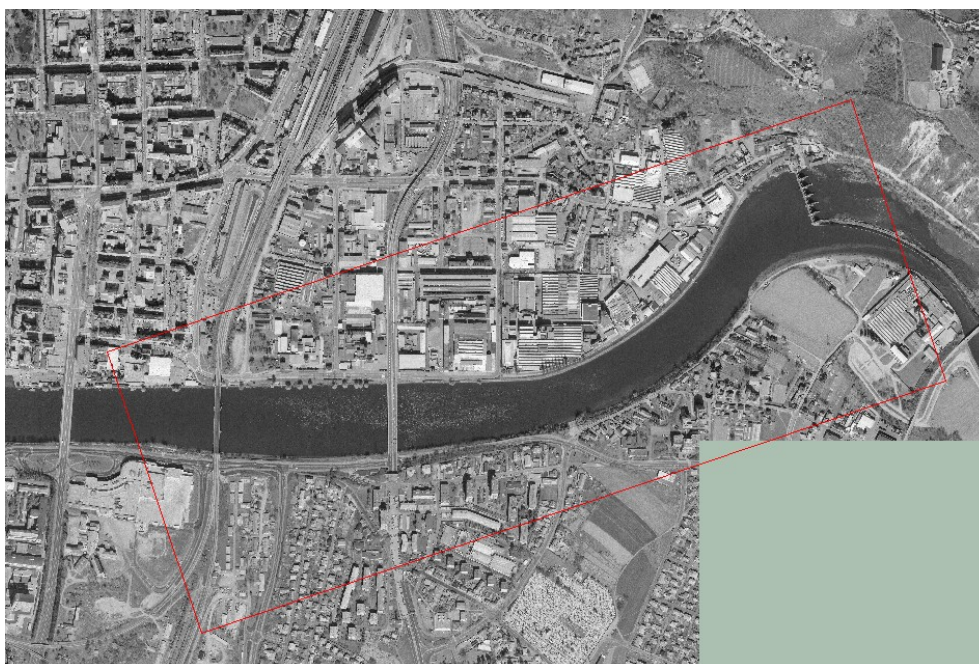
spremenimo v projektirane linije (Planned lines). V procesu meritev so te linije indikator, kje naj vozimo.

Matrika območja snemanja je pravokotno območje določeno s koordinatami spodnjega desnega vogala ter dolžino in širino celotnega območja. Matriko sestavljajo celice določene velikosti (za naš primer 5x5m). Celica se obarva v trenutku, ko je znotraj njenega območja pridobljen podatek o globini. Izbrati je potrebno tip meritev, v našem primeru Sweep sistem (HySweep). Matrike so shranijo v obliki MTX v za njih posebej določeno mapo (Matrix Files).

Če se meritve izvajajo s Sweep sistemom, se praviloma uporabijo matrike območij snemanj. Prednost te metode je, da nam z obarvanjem celic sproti kaže, kje opravljamo meritve. Te celice se med meritvami obarvajo z informacijami o izmerjenih globinah. Metoda omogoča večjo fleksibilnost izvajanja meritev. Na delovišču Zlatoličje smo kreirali 4 matrike območij snemanj (Slika 61), določene glede na velikost zajema oz. meritev za določen dan (Preglednica 37). X in Y v preglednici opisujeta koordinati spodnjega desnega vogala matrike, nato si pa sledijo dolžina in širina matrike, velikost posamezne celice in rotacija celotne matrike. Slika 62 prikazuje območje kreirane matrike (Slika 61).



Slika 61. Primer kreiranja matrike



Slika 62. Primer območja ene matrice

Preglednica 37. Matrice obravnavanega območja

	Matrika 1	Matrika 2	Matrika 3	Matrika 4
X	546515.54m	548252.59m	550578.67m	549430.05m
Y	158212.44m	157256.48m	156545.94m	157124.35m
Dolžina	1993.70m	2414.00m	1848.90m	3416.10m
Širina	693.40m	647.00m	700.00m	1569.00m
Velikost celice	5m x 5m	5m x 5m	5m x 5m	5m x 5m
Rotacija	26.77°	15.35°	341.32°	16.63°

Če hočemo med meritvami uporabljati matrice območij snemanj, izberemo to opcijo (Use for Matrix Update) pri nastavitvi globinomera (Hardware) (glej 8.2.3.2 Nastavitve za globinomer – Ross SmartSweep). Med meritvami uporabljene matrice aktiviramo.

Seveda program ponuja še mnogo dodatnih nastavitvev (barvna lestvica, obarvanost glede na izmerjene globine, način posodabljanja...), ki si jih vsak uporabnik nastavi po svoji želji.

8.2.5 DOVOLJENJE

Za začetek meritev potrebujemo še formalno dovoljenje za opravljanje meritev na reki, ki ga izdajo Dravske Elektrarne. Potrebno se je seznaniti z ukrepi v primeru nesreč in biti ves čas dosegljiv preko mobilnega telefona. Če so razmere primerne, lahko pričnemo z meritvami.

8.3 MERITVE

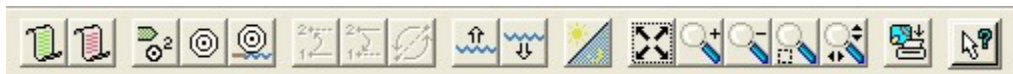
Po končanem planiranju in dobljenem dovoljenju sledi faza zajemanja podatkov ali meritve. Pred začetkom meritev poiščemo primerno mesto za splavitev čolna. Za to potrebujemo zgrajen spust v reko. Ko je čoln v vodi, nanj naložimo vso potrebno opremo in jo namestimo v pravilni položaj. Nato vzpostavimo vse potrebne povezave. Oprema na čolnu je sledeča:

- GPS (antena, sprejemnik, kontroler in bateriji),
- kompas (stalno nameščen na čolnu),
- globinomer (sestavljen iz osrednje naprave in sond),
- računalnik (ključ za program),
- baterija, akumulator,
- vse potrebne napeljave,
- varnostni jopič, vesla, dovoljenje in mobilni telefon,
- ostalo.




Vse meritve in inštrumente upravljamo preko računalnika. Pred začetkom meritev v programu nastavimo hitrost zvoka v vodi (Preglednica 2) in testiramo vso priključeno opremo. Zaradi kontrole preverimo, če so vsi odmiki inštrumentov pravilno določeni. Izmero začnemo z ukazom Survey, ki je modul znotraj programskega paketa Hypack Max.

8.3.1 OBLIKA

Okno Survey je sestavljeno iz več oken. Glavni dve sta karta »Map« in prikaz podatkov »Data Display«

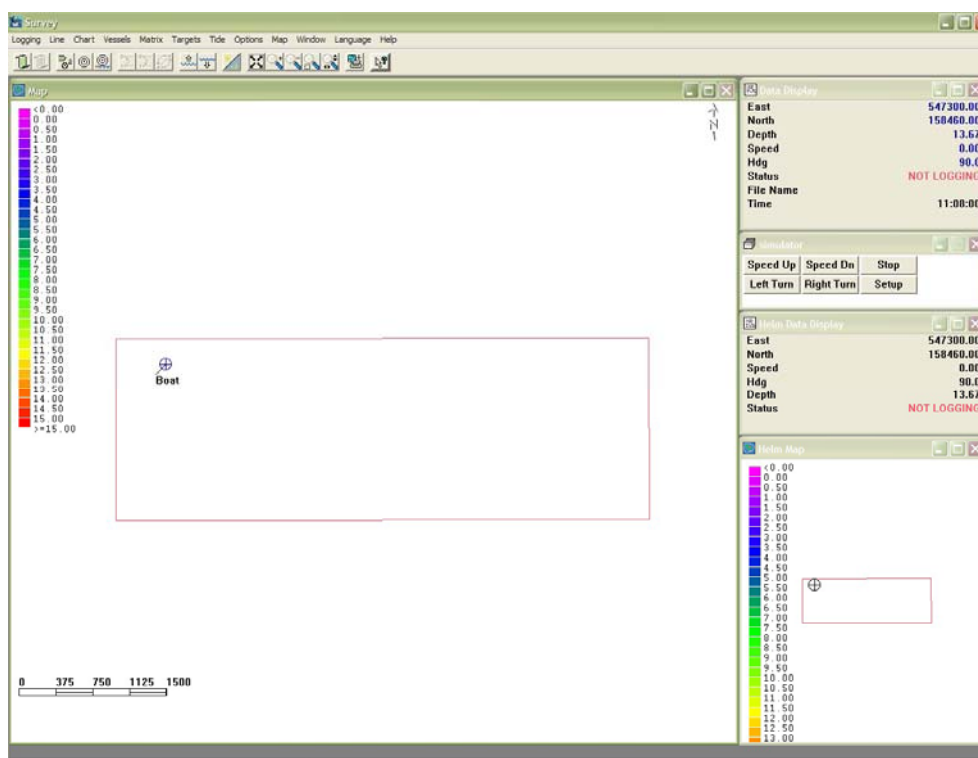


Slika 63. Orodna vrstica v Survey oknu.

Slika 63 prikazuje orodno vrstico znotraj Survey okna. Pri obravnavanem primeru smo uporabljali: začetek shranjevanja meritev »Start Logging« , konec shranjevanja meritev »Stop Logging«  in »Zoom« .

Survey okno (Slika 64) omogoča različne prikaze (oblikovanje in način prikaza čolna, orientacija in način sledenja, vsebina prikaza podatkov...).

V Map oknu je pomembno, da omogočimo prikaz posnetih podatkov. Naložimo pripravljene aktivirane matrike in po želji še DOF ozadje. V »Data Display« oknu nastavimo prikaz pozicije, hitrosti čolna, globine, orientacije, statusa snemanja, imena datoteke in časa.



Slika 64. Survey okno – simulator

Vidni sta še dve okni (Helm Data Display in Helm Map Slika 64), kjer so enaki podatki kot v glavnem oknu. Namenjeni so vozniku čolna in so prikazani na njegovem monitorju. Če voznik uporablja njemu namenjen monitor, ga ni potrebno usmerjati in se lahko geodet posveti meritvam.

V oknu s podatki je vidna le ena globina, čeprav ima Sweep sistem štiri sonde. To posebnost mora geodet upoštevati. Na globinomeru je ena sonda izbrana kot referenčna, katere globina je prikazana v programu. Ne glede na prikaz, se shranjujejo izmerjene globine vseh štirih sond.

8.3.2 MERITVE

Začetek meritev zajema obvezno kalibracijo kompasa. Ker se meritve opravljajo v velikih krogih po reki gor in dol, se med zajemanjem samodejno opravi večkratna kalibracija.

Ko začnemo z meritvami, pritisnemo v odprtem Survey oknu tipko Start Logging. S tem ukazom se začnejo shranjevati podatki pozicije, globine in smeri. Znotraj Hypack-a se pri poziciji shranjujejo X in Y koordinate. Z koordinate izmerimo z zajemom neodvisnih točk in jih dodamo z datoteko plimovanja.

Z začetkom meritev se v oknu Map sproti prikazuje posneto območje (obarvane celice). V našem primeru se območje obarva glede na najplitvejšo izmed izmerjenih globin znotraj tiste celice. Celica se obarva, kakor hitro je znotraj nje opravljena meritev ene sonde glede na vnaprej pripravljeno barvno lestvico (pričakovane globine).

Meritve najlažje opravljamo vzdolžno po reki. Za taki pristop smo se odločili, ker je Drava za Sweep sistem ozka in bi imeli pri prečnih meritvah težave z obračanjem. Z meritvami začnemo na eni strani reke (npr. levi) in z vzporednimi cikličnimi vožnjami gor in dol na nekem zadanem območju (znotraj matrike območja snemanja) končamo meritve ob nasprotnem bregu (torej desnem).

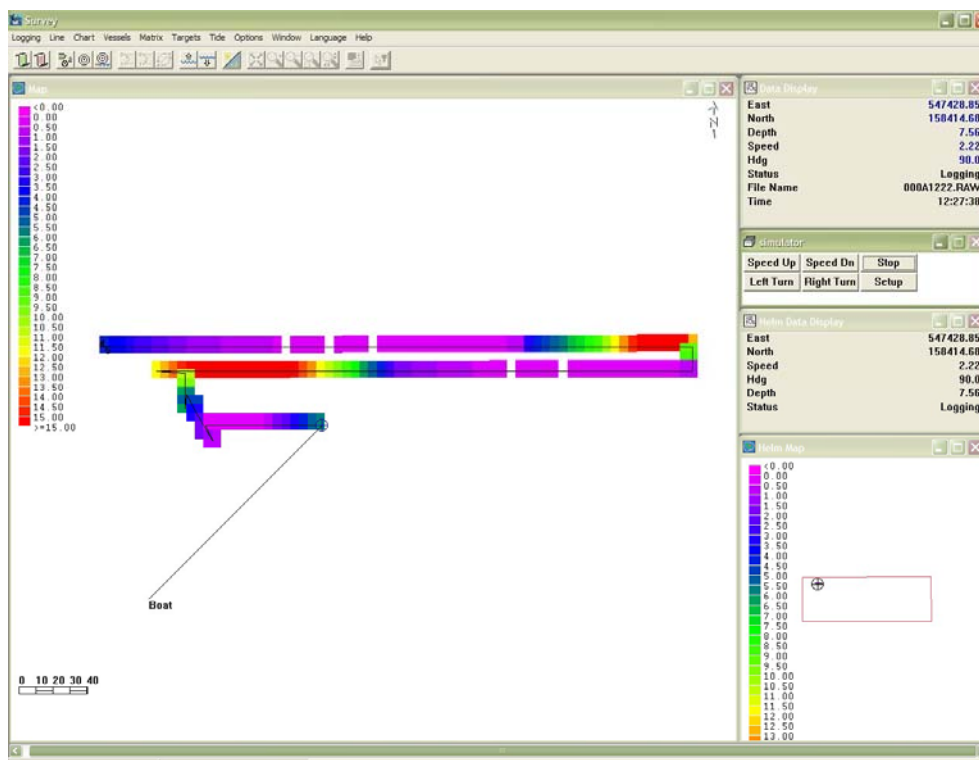
Ko se med meritvami približamo bregu reke, je posebna pozornost usmerjena na izmerjene globine tiste sonde, ki je bregu najbližja. V računalniku je prikazana globina referenčne sonde, ki pa ni nujno najbliže bregu. Zato moramo spremljati izmerjene globine na globinomeru. Ko je izmerjena globina okoli 1m ali celo manj, vemo, da se je potrebno oddaljiti od brežine. Če se preveč približamo bregu, je možno, da s sondami nasedemo in jih s tem poškodujemo.

Pri vožnji je potrebno upoštevati hitrost vožnje. Pri prehitri vožnji pride do tresljajev sond zato je sprejemanje podatkov moteno. Primerna hitrost je med 3-4 vozli. To hitrost hitro

dosežemo, ko meritve izvajamo po reki navzdol. Po reki navzgor pa moramo čoln najprej umiriti zaradi že omenjenih tresljajev in šele nato lahko nadaljujemo.

Na koncu iz obarvanosti matrice razberemo, kje nam manjkajo podatki in izvedemo meritve le še na teh delih. Včasih se lahko zgodi, da smo na nekem področju meritve izvajali, ampak se niso zabeležile. Do tega je prišlo, ker smo v fazi planiranja nastavili filtre za kvaliteto horizontalne pozicije (HDOP faktor) (glej 8.2.3.1 Nastavitve za GPS), ki so zaustavili snemanje.

Slika 65 prikazuje meritve opravljene s pomočjo simulatorja in sicer meritve položaja, globine in orientacije, tako kot v našem primeru. Izmerjene in prikazane globine so fiktivne (nastavljene kot osnova $10\text{m} \pm 5\text{m}$), pozicijsko (X in Y koordinati) pa se nahajajo na približnem področju meritev. Na glavnem prikazu (Map) so prikazane meritve približane, medtem ko je na majhni karti (Helm Map) vidno dejansko izmerjeno področje. Na prekinjenih območjih je simulirana hitra vožnja čolna (20 vozlov).



Slika 65. Meritve s simulatorjem

Med meritvami neodvisno od programa zabeležimo nekatere pozicije na GPS-u. Posnamemo jih čimbolj razpršeno po območju meritev. Te pozicije uporabimo v prvi fazi obdelave v datoteki plimovanja. Posebej smo pozorni, da sprejemamo dobre vertikalne podatke.

Po končanih meritvah pritisnemo tipko Stop Logging. Kljub temu, da inštrumenti še zmeraj delujejo, se po tem ukazu podatki nehajo shranjevati.

Program omogoča izvajanje meritev na več načinov. Kako jih bomo izvajali, je odvisno od izvajalca in od zelenih rezultatih. Tudi možnih nastavitev za prikaz je več in so ponovno odvisne od potreb in zahtev izvajalca.

8.4 OBDELAVA

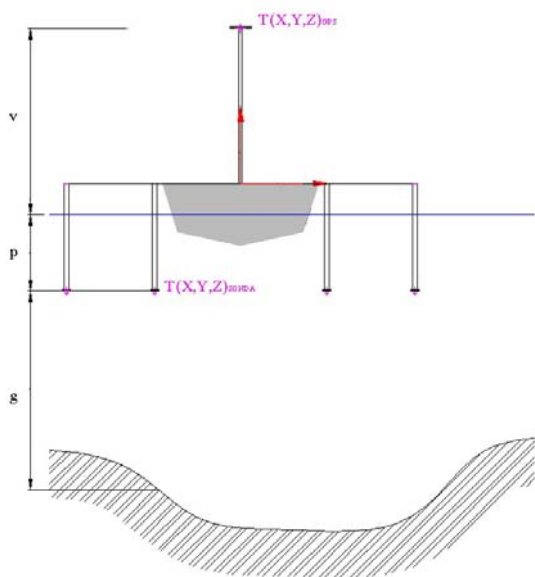
Za obdelavo uporabimo ukaz MB Max (Multibeam Editing). To je modul, ki omogoča obdelavo podatkov pridobljenih s Sweep sistemom. Obdelava poteka v treh fazah. V prvi fazi pregledamo podatke in odstranimo grobe napake. Druga faza je namenjena obdelavi. V tretji fazi pregledamo rezultate in naredimo še zadnje popravke. Pred začetkom obdelave kreiramo datoteko plimovanja.

8.4.1 DATOTEKA PLIMOVANJA

Naš cilj so koordinate posnetega rečnega dna v lokalnem sistemu. Trenutne koordinate imajo pravilen položaj, a napačno višino. Meritve smo izvajali, kakor da je višina gladine vode enaka 0m. Zato potrebujemo informacijo o nadmorskih višinah. To dobimo s pomočjo posebej izmerjenih koordinat tekom meritev. Te točke so izmerjene z višjo natančnostjo kot ostale meritve in enakomerno pokrivajo celotno merjeno območje. Iz teh meritev potrebujemo le podatek o času in takratni nadmorski višini.

Za kreiranje datoteke plimovanja potrebujemo:

- razdaljo GPS antene od gladine vode (v),
- globino potopljenih sond, merjeno od gladine vode (p),
- izmerjene globine (g),
- in posebej izvajane meritve.



Slika 66. Prikaz izračuna nadmorske višine za eno sondo

Slika 66 prikazuje situacijo Sweep sistema. Preračun opravimo s pomočjo datoteke plimovanja (Manual Tides). V procesu obdelave program omogoča, da izmerjene globine popravimo. To dejstvo izkoristimo za preračun na ustrezno nadmorsko višino.

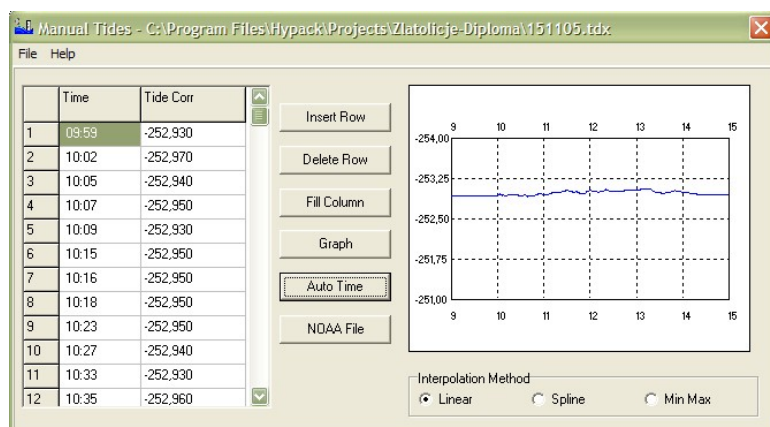
$$H_{DNO} = Z_{GPS} - (v + p + g), \quad (23)$$

kjer je v višina GPS antene in p vertikalni odmik sond. Odmika sta izmerjena z merskim trakom od gladine vode. Z_{GPS} je višina izmerjena z GPS-om in g globina izmerjena z globinomerom.

Ker v GPS vnesemo vrednost seštevka v in p (2.15m), lahko z dobljenimi višinami, kreiramo datoteko plimovanja.

Pomembno je, da imamo zabeležen čas vsake meritve z GPS-om, saj se tudi v programu beleži čas za vsako meritev. Na podlagi zabeleženih časovnih trenutkov vemo, katere meritve lahko združimo. Ker pa je mnogo več meritev znotraj programa, kot jih izmerimo mi posebej z GPS-om, program linearno interpolira Z_{GPS} za vse časovne trenutke, ki jih potrebuje.

Datoteko plimovanja (Manual Tides) kreiramo za vsak dan oz. vsak sklop meritev posebej (Slika 67). V datoteko vnesemo podatke o trenutku meritev in nadmorski višini sonde.



Slika 67. Datoteka plimovanja

Program zahteva, da so vsi višinski podatki v datoteki plimovanja negativni.

8.4.2 PRVA FAZA

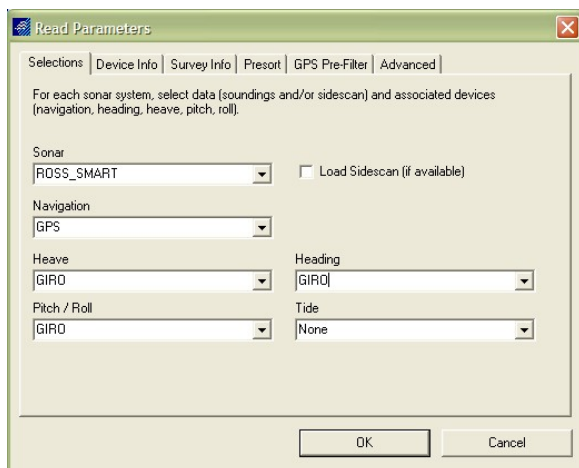
Podatki v Hypack-u so shranjeni v datotekah, ki so kreirane glede na dan in uro. Vse meritve enega dneva se shranijo v t.i. katalog, ki vsebuje vse datoteke meritev. Katalog je poimenovan glede na dan izvajanja meritev, ime datoteke pa glede na uro meritev (Preglednica 38).

Preglednica 38. Poimenovanje

Ime kataloga	Raw1115.log
Ime datotek znotraj kataloga	000_0958.raw

Po zagonu MB Max odpremo kataloge, ki vsebujejo datoteke z meritvami. Obdelava je možna na samo enem sklopu podatkov (en katalog) ali na vseh. Zaradi možne preobremenjenosti spomina na računalniku je včasih bolje, da obdelujemo vsak sklop posebej. Skupaj s temi podatki odpremo tudi datoteko plimovanja za obravnavan sklop.

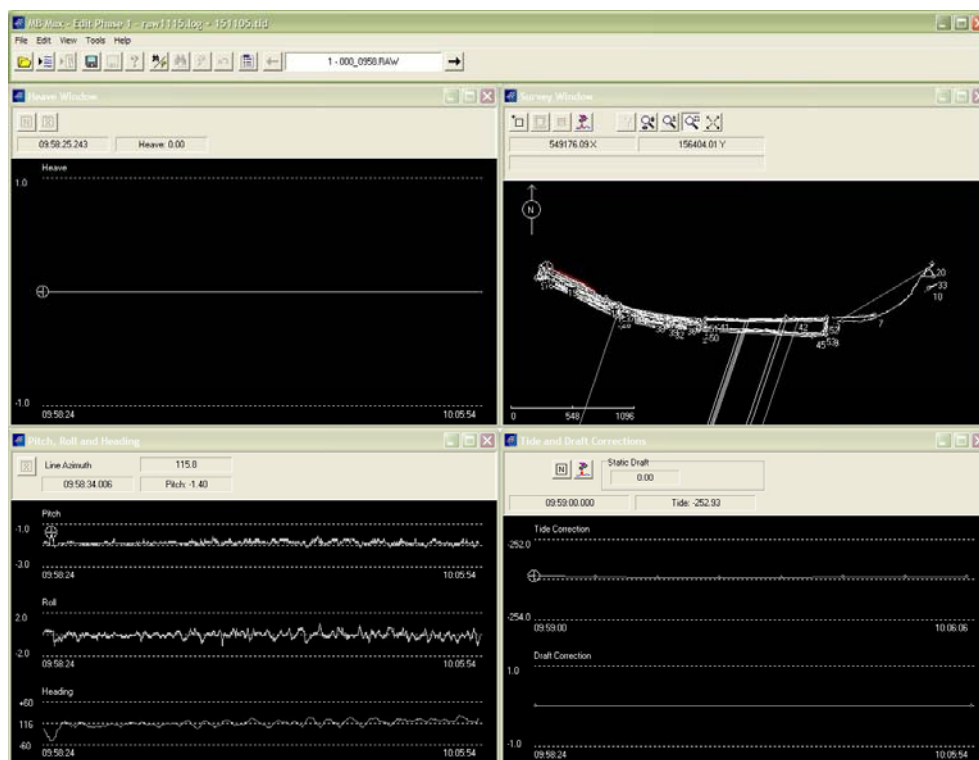
Z odpiranjem podatkov se izvede preračun za popravke nagibov in višin. Višinski popravki se upoštevajo z datoteko plimovanja, popravki za nagibe in orientacijo pa s pravilno izbiro opreme. V našem primeru določimo, da se za globine uporabijo podatki izmerjeni z globinomerom (Ross SmartSweep), za pozicijo podatki izmerjeni z GPS-om, za orientacijo in nagibe pa podatki izmerjeni s kompasom (Giro) (Slika 68).



Slika 68. Nastavitev merjenih parametrov in filtrov.

V tem istem koraku je omogočena določitev pred-filtrov. Ti se nanašajo predvsem na kvaliteto pozicijskih podatkov dobljenih z GPS-om.

V prvi fazi (Slika 69), si podatke ogledamo in izbrišemo morebitne grobe pogreške. Preverimo, če so delovali vsi senzorji za orientacijo in oba nagiba ter če so vsi podatki na pravilni nadmorski višini. To naredimo za vsako datoteko meritev posebej.



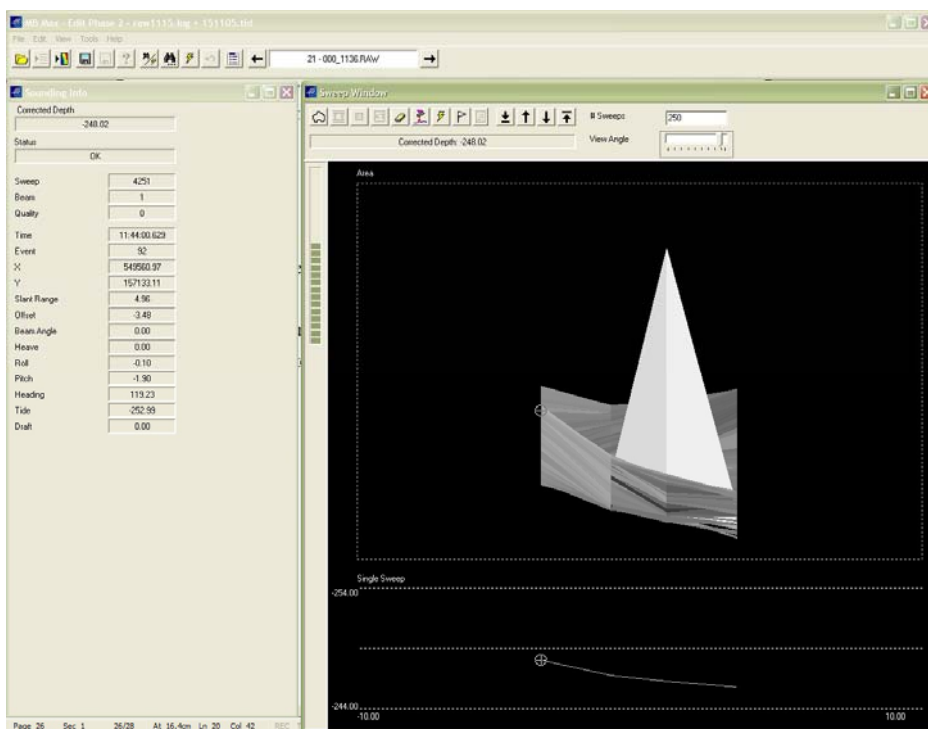
Slika 69. Prva faza obdelave

8.4.3 DRUGA FAZA

V tej fazi se vrši dejanska obdelava. Za lažji in hitrejši način dela uporabimo filtre, s pomočjo katerih odkrijemo in avtomatsko odstranimo grobe pogoške. Za primerna filtra pri obdelavi naših podatkov sta se pokazala predvsem določitev minimalne in maksimalne globine. Ko zaženemo filtre, se izbrišejo vsa opazovanja izven določenega območja.

Ker pa s tem še vedno nismo odstranili vseh pogoškov, pregledamo vse meritve. Pri tem ročno odstranjujemo napake. Potrebna je velika pozornost, saj lahko izbrišemo podatke, ki niso pogoški. Prisoten je subjektiven pogled geodeta na podatke.

Pri pregledovanju podatkov si lahko pomagamo z različnimi koti pogleda in prikazi podatkov (Slika 70).

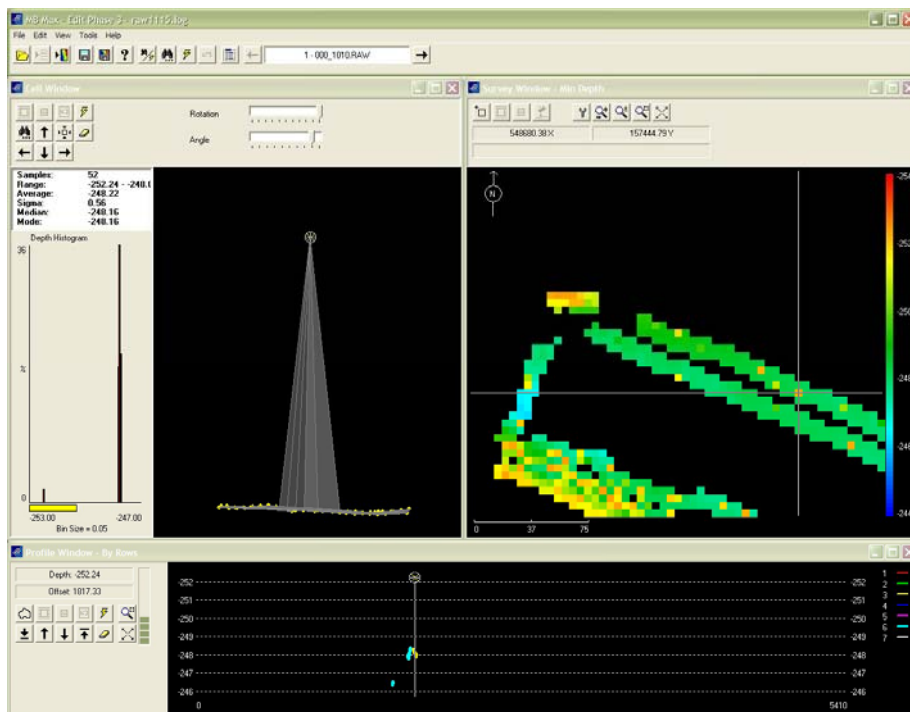


Slika 70. Druga faza obdelave

8.4.4 TRETJA FAZA

V tej fazi vidimo vse meritve skupaj (Slika 71) v obliki matrike. Vsaka celica matrike je obarvana glede na nadmorsko višino. Tukaj lahko odstranimo spregledane pogoške. Za lažji pregled podatkov lahko izbiramo med različnimi pogledi.

Po končani obdelavi popravljene podatke shranimo. Shranimo jih lahko v formatu, ki je značilen za Hypack (SWP) in v obliki, ki jo razumejo ostali programi (XYZ).



Slika 71. Tretja faza obdelave

8.4.5 KONČNA OBLIKA

Ko so vsi podatki popravljeni, jih je potrebno prikazati v želeni obliki. Nekatere možnosti, ki jih ponuja Hypack so:

- Podatke lahko izvozimo v DXF (format, ki ga razume AutoCad), DGN (format, ki ga razume MicroStation), XYZ (format, ki ga razume npr. Geos) obliko...
- Ker lahko meritve natisnemo, program omogoča, da dokument pred tem uredimo. Seveda je urejevanje odvisno predvsem od želja in potreb naročnika. Ker se pogosto zgodi, da so želje naročnika in zmožnosti programa različne, je najboljša rešitev, da podatke izvozimo.
- Kreiramo lahko TIN (Triangular Irregular Network) modele, ki so primerni za 3D poglede.
- Omogoča, da iz posnetih podatkov kreiramo film. Kar je lahko včasih bolj pregledno kot natisnjene meritve.

9 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi je opisan postopek meritev rečnega korita reke Drave (bazen Zlatoličje). Postopek je uporaben za meritve na vodah (reke ali morje). Značilnosti postopka se med delovi spreminjajo, najbolj opazna sprememba je v postopku meritev. Če na nekem območju ne moremo opraviti meritev z GPS-om, uporabimo drugi inštrument. Najprimernejši je motoriziran tahimeter z ATR sistemom in daljinskim vodenjem. Z uporabo drugega instrumenta se spremenijo nekatere nastavitve znotraj programa Hypack.

Ob uporabi programa Hypack so se pokazale nekatere prednosti in slabosti. Opazna prednost je predvsem v možnosti nadziranja meritev preko računalnika. Program je hiter in omogoča ogromno uporabniku koristnih nastavitvev. V tem pa je lahko tudi slabost. V želji, da se uporabniku omogoči hiter in lahek nadzor ter cel nabor nastavitvev, je program na določenih mestih nepregleden. Nekatere nastavitve se ponovijo v različnih menijih, kar uporabnika zmede. Prav tako se nekatere lokalne nastavitve prenesejo v novi projekt, kar lahko zmede novega uporabnika. Največja slabost programa v našem primeru pa je končno oblikovanje podatkov, saj program ne omogoča izrisa potrebnega za naš projekt. Zato so vsi končni izdelki oblikovani v drugih programih (AutoCAD-Priloga B, Surfer8-Priloga C). Na terenu se kot slabost pokaže obvezna uporaba ključa za program, saj je najbolj krhki in izpostavljen del opreme.

V diplomski nalogi je opisan še bočni sonar, ki ga v naših meritvah nismo uporabili. Dodan je kot zanimivost, saj ga v svetu pogosto uporabljajo kot dodatek k opisani opremi. Njegov namen je predvsem v pridobitvi trenutne slike rečnega (ali morskega) dna.

V svetu je z razvojem tehnologije postala hidrografska geodezija bolj znana in s tem vedno bolj uporabna. V Sloveniji je zaradi ozkega področja delovanja manj znana panoga. Z njo se ukvarjata le dve firmi, ena s sedežem v Kopru druga v Ljubljani. Razlogov, da se v Sloveniji ta panoga ni bolj razmahnila, je lahko več. Dva izstopajoča sta nizka potreba po meritvah ter visoka cena opreme.

VIRI

UPORABLJENI VIRI

Electronic Compass Design using KMZ51 and KMZ52. URL:

www.semiconductors.philips.com/acrobat_download/applicationnotes/AN00022_compass.pdf, (22.12.2005)

Gerbec, M. 2003. Automatizacija mjernog procesa kombinacije GPS/Echo-soundera uz pomoć HYPACK MAX aplikacije. Diplomski rad. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet: 67 str.

HMR 3000. HMR 3000 digital compass module. URL:

www.ssec.honeywell.com/datasheets/hmr3000_manual.pdf, (12.12.2005)

HoneywellSea. Honeywell Applications of Magnetoresistive Sensors in Navigation System.

URL: www.ssec.honeywell.com/magnetic/datasheets/sea.pdf, (4.1.2006)

HoneywellMagsen. Honeywell Magnetic Sensor Products. URL:

www.ssec.honeywell.com/magnetic/datasheets/magsen.pdf, (4.1.2006)

HoneywellLowcost. Honeywell Applications of Magnetic Sensors for Low cost Compass

System. URL: www.ssec.honeywell.com/magnetic/datasheets/lowcost.pdf, (4.1.2006)

HypackMax. Hypack Max 4.3a Gold

HypackTN. Hypack 2005 Training Notes

Introduction to the GPS. URL: www.cmtinc.com/gpsbook/index.htm, (17.01.2006)

Jovanović, B. 1978. Izučavanje metoda mjerenja dubina mora, unapređenje obrade dubine i definiranje obalne linije sa hidrografskog, geodetskog i pomorskog gledišta. Doktorska disertacija. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet: 292 str.

Kolenc, R. 2005. Hidrografske meritve. Geodetski vestnik 49, 1: 18-28.

Kozmus, K., Stopar, B. 2003. Načini določanja položaja s satelitskimi tehnikami. Geodetski vestnik 47, 4: 404-413.

Novak, L. 1957. Praktična geodezija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: 449 str.

People and Sound in the Sea. URL: <http://www.dosits.org/people/navigation/3.htm>, (16.12.2005)

Pribičević, B. 2005. Pomorska geodezija. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet: 245 str.

Reson. URL: <http://www.reson.com/glossidx1.htm>, (16.11.2005)

Ross 875-x. Ross 835-x & Ross 875-x Operators Manual. Ross Laboratories Inc.

Signal. URL: www.gu-signal.si, (10.01.2006)

Smith, L. Calibrating Honeywell Compass. Message to: Krajnc, U. 08.12.2005. Osebna komunikacija

US Army c-6. Engineering and Design – Hydrographic Surveying, Chapter 6. URL: www.usace.army.mil/inet/usace-docs/eng-manuals/em1110-2-1003/c-6.pdf, (15.10.2005)

US Army c-10. Engineering and Design – Hydrographic Surveying, Chapter 10. URL: www.usace.army.mil/inet/usace-docs/eng-manuals/em1110-2-1003/c-10.pdf, (15.10.2005)

US Army c-13. Engineering and Design – Hydrographic Surveying, Chapter 13. URL: www.usace.army.mil/inet/usace-docs/eng-manuals/em1110-2-1003/c-13.pdf, (15.10.2005)

OSTALI VIRI

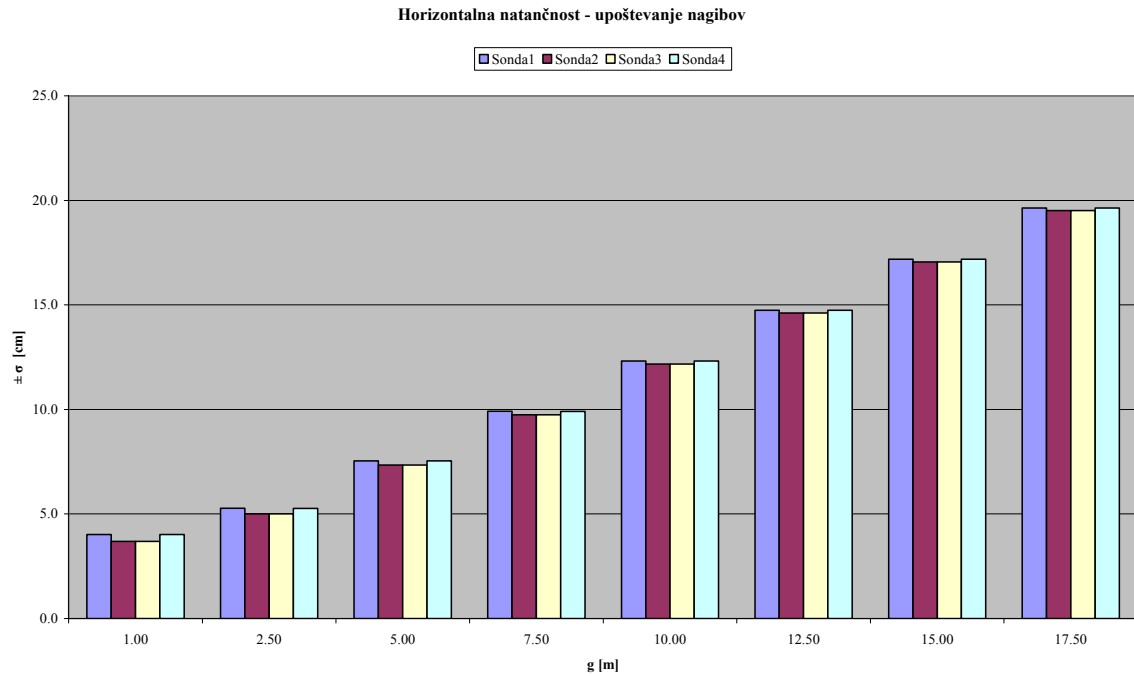
GPS Geometry vs DOP. URL: www.ualberta.ca/~norris/gps/DOPnontech, (17.01.2006)

Sources of Errors in GPS. URL: www.kowoma.de/en/gps/errors, (17.01.2006)

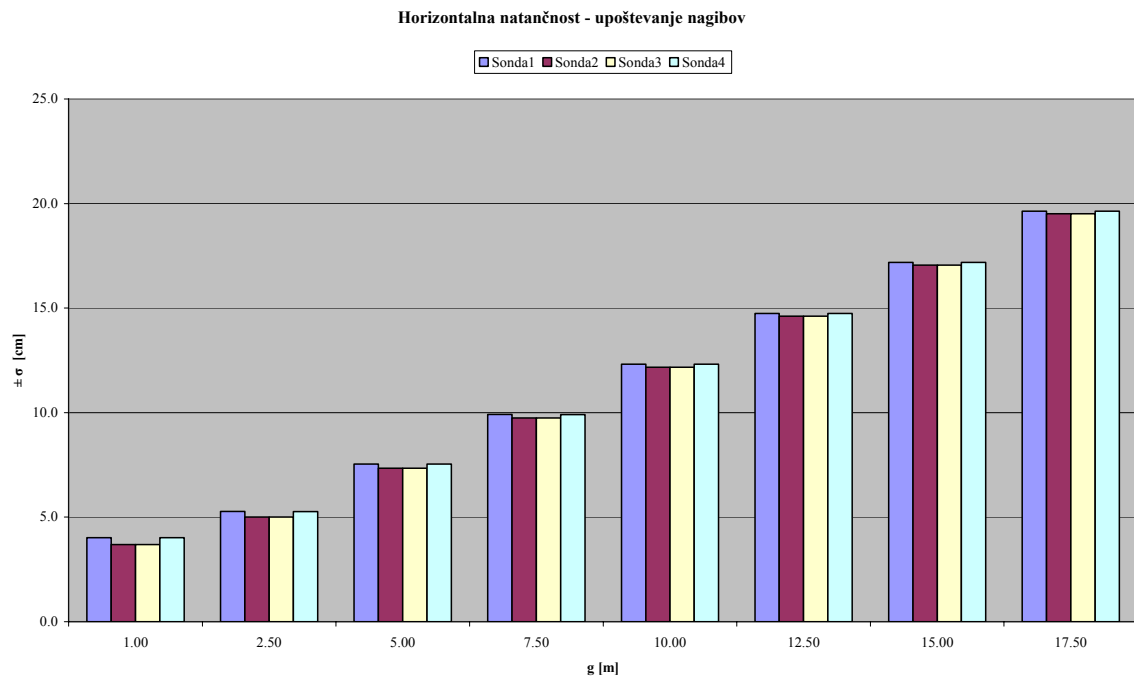
Labin. Inoplast – obrt za izradu dijelova iz armiranog poliestra. URL: www.inoplast-labin.hr,
(01.11.2005)

Wikipedia. Wikipedia – Prosta enciklopedija. URL: www.sl.wikipedia.org/wiki, (24.11.2005)

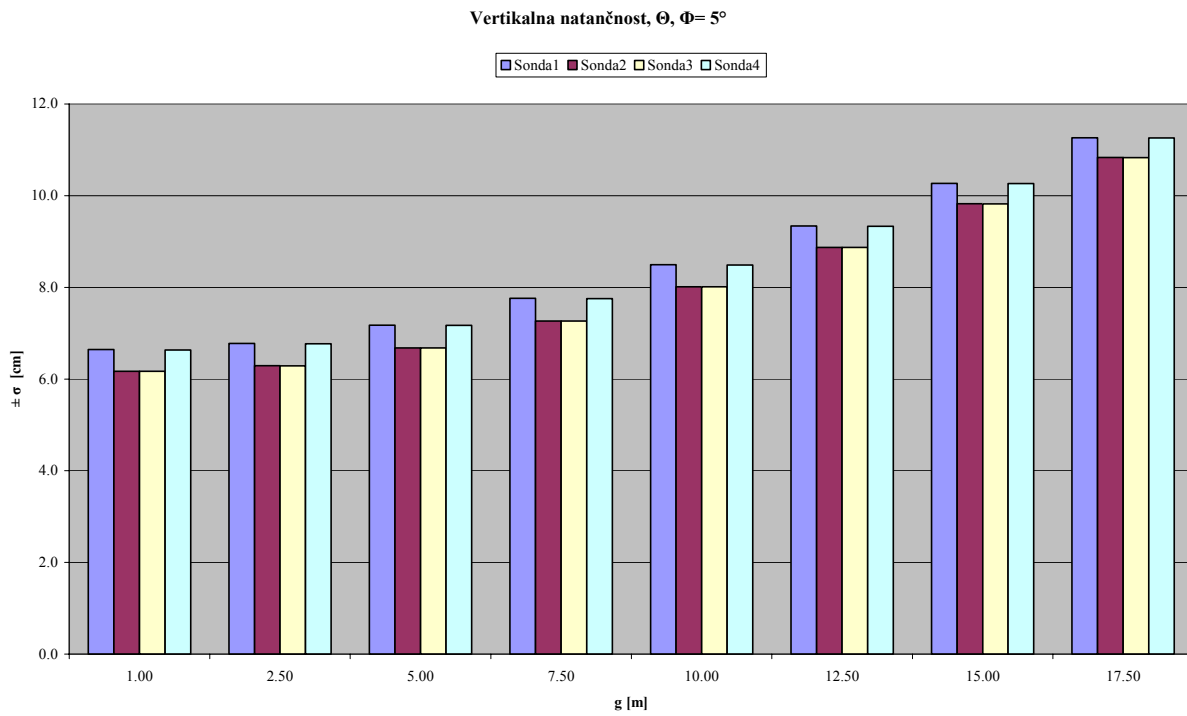
PRILOGA A1: Horizontalna natančnost – brez upoštevanja nagibov, $\alpha = 45^\circ$



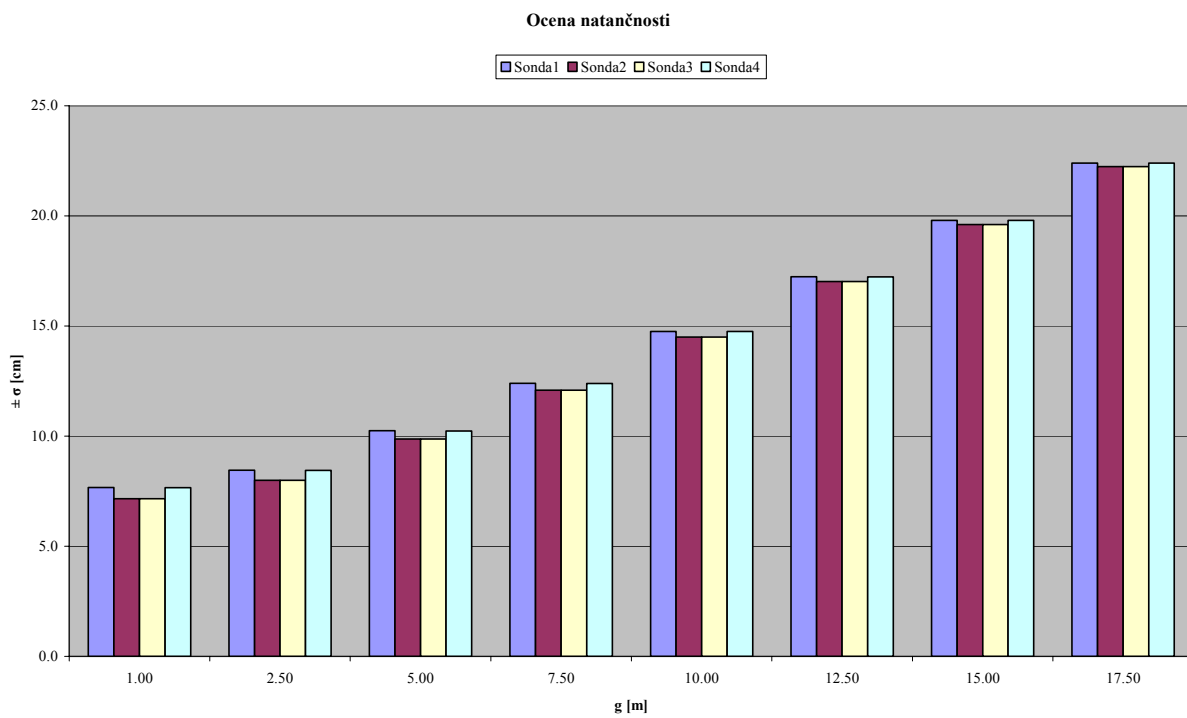
PRILOGA A2: Horizontalna natančnost – upoštevanje nagibov, $\theta, \Phi = 0^\circ$ in $\alpha = 45^\circ$



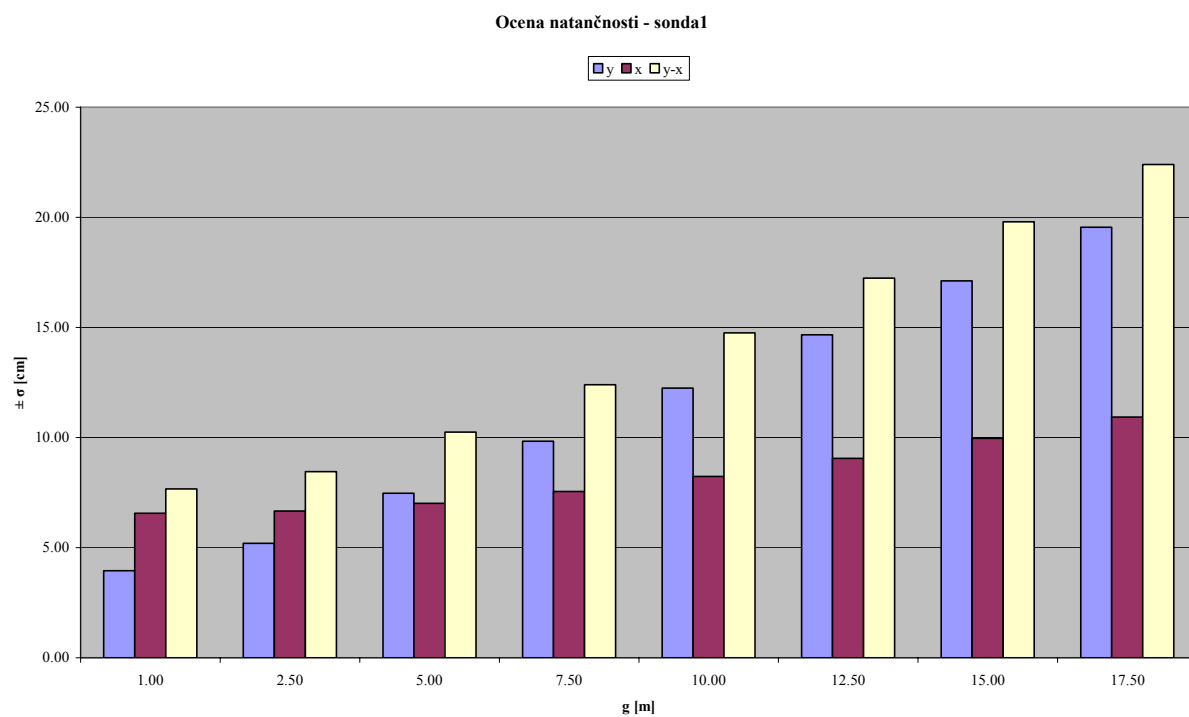
PRILOGA A3: Vertikalna natančnost, $\theta, \Phi = 5^\circ$



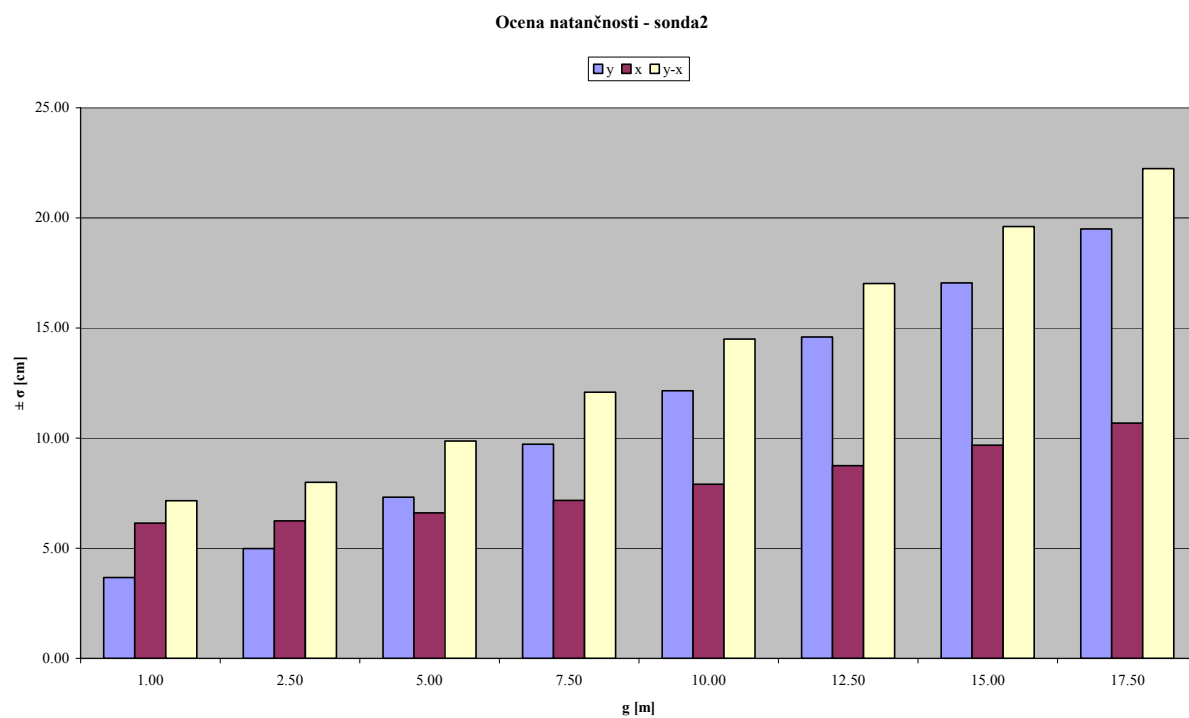
PRILOGA A4: Ocena natančnosti



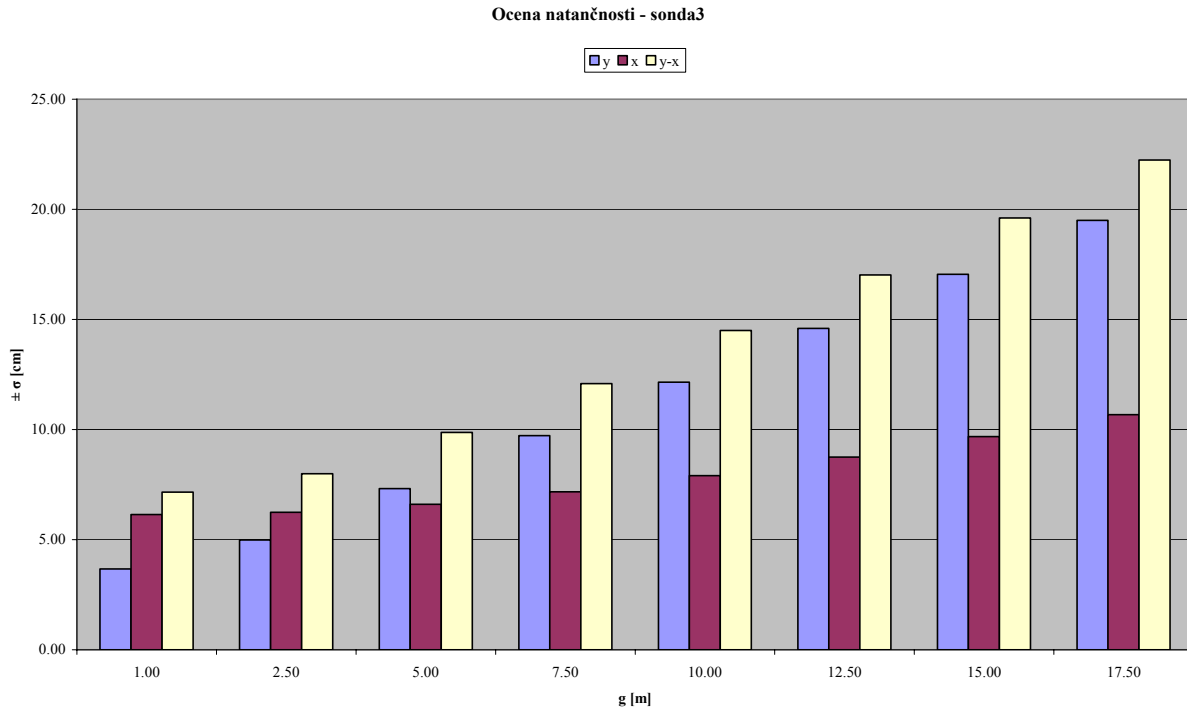
PRILOGA A5: Ocena natančnosti – Sonda1 ($\theta, \Phi = 5^\circ$)



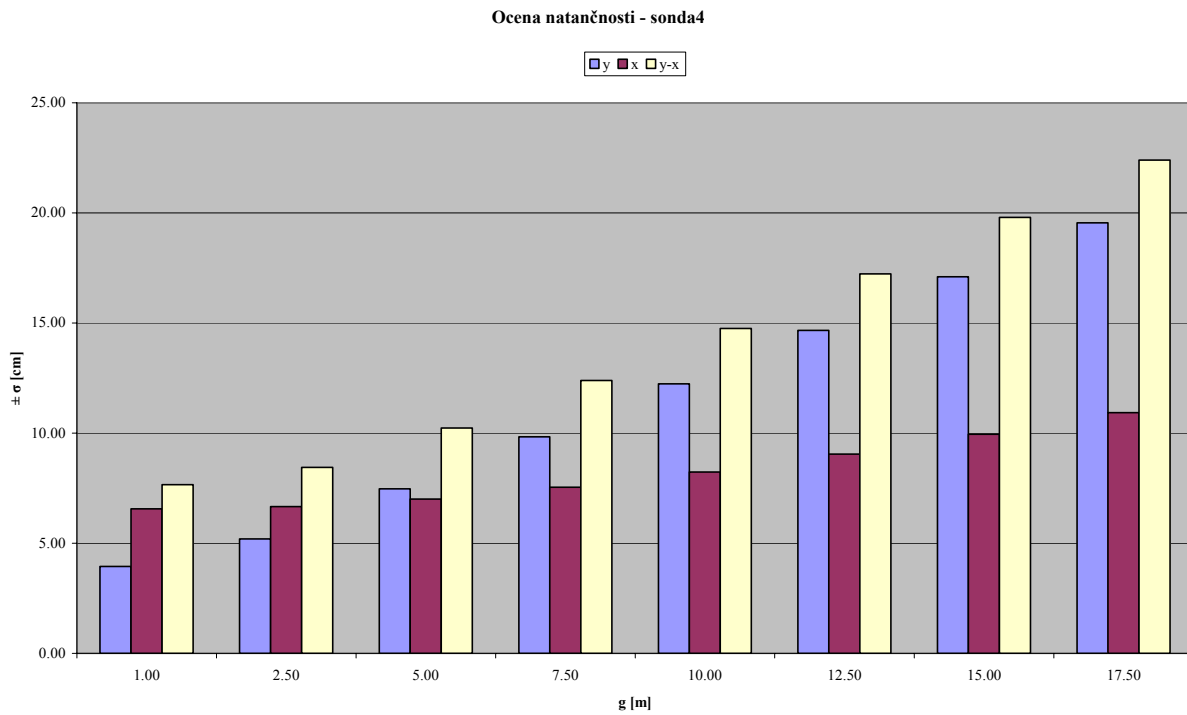
PRILOGA A6: Ocena natančnosti – Sonda2 ($\theta, \Phi = 5^\circ$)



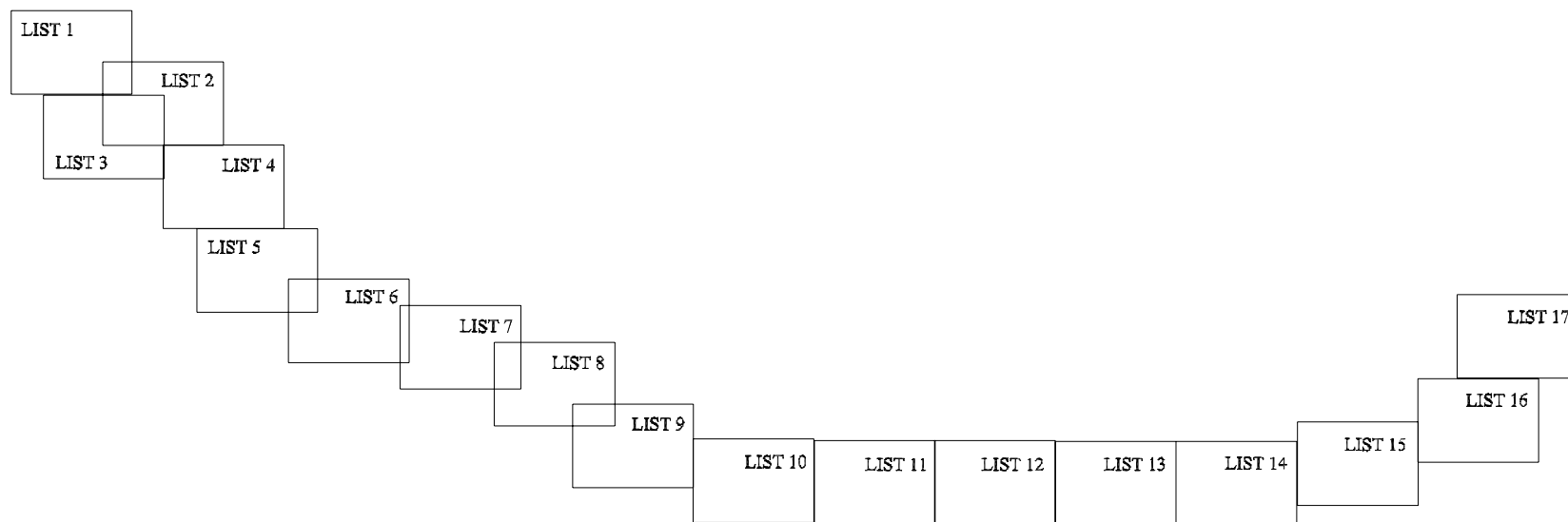
PRILOGA A7: Ocena natančnosti – Sonda3 ($\theta, \Phi = 5^\circ$)

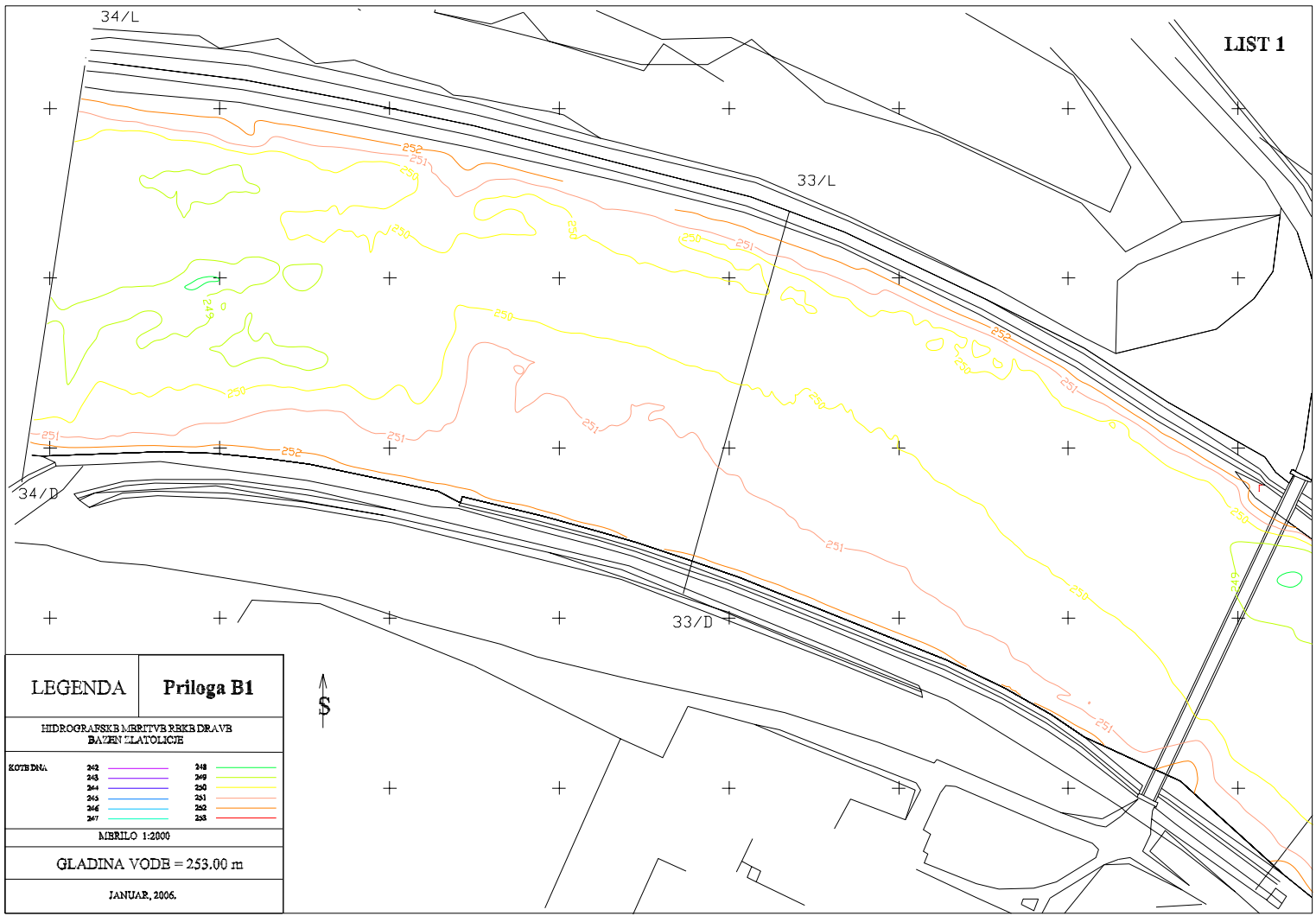


PRILOGA A8: Ocena natančnosti – Sonda4 ($\theta, \Phi = 5^\circ$)



PRILOGA B





LEGENDA		Priloga B1	
HIDROGRAFSKI IRRITIVNI REKODRAVB BAZEN LALATOLICE			
KOTIRNA	248	248	248
	249	249	249
	250	250	250
	251	251	251
	252	252	252
	253	253	253
MERRLO 1:2000			
GLADINA VODE = 253.00 m			
JANUAR, 2006.			

LIST 3

LEGENDA

Priloga B3

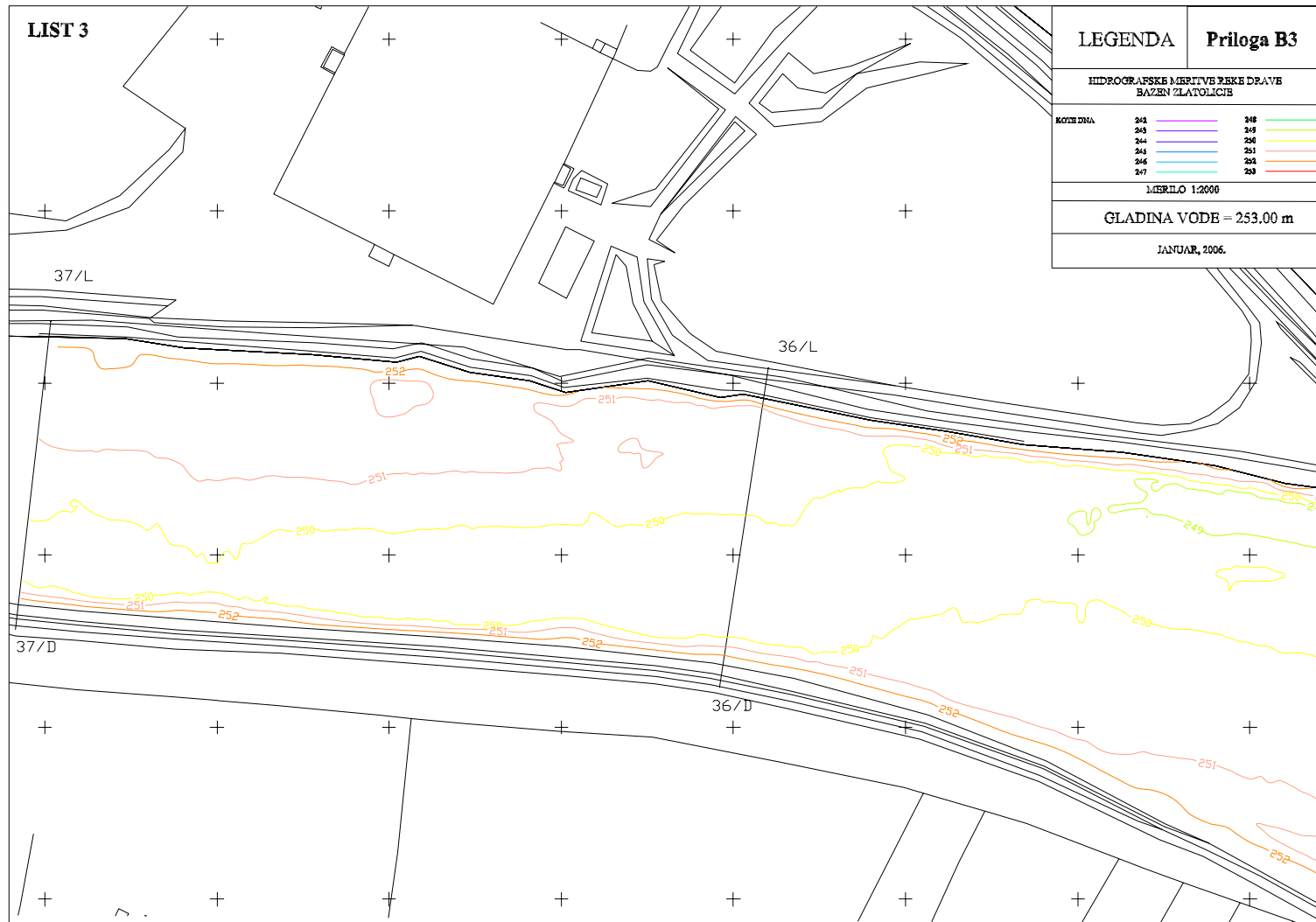
HIDROGRAFSKE MERITVE REKE DRAVE
BAZEN ZLATOLICE

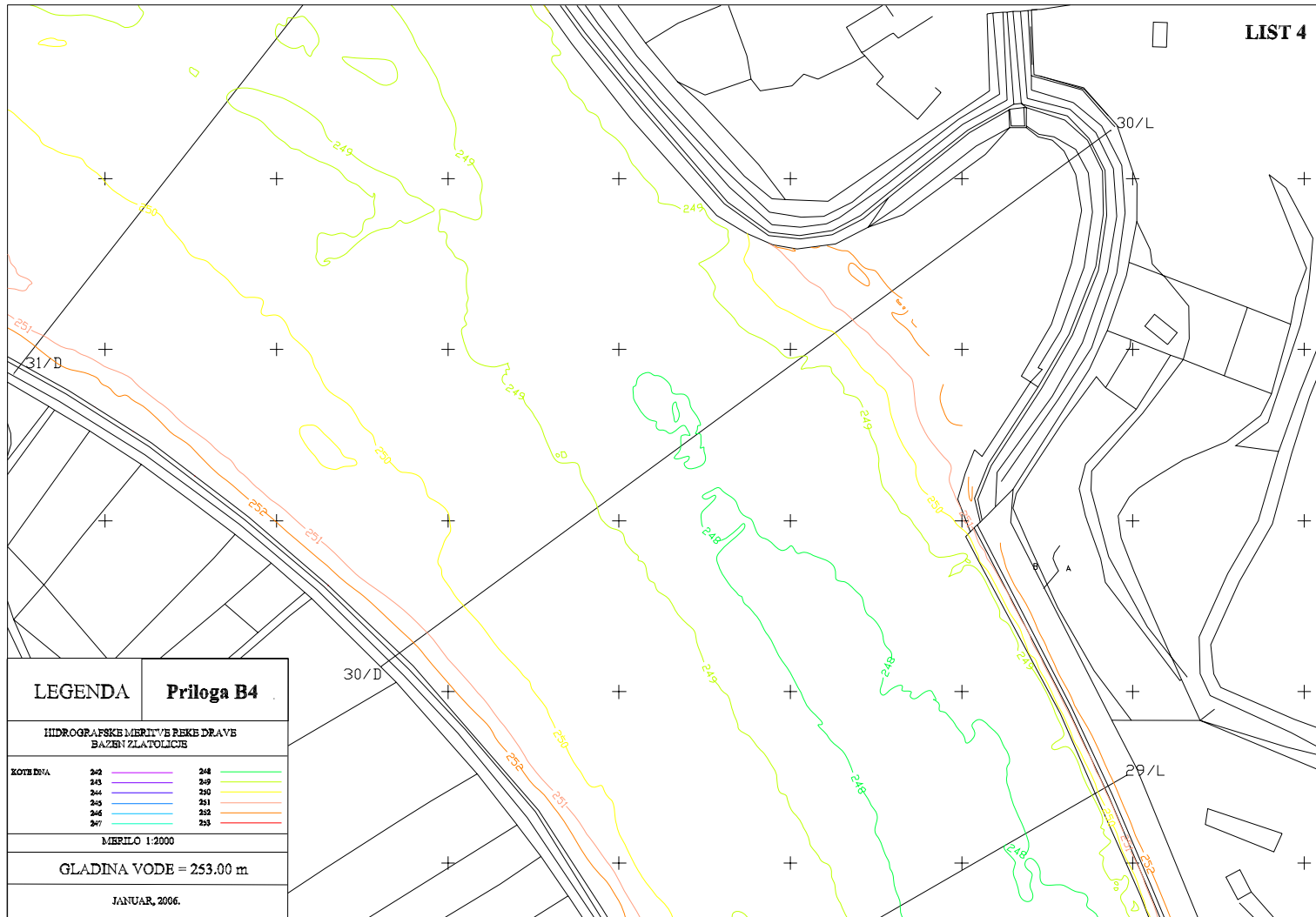
KOTIRNA	248	248	248	248	248	248	248
	248	249	250	251	252	253	254

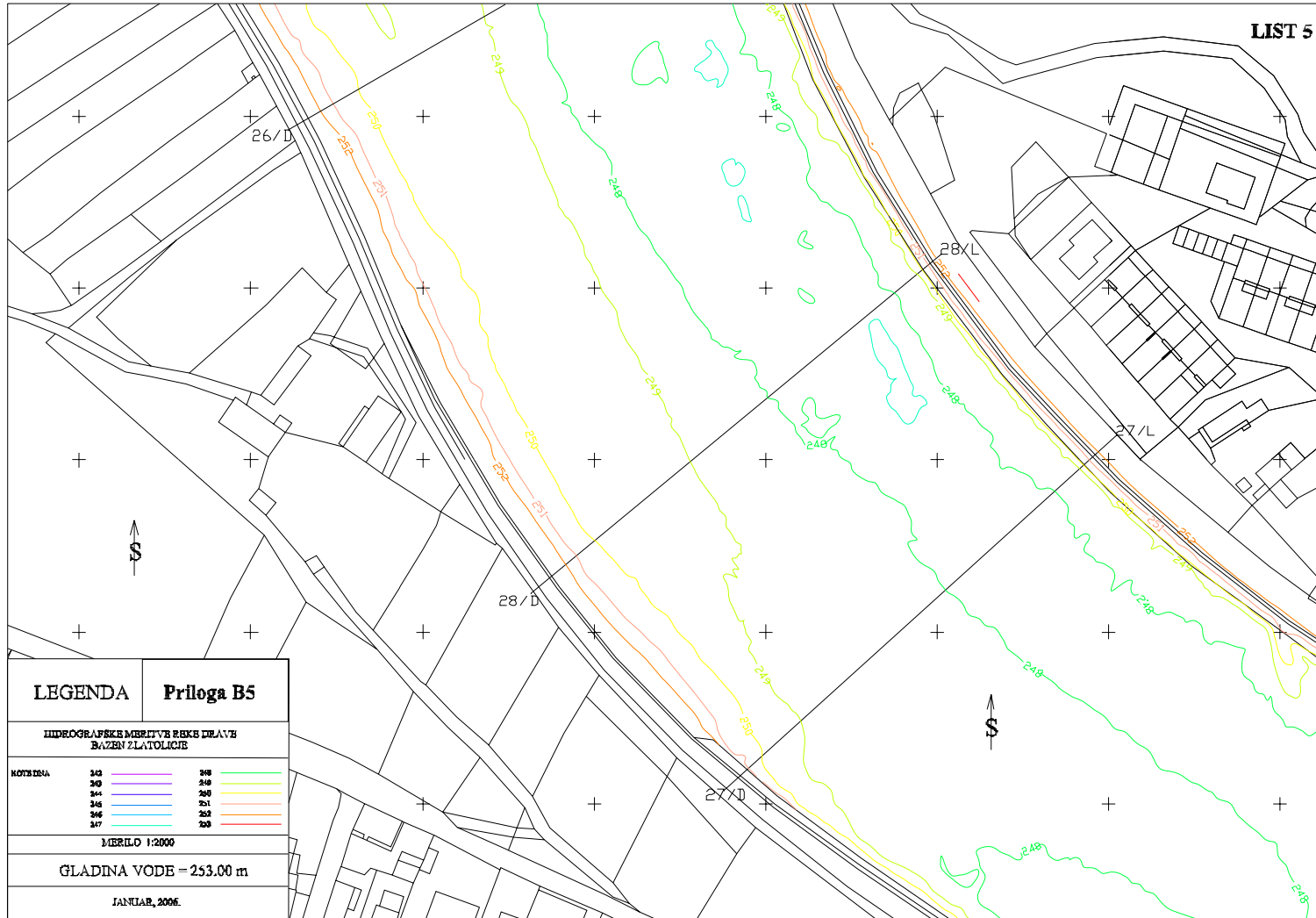
MERILO 1:2000

GLADINA VODE = 253.00 m

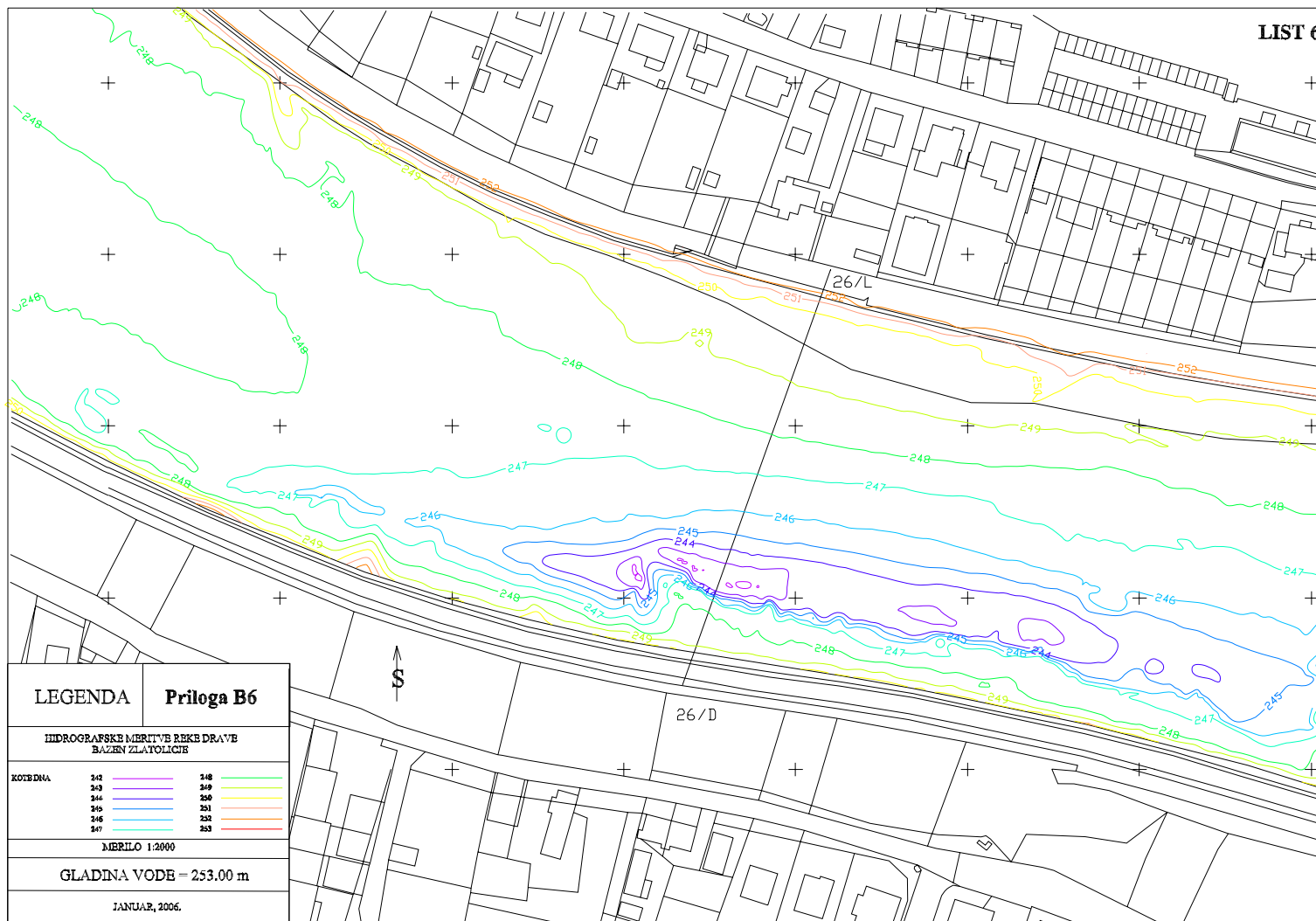
JANUAR, 2006.







LEGENDA		Priloga B5	
HIDROGRAFSKE MERITIVNE REKE DEJAVE BAZEN ZLATOLICE			
NOTIRANA	243	248	248
	240	249	249
	244	251	251
	246	252	252
	247	253	253
MERSILO 1:2000			
GLADINA VOĐE = 253,00 m			
JANUAR, 2006.			



LEGENDA Priloga B6

HIDROGRAFSKE MERITVE REKE DRAVE
BAZEN ZLATOLICJE

KOTEDINA	242	248
	243	249
	244	250
	245	251
	246	252
	247	253

MERILO 1:2000

GLADINA VODE = 253.00 m

JANUAR, 2006.

LIST 7

LEGENDA

Priloga B7

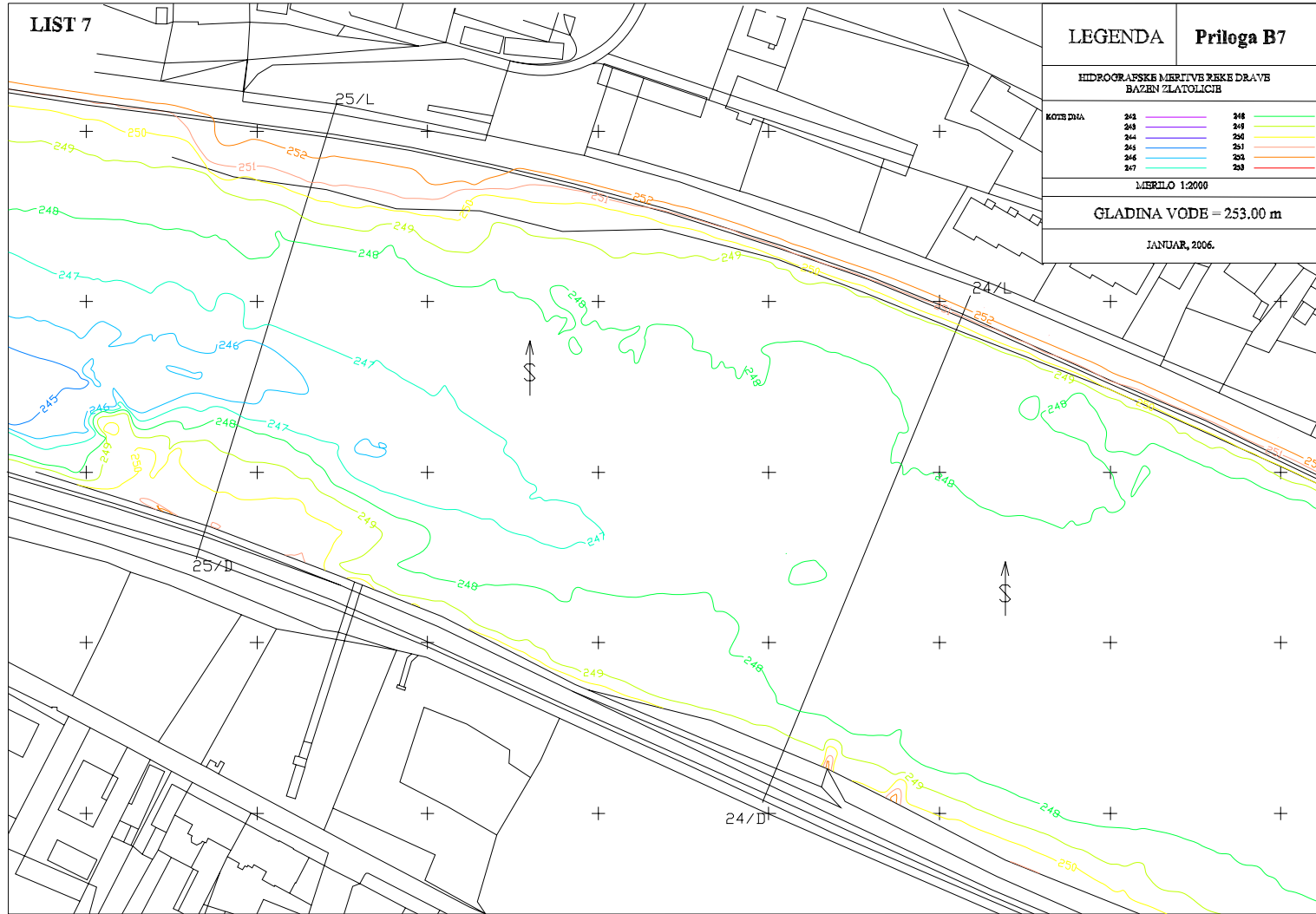
HIDROGRAFSKE MERITVE REKE DRAVE
BAZEN ZLATOLICIB

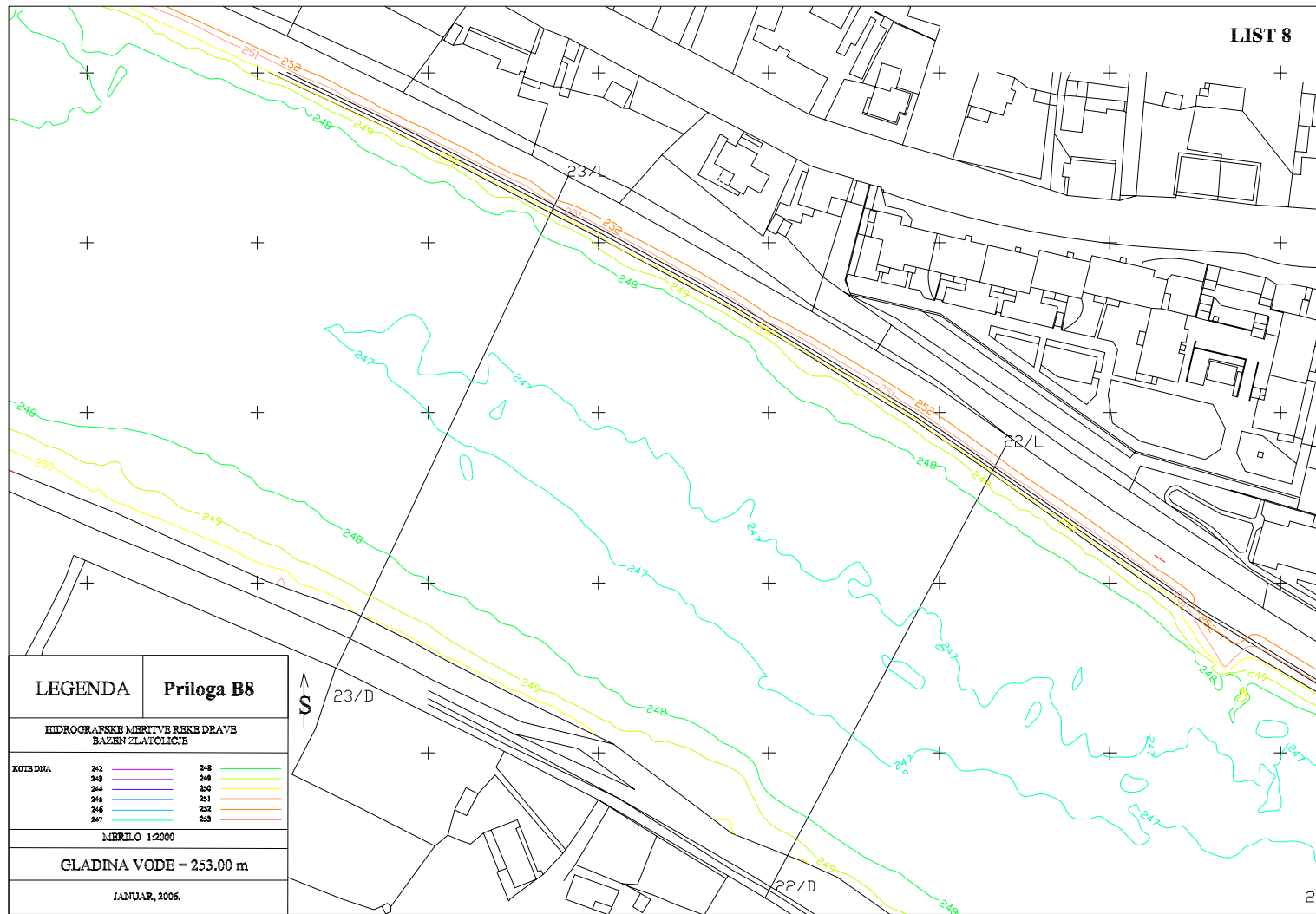
KOTIRNA	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253
	[Pink line]	[Purple line]	[Blue line]	[Cyan line]	[Light blue line]	[Light green line]	[Green line]	[Yellow-green line]	[Yellow line]	[Orange line]	[Red line]	[Dark red line]	[Red line]

MERILO 1:2000

GLADINA VODE = 253.00 m

JANUAR, 2006.





LEGENDA Priloga B8

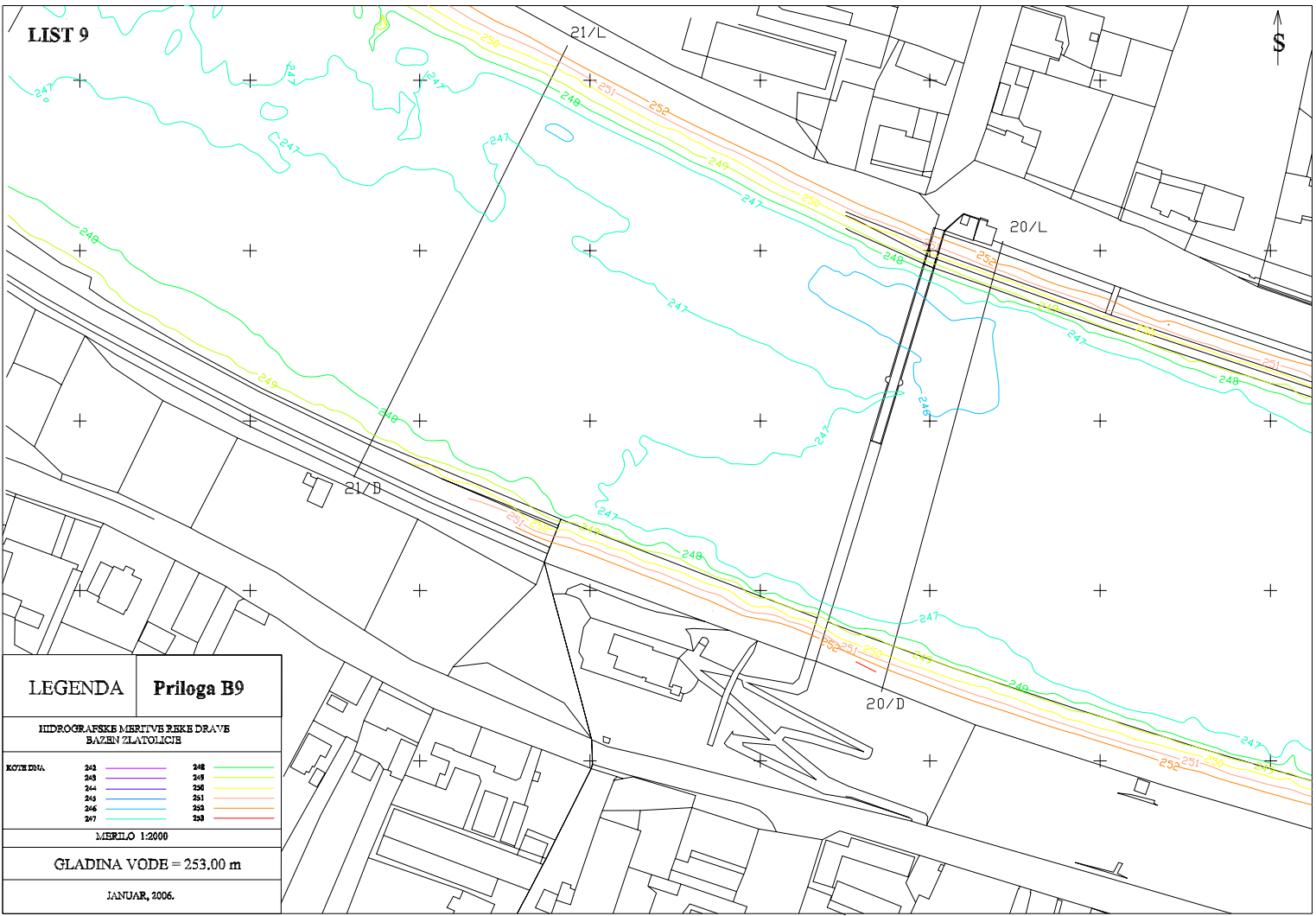
HIDROGRAFSKE MERITVE REKE DRAVE
BAZEN ZLATOLICJE

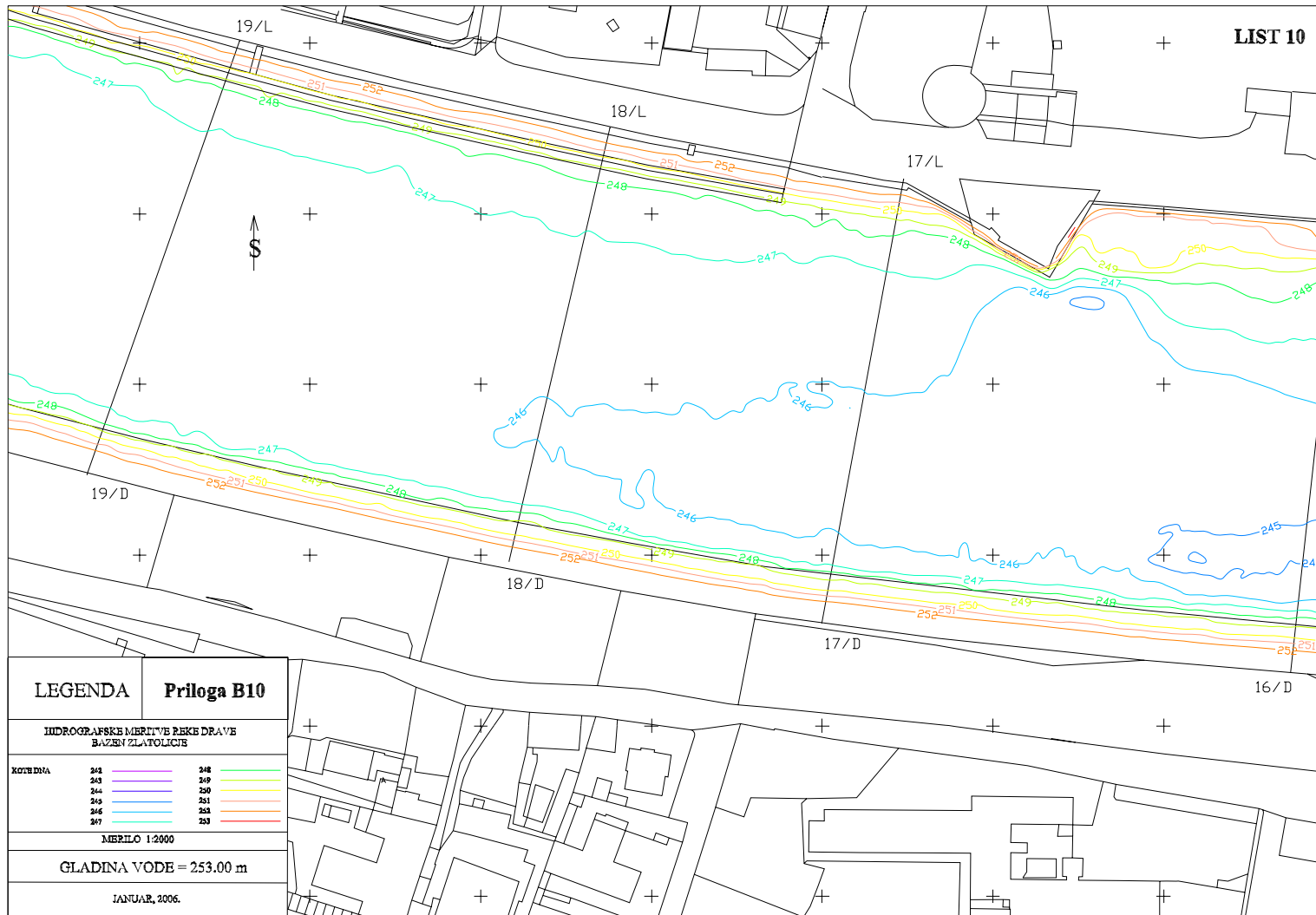
KOTEDINA	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253
	[Purple line]	[Blue line]	[Light blue line]	[Cyan line]	[Green line]	[Yellow line]	[Orange line]	[Red line]	[Dark red line]	[Brown line]	[Black line]	[Grey line]

MERILLO 1:2000

GLADINA VODE = 253.00 m

JANUAR, 2006.





LEGENDA Priloga B10

**HIĐROGRAFSKE MERITVE PEŠKE DRAVE
BAZEN ZLATOLICJE**

KOTIRNA			
243		248	
243		249	
244		250	
245		251	
246		252	
247		253	

MERILO 1:2000

GLADINA VODE = 253.00 m

JANUAR, 2006.

LIST 11

LEGENDA

Priloga B11

HIDROGRAFSKE MERITVE REKE DRAVE
BAZEN ZLATOLICIB

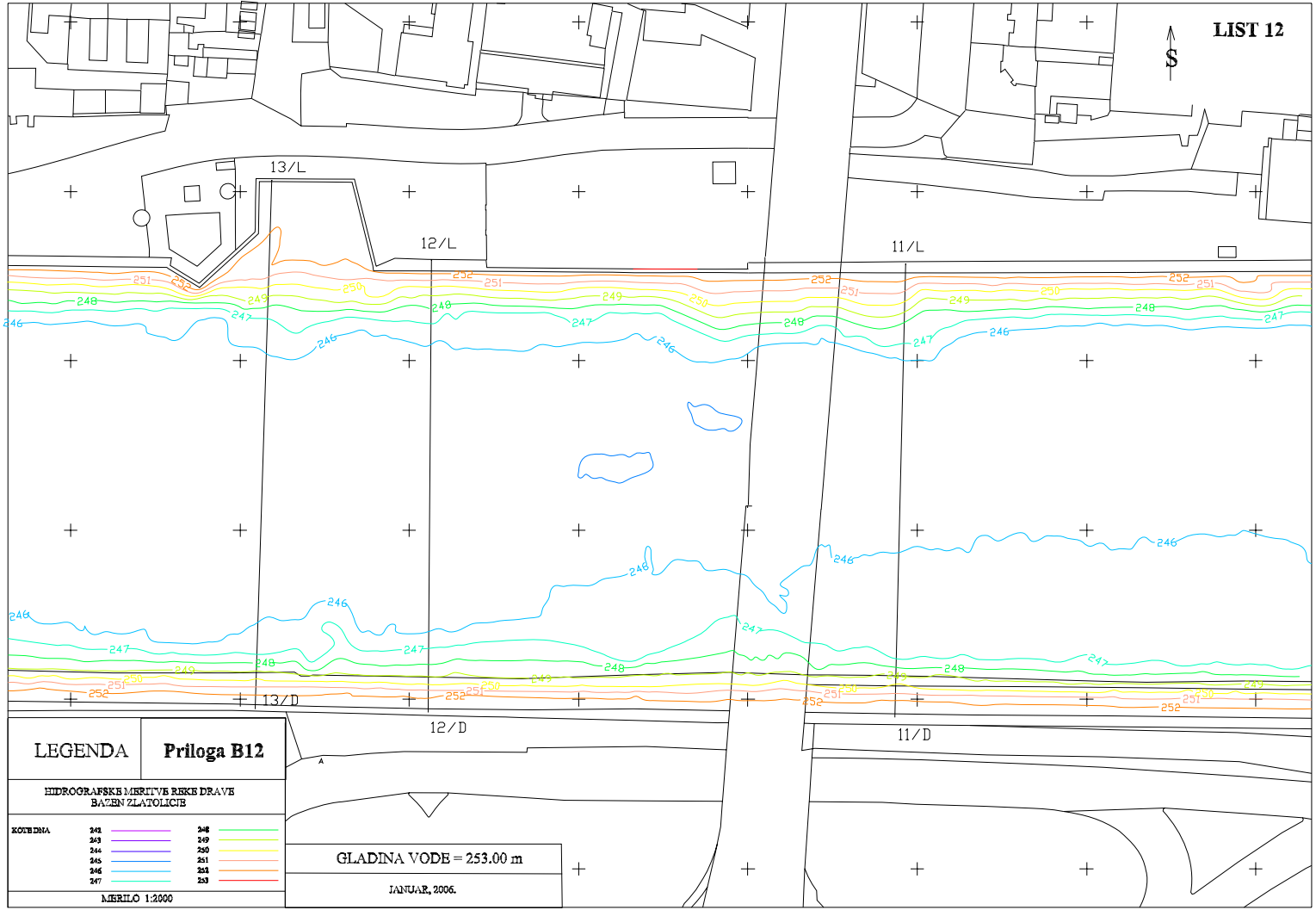
KOTIRNA	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253

MERILO 1:2000

GLADINA VODE = 253.00 m

JANUAR, 2006.





LEGENDA

Priloga B12

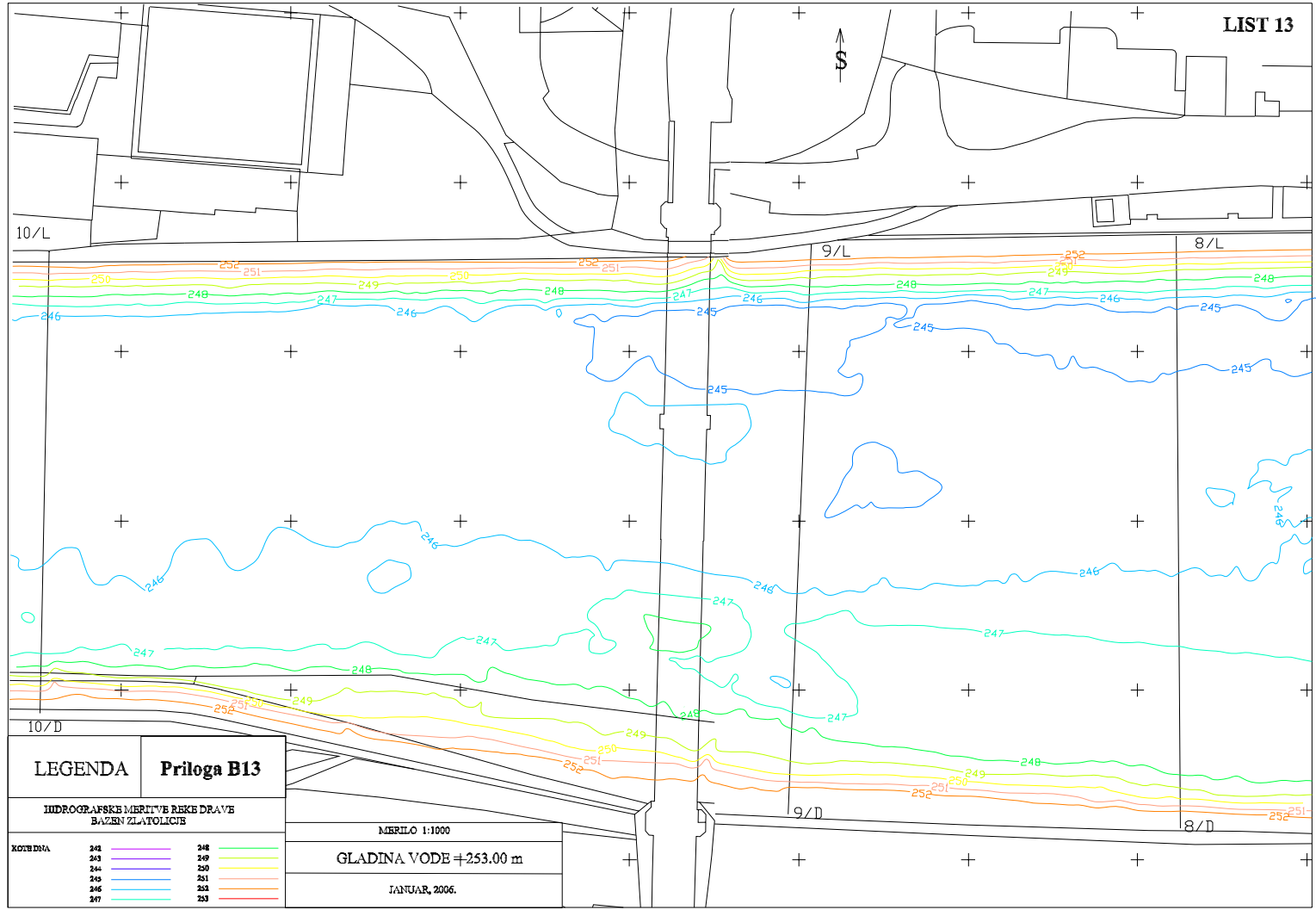
HIDROGRAFSKE MERITVE REKE DRAVE
BAZEN ZLATOLICJE

KOTIRINA	248	249	250	251	252	246	247	248	249	250	251	252
	[Purple line]	[Green line]	[Yellow line]	[Orange line]	[Red line]	[Blue line]	[Cyan line]	[Green line]	[Yellow line]	[Orange line]	[Red line]	[Red line]

GLADINA VODE = 253.00 m

JANUAR, 2006.

MERILO 1:2000



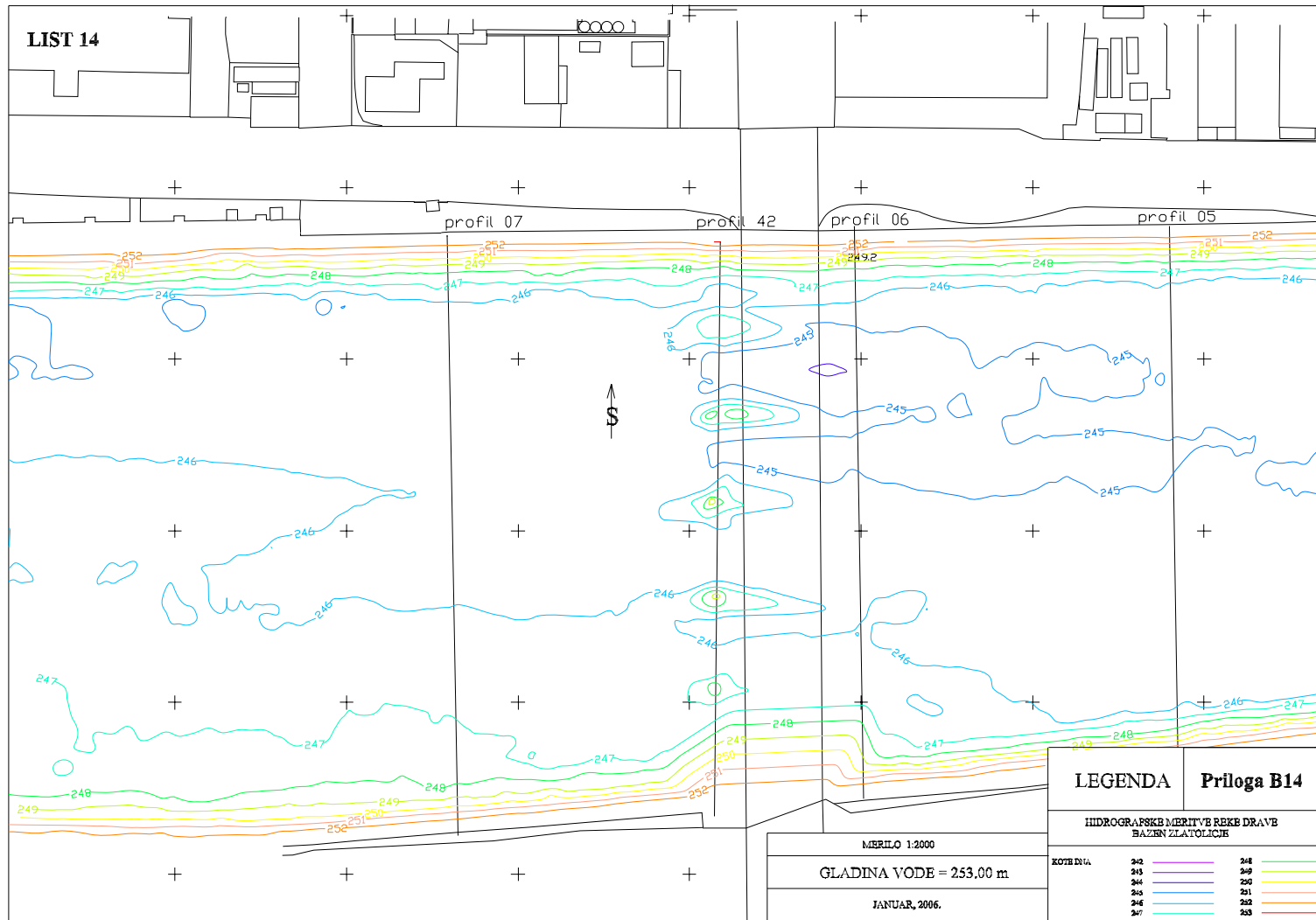
LEGENDA Priloga B13

**HYDROGRAFSKE MERITVE REKE DRAVE
BAZEN ZLATOLICE**

KOTIRNA	243	248
	243	249
	244	250
	245	251
	246	252
	247	253

MERILO 1:1000
GLADINA VODE = 253.00 m
JANUAR, 2006.

LIST 14



MERILO 1:2000
GLADINA VODE = 253,00 m
JANUAR, 2006.

LEGENDA		Priloga B14	
HIDROGRAFSKE MERITVE REKE DRAVE BAZEN ZLATOLICJE			
KOTIRNA	242	248	254
	243	249	255
	244	250	256
	245	251	257
	246	252	
	247	253	

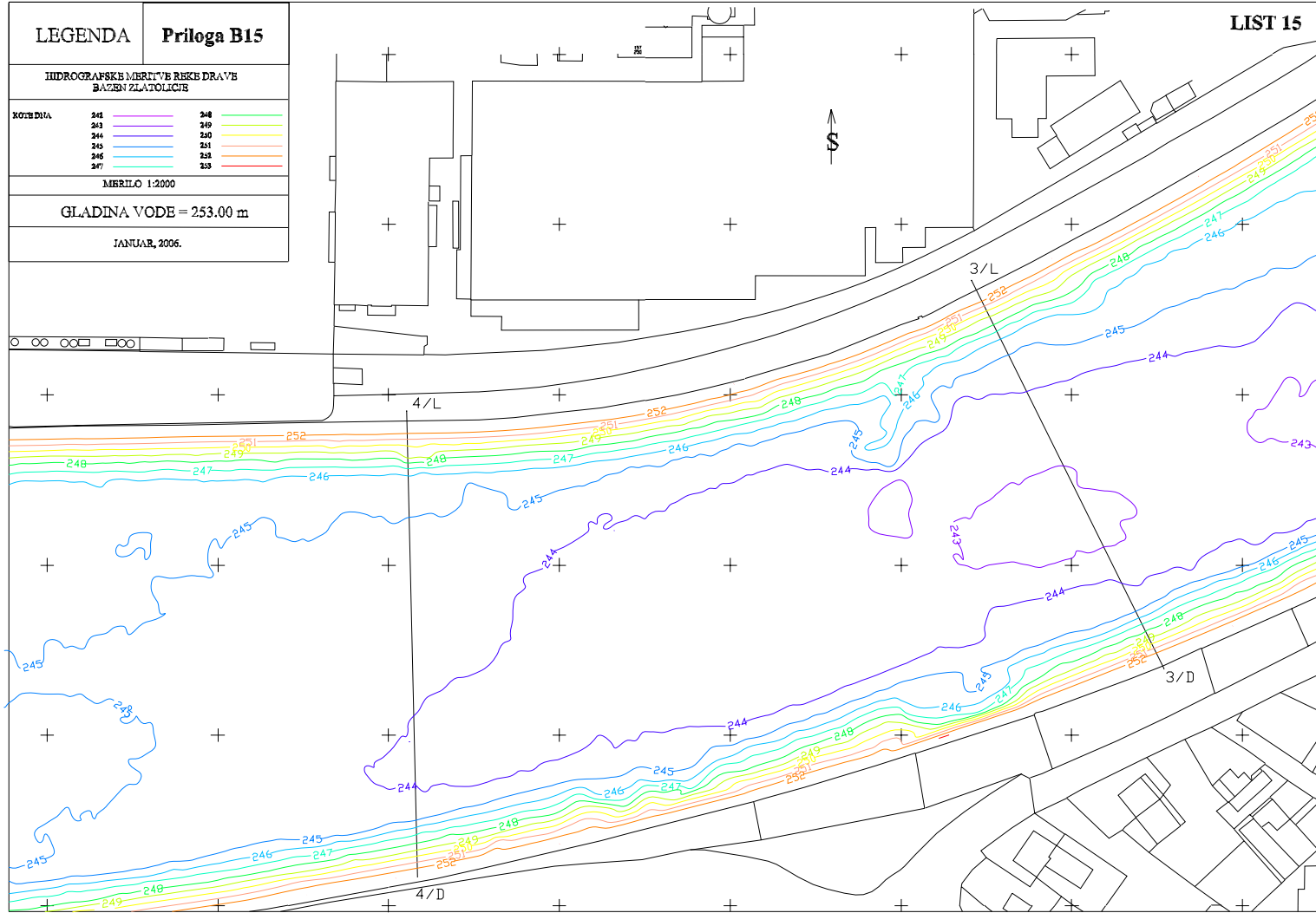
LEGENDA		Priloga B15	
HIDROGRAFSKE MERITIVNE REŠKE DRAVE BAZEN ZLATOLICE			
KOTIRNA	241	248	255
	242	249	256
	243	250	257
	244	251	258
	245	252	259
	246	253	260
	247	254	261

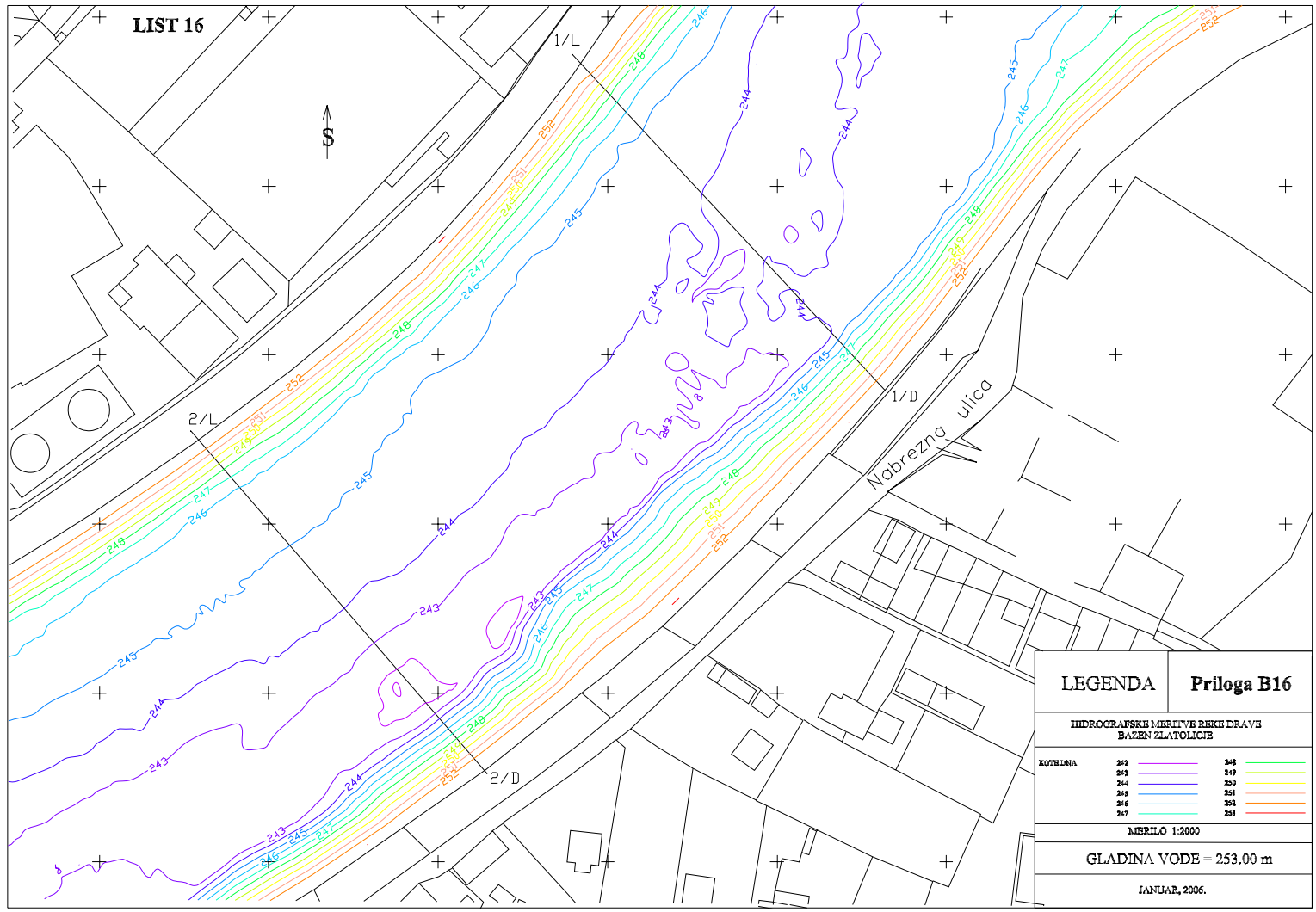
MERILO 1:2000

GLADINA VODE = 253.00 m

JANUAR, 2006.

LIST 15

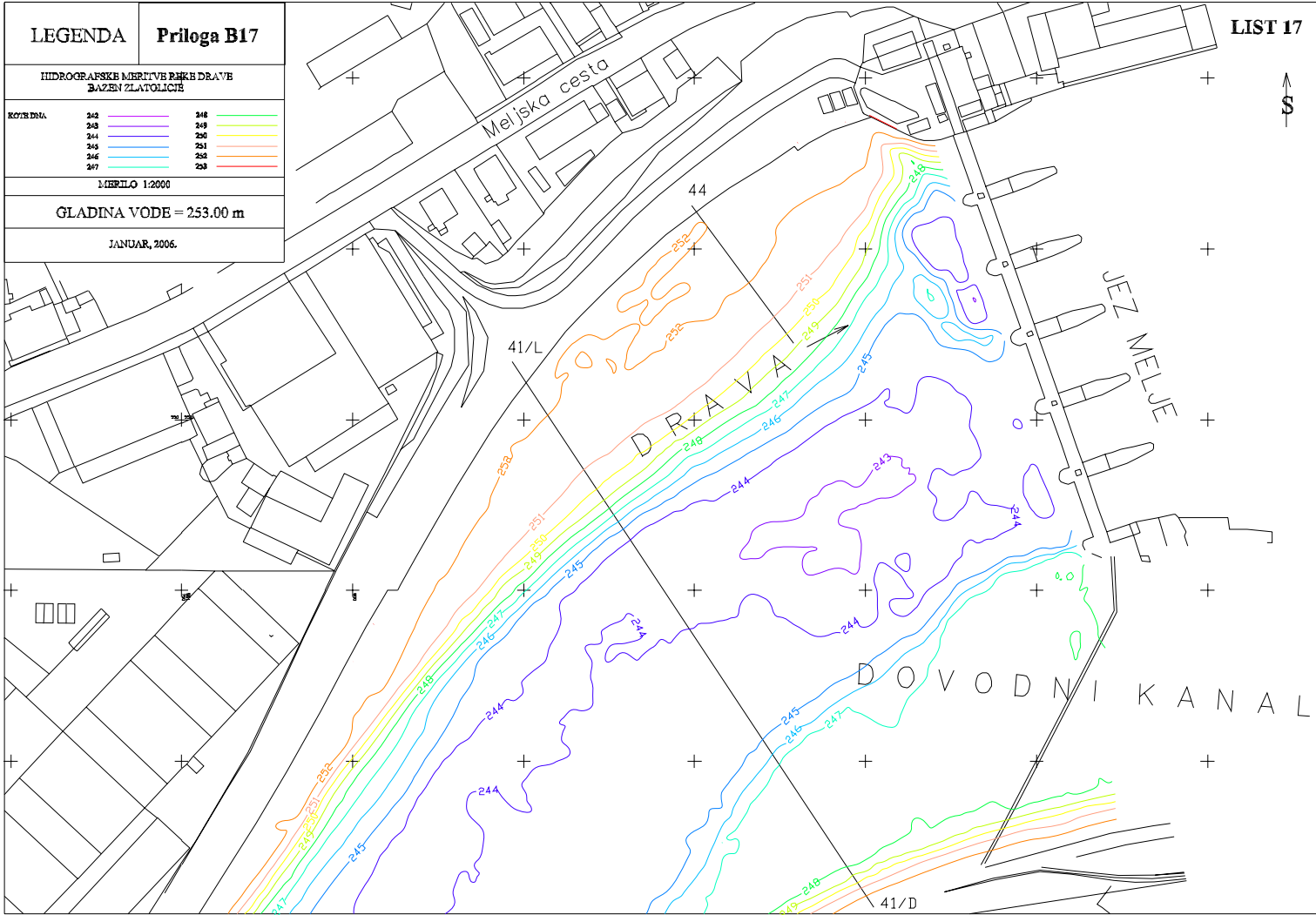




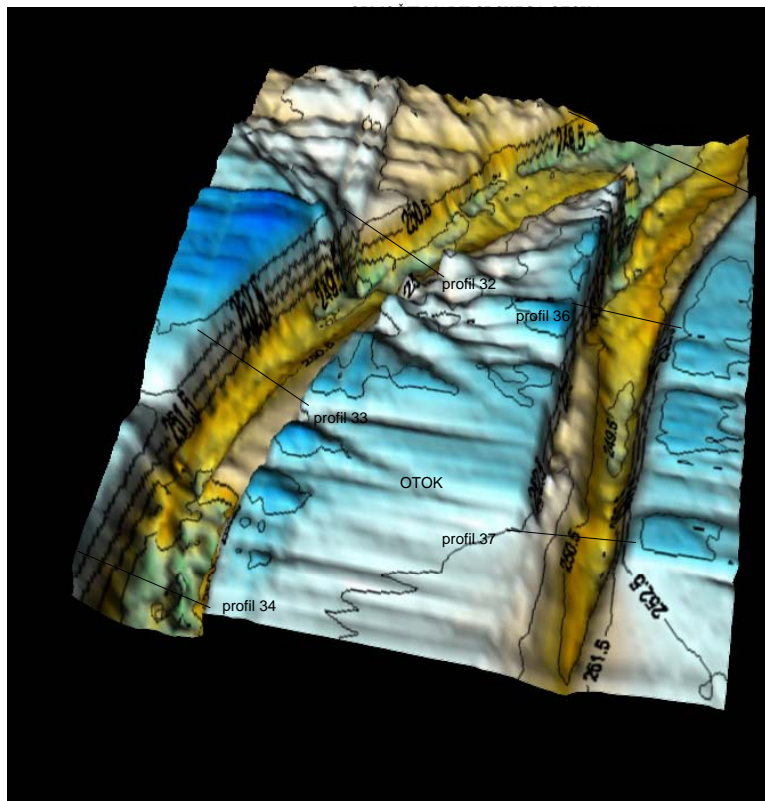
LEGENDA		Priloga B16	
HIDROGRAFSKE MERILNE REKE DRAVE BAZEN ZLATOLICE			
KOTIRNA	243	248	253
	243	249	254
	244	250	255
	245	251	256
	246	252	257
	247	253	258
MERELO 1:2000			
GLADINA VODE = 253,00 m			
JANUAR, 2006.			

LEGENDA		Priloga B17	
HIDROGRAFSKE MERITVE POKRE DRAVE BAZEN ZLATOLICJE			
KOTIRNA	242	248	248
	243	249	249
	244	250	250
	245	251	251
	246	252	252
	247	253	253
MEROLO 1:2000			
GLADINA VODE = 253.00 m			
JANUAR, 2006.			

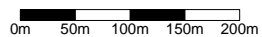
LIST 17



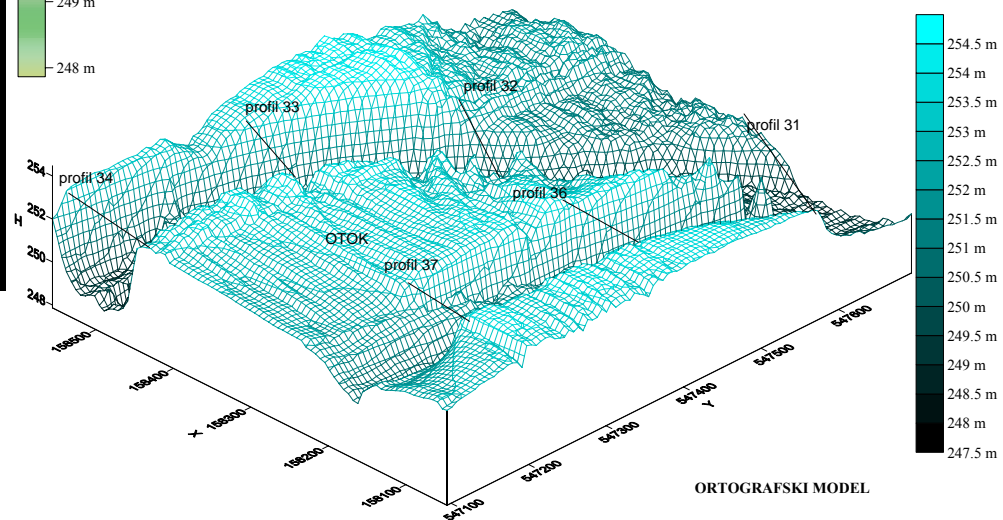
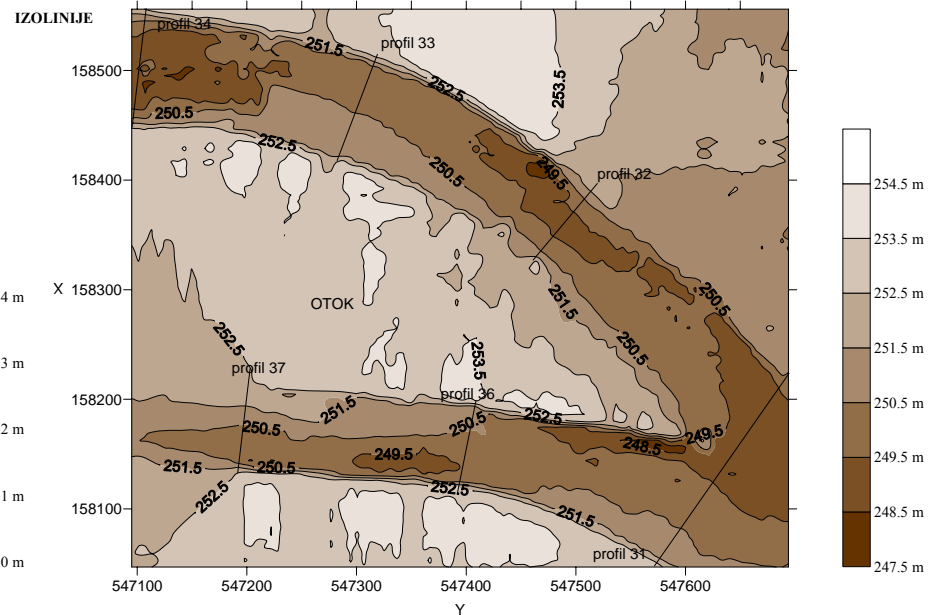
**PRILOGA C1 3D MODEL REKE DRAVE
BAZEN ZLATOLIČJE**



PERSPEKTIVNI PRIKAZ
 ROTACIJA: 80°
 NAGIB: 59°
 POGLED: 45°



OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

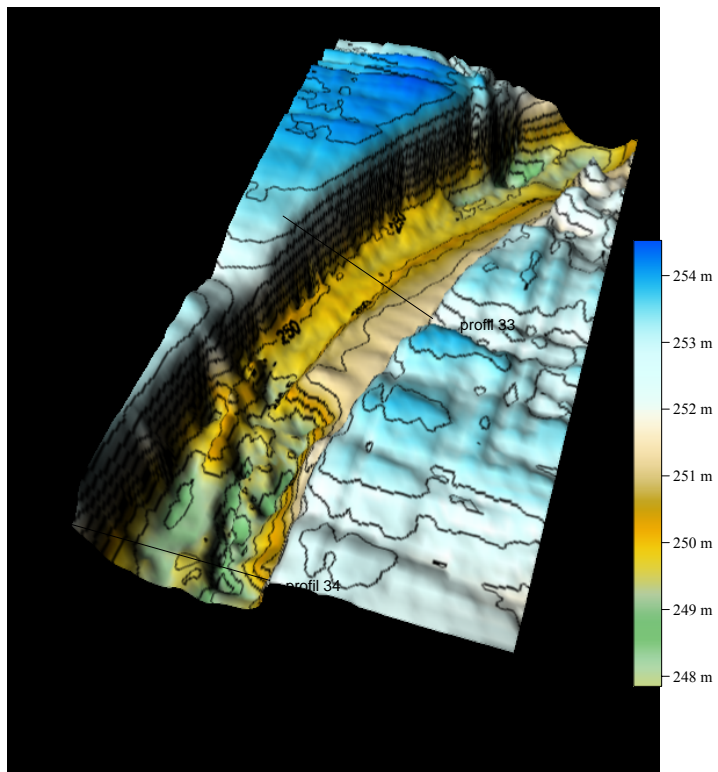


ORTOGRAFSKI MODEL

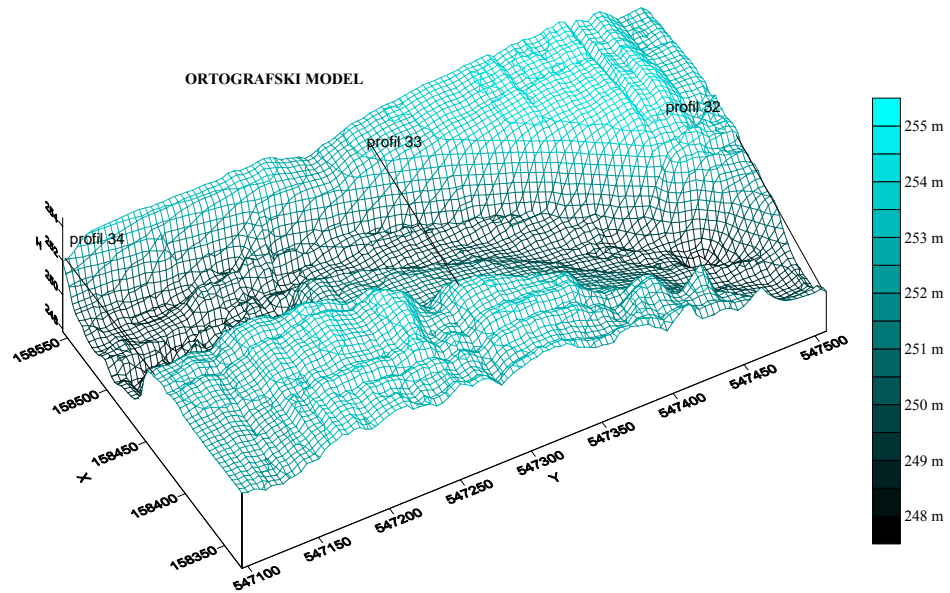
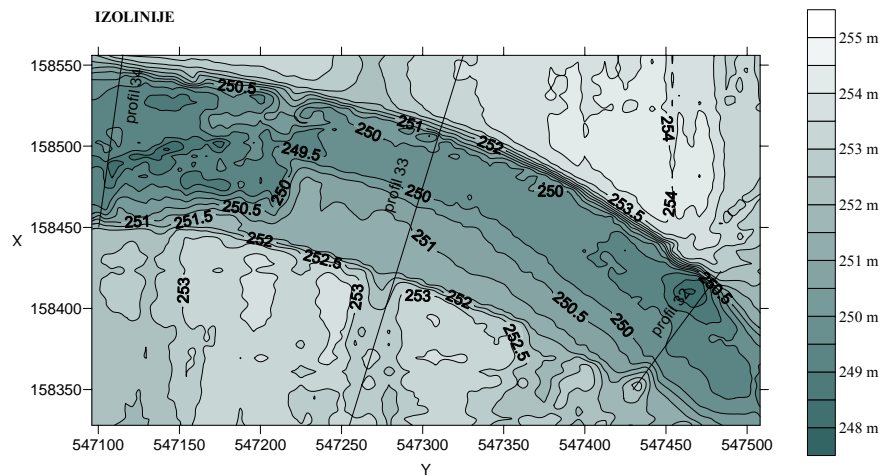
PRILOGA C2

3D MODEL REKE DRAVE BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 32, 33 IN 34



POGLED: 45°



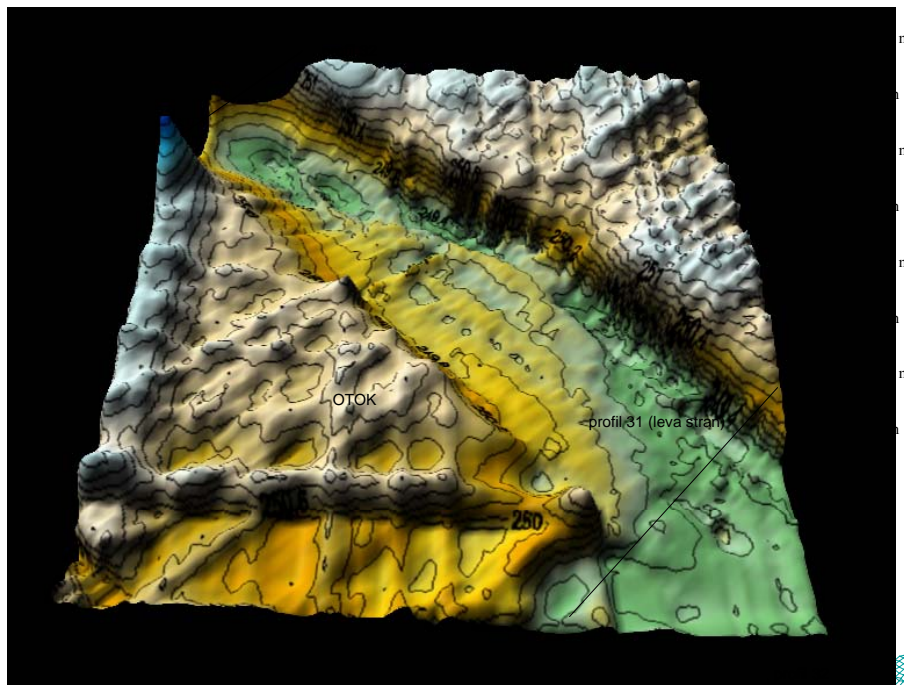
OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

PRILOGA C3

3D MODEL REKE DRAVE

BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 31 IN 32

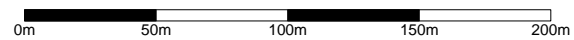


PERSPEKTIVNI PRIKAZ

ROTACIJA: 0°

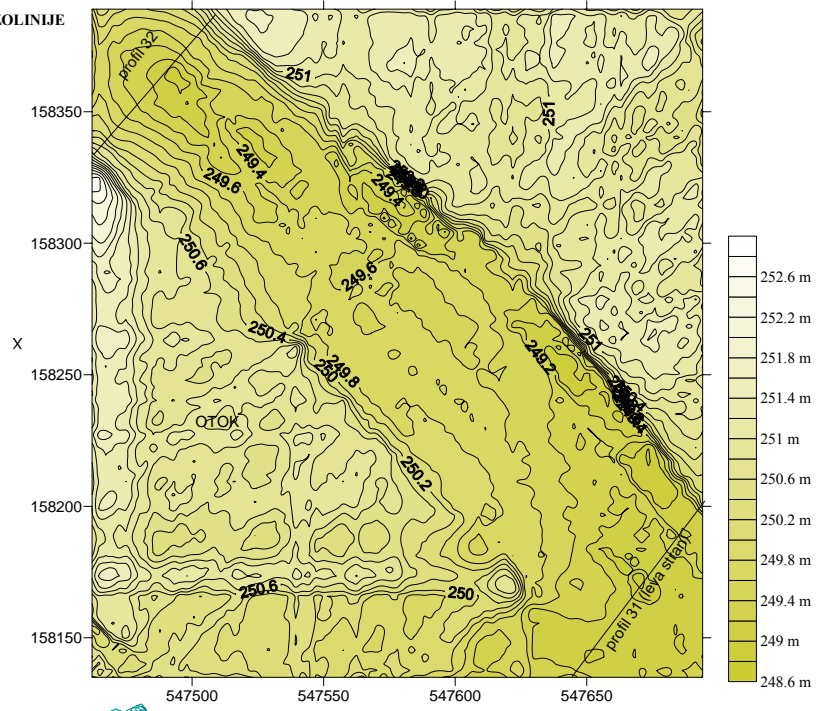
NAGIB: 47°

POGLED: 37°

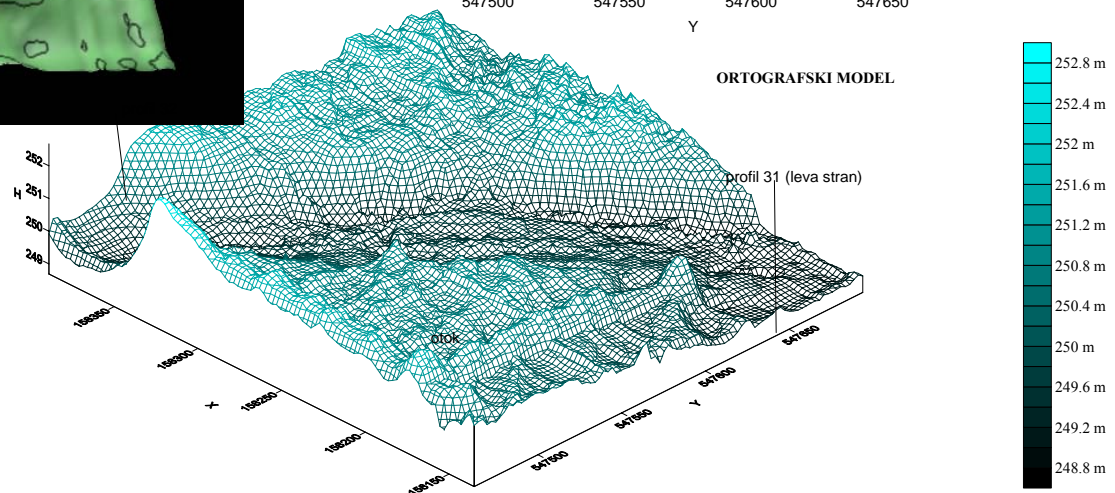


OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

IZOLINJE



ORTOGRAFSKI MODEL

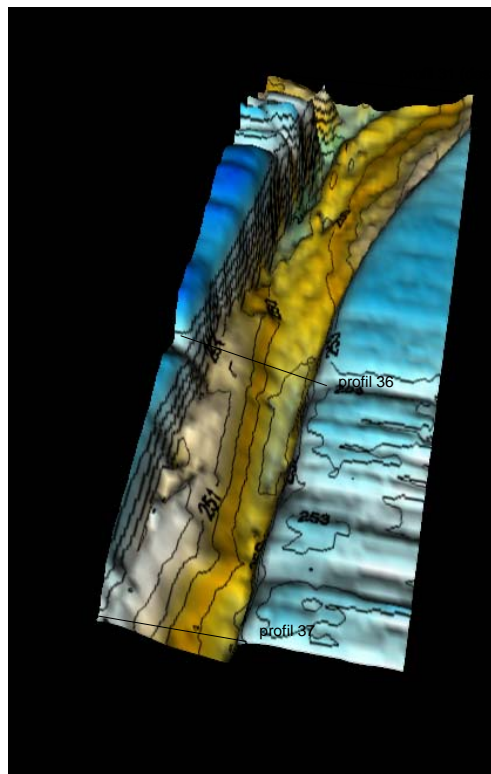


profil 31 (leva stran)

PRILOGA C4

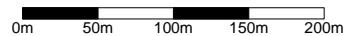
3D MODEL REKE DRAVE BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 31, 36 IN 37

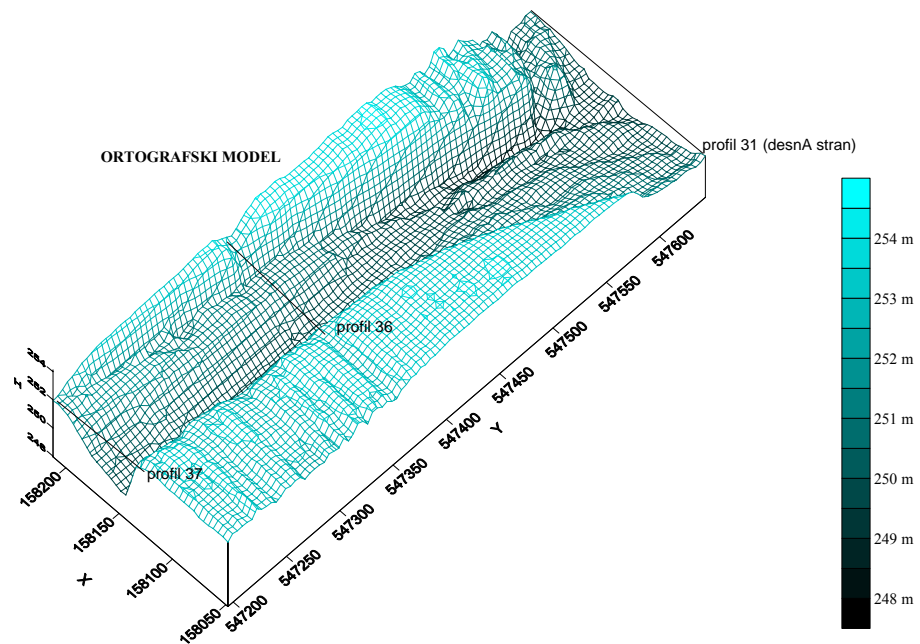
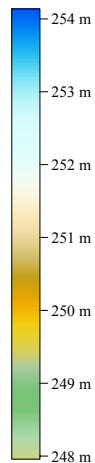
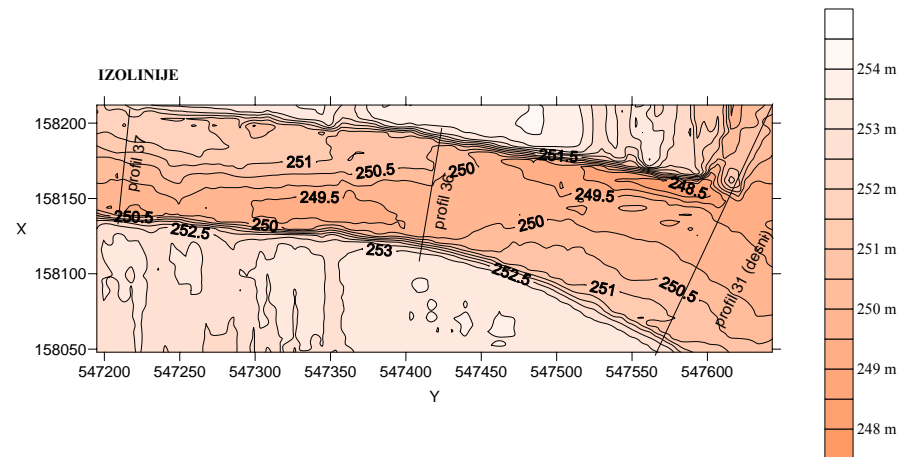


PERSPEKTIVNI PRIKAZ

ROTACIJA: 80°
NAGIB: 57°
POGLED: 45°



OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

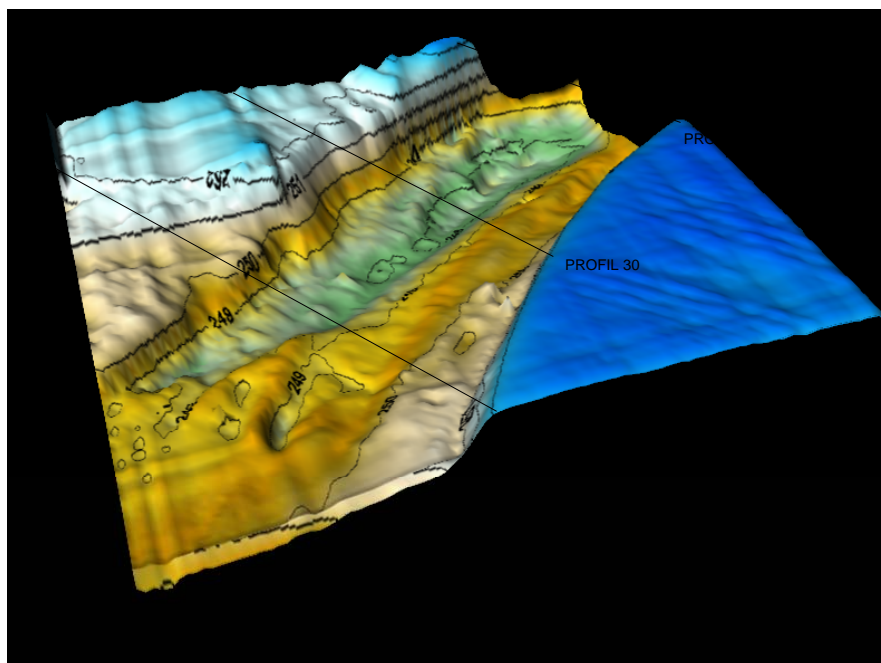


PRILOGA C5

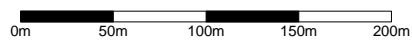
3D MODEL REKE DRAVE

BAZEN ZLATOLIČJE

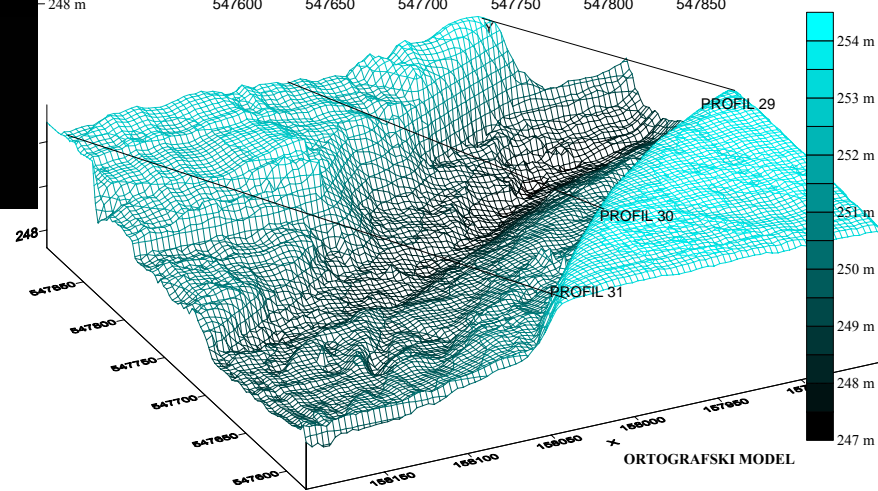
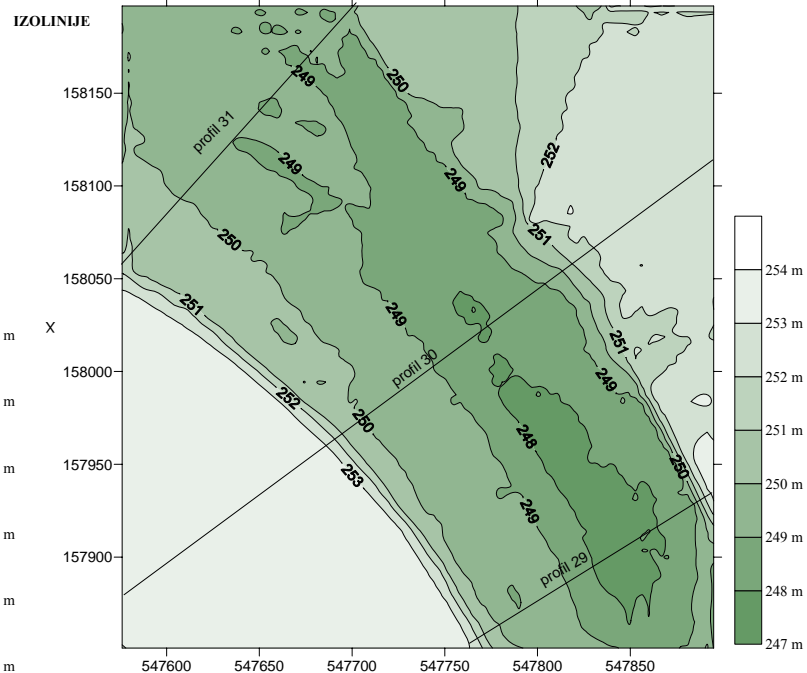
OBMOČJE PROFILOV 29,30 IN 31



PERSPEKTIVNI PRIKAZ
ROTACIJA: 109°
NAGIB: 37°
POGLED: 45°



OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

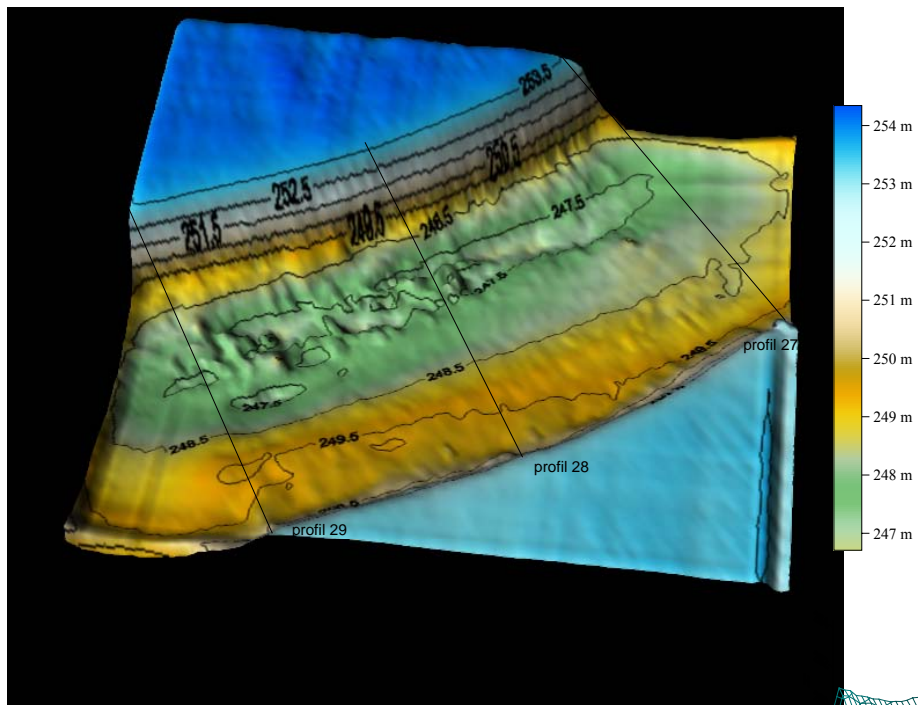


PRILOGA C6

3D MODEL REKE DRAVE

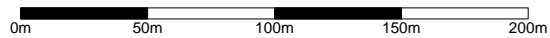
BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 27, 28 IN 29



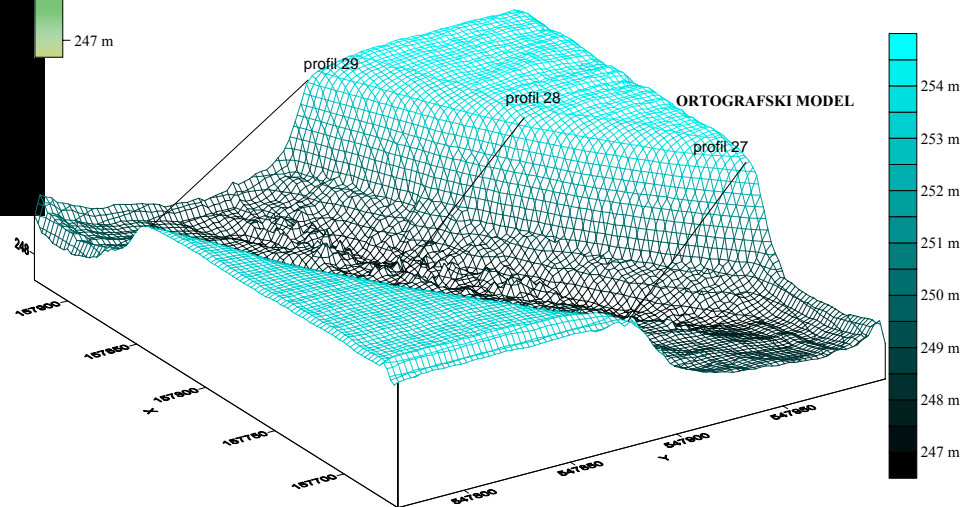
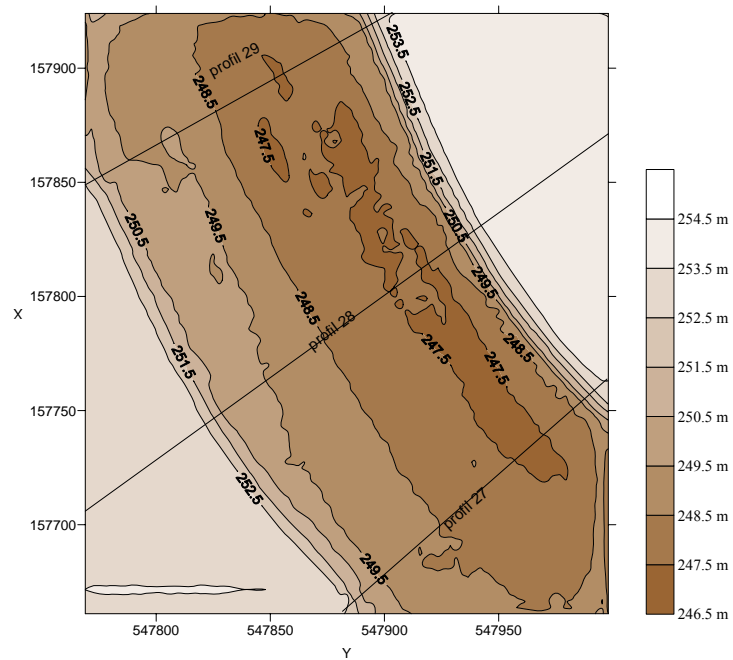
PERSPEKTIVNI PRIKAZ

ROTACIJA: 83°
NAGIB: 57°
POGLED: 26°



OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

IZOLINJE

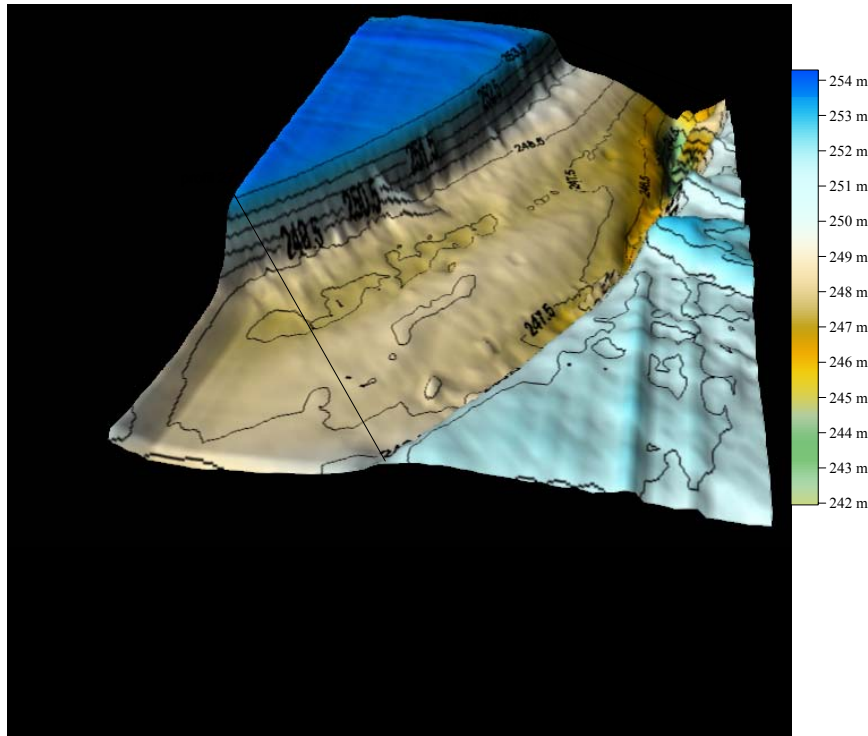


PRILOGA C7

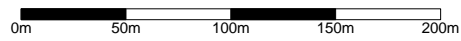
3D MODEL REKE DRAVE

BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 26 IN 27

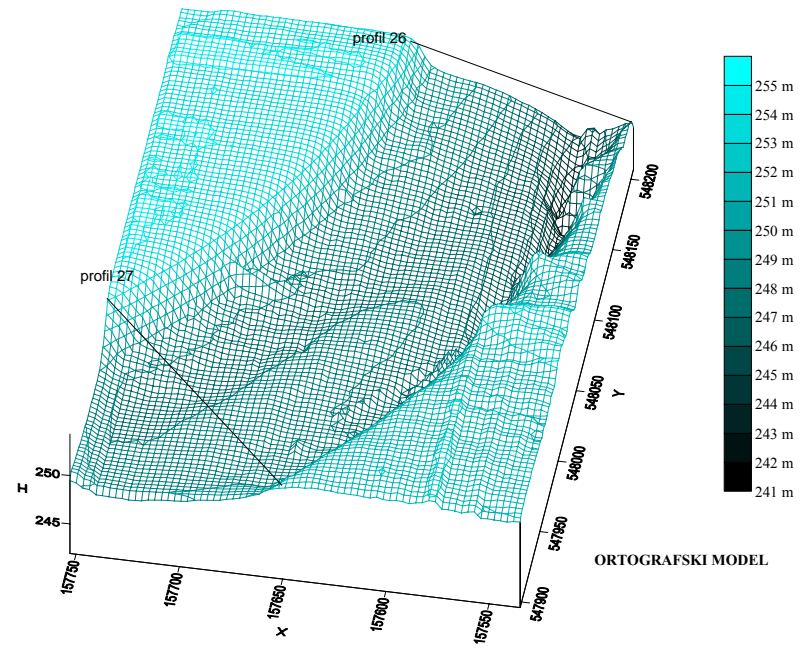
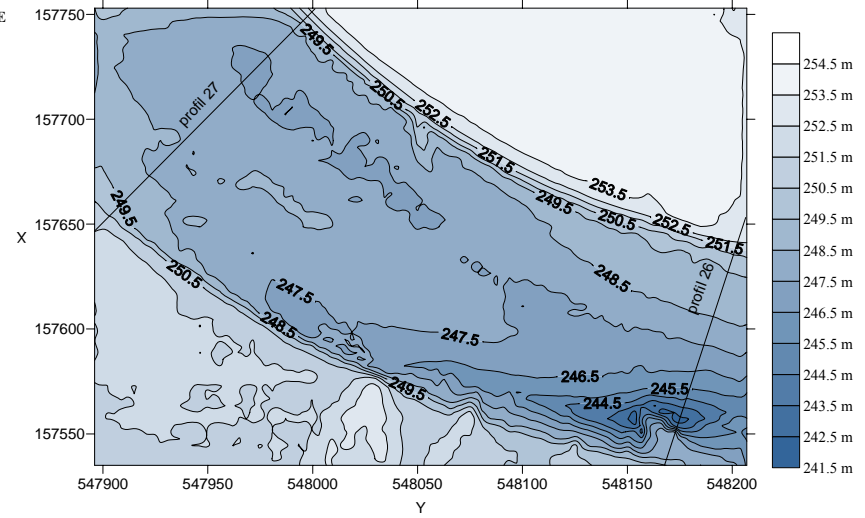


POGLED: 59°



OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

IZOLINJE



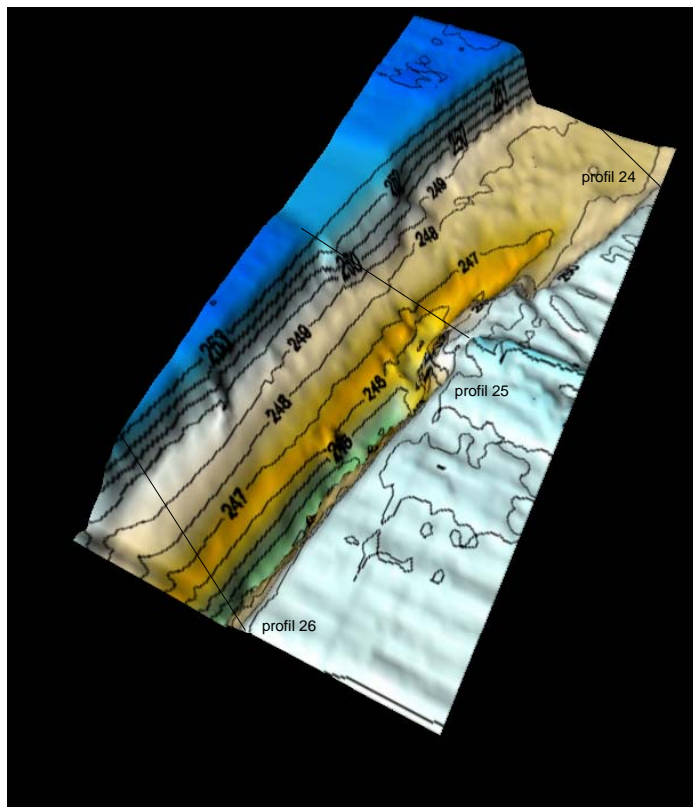
ORTOGRAFSKI MODEL

PRILOGA C8

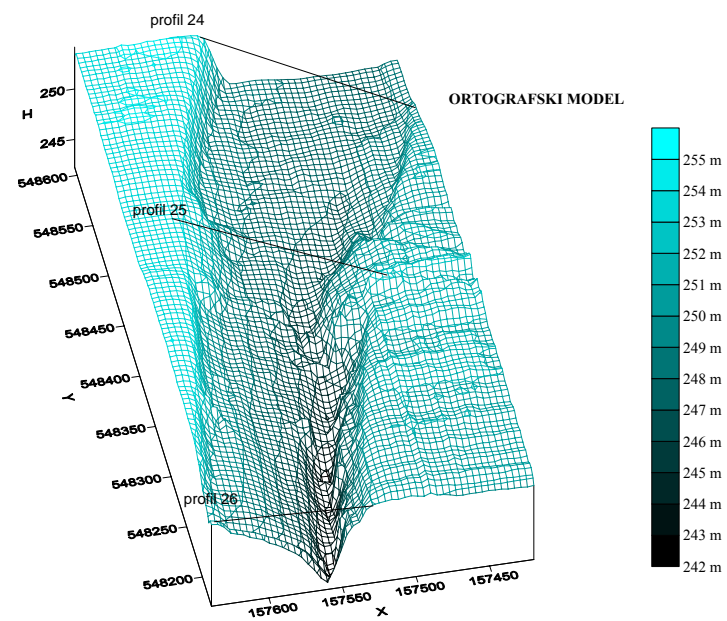
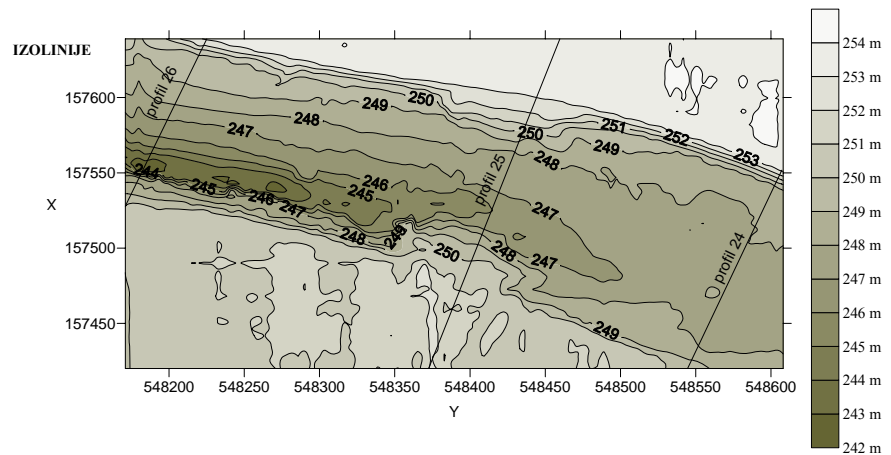
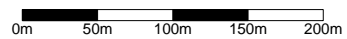
3D MODEL REKE DRAVE

BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 24, 25 IN 26



ROTACIJA: 65°
NAGIB: 59°
POGLED: 59°



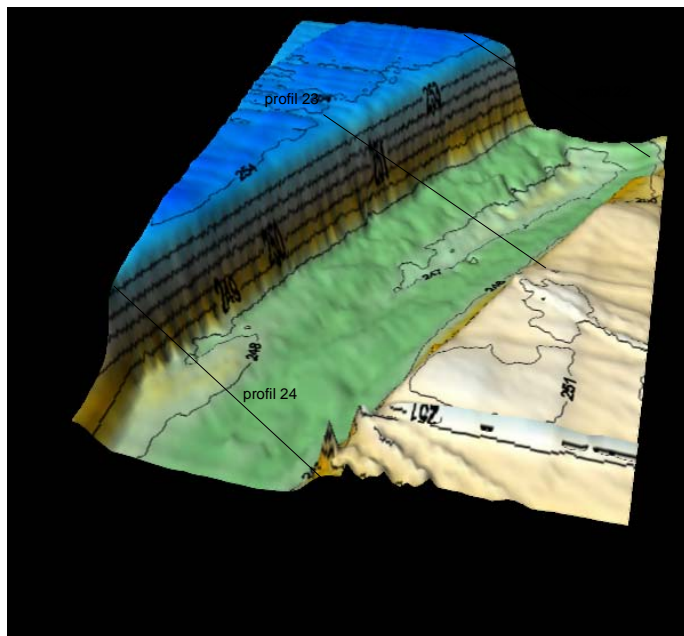
OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

PRILOGA C9

3D MODEL REKE DRAVE

BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 22, 23 IN 24

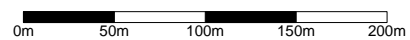


PERSPEKTIVNI PRIKAZ

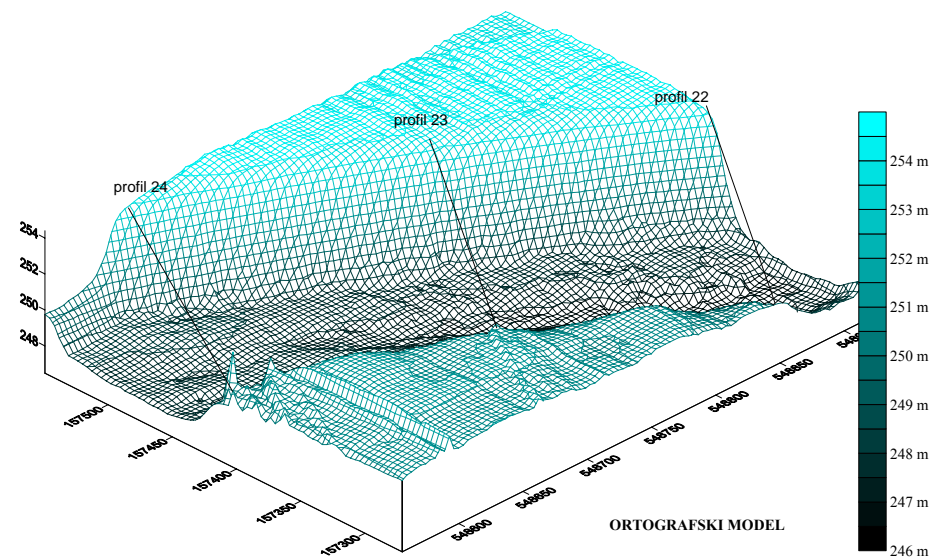
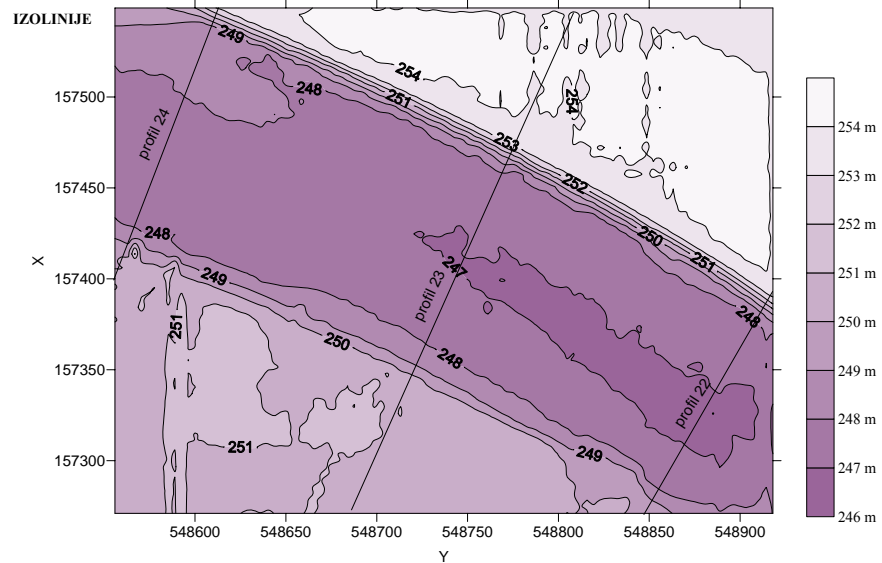
ROTACIJA: 76°

NAGIB: 39°

POGLED: 45°



OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

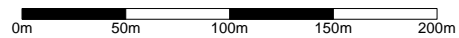
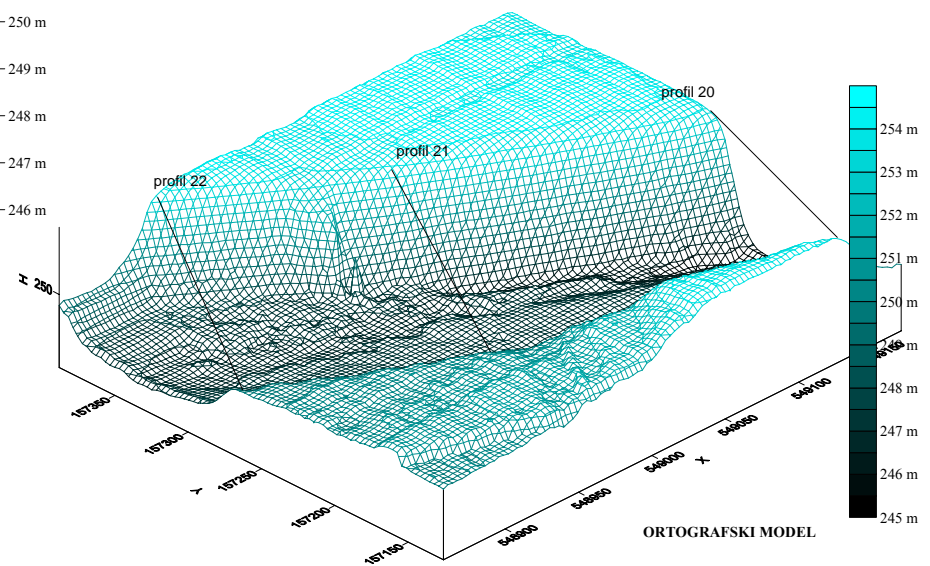
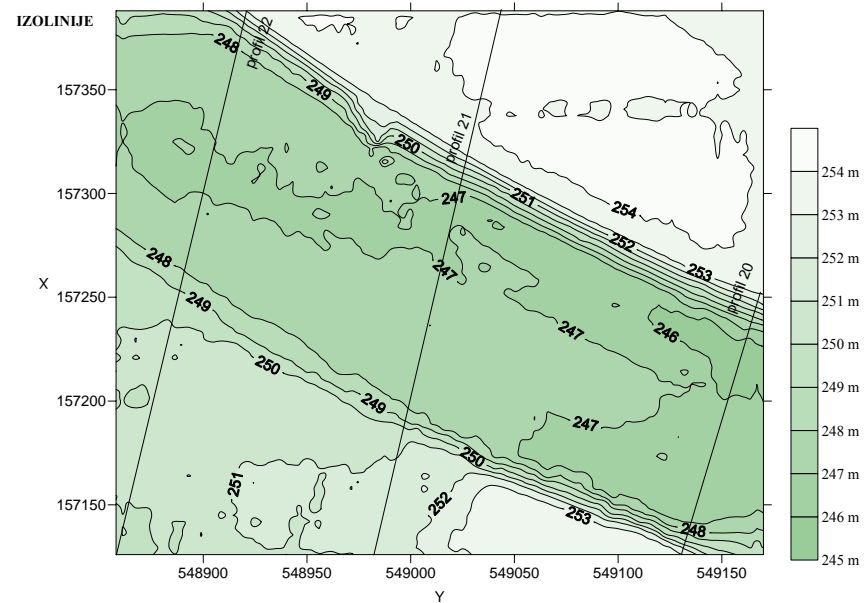
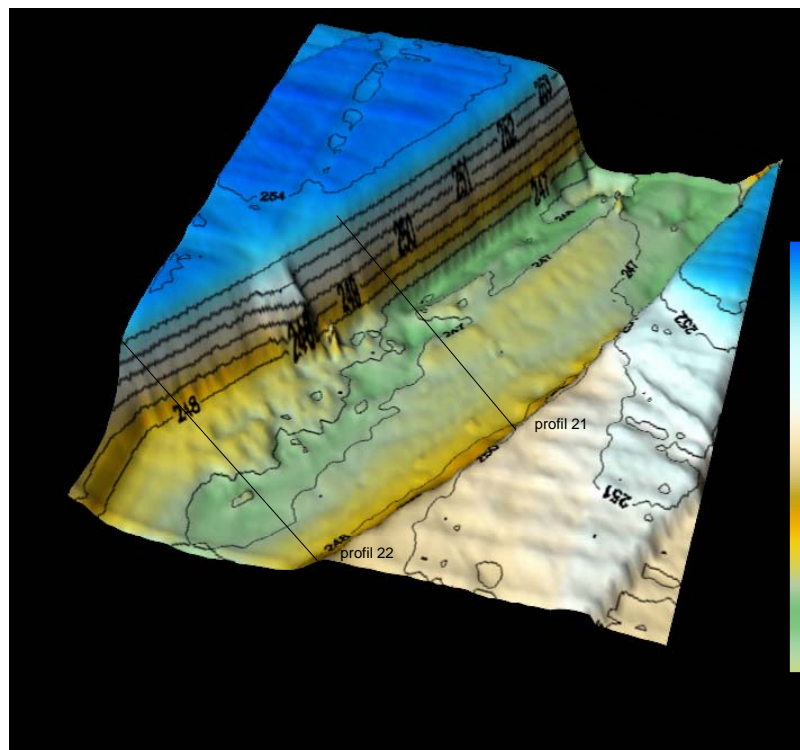


PRILOGA C10

3D MODEL REKE DRAVE

BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 20, 21 IN 22



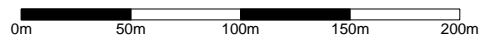
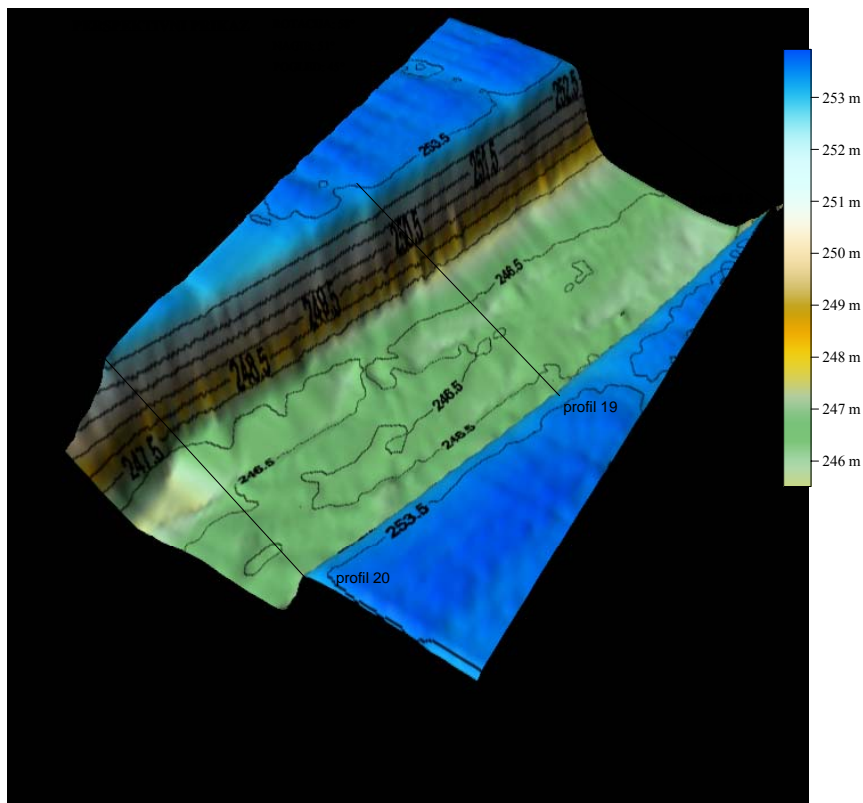
OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

PRILOGA C11

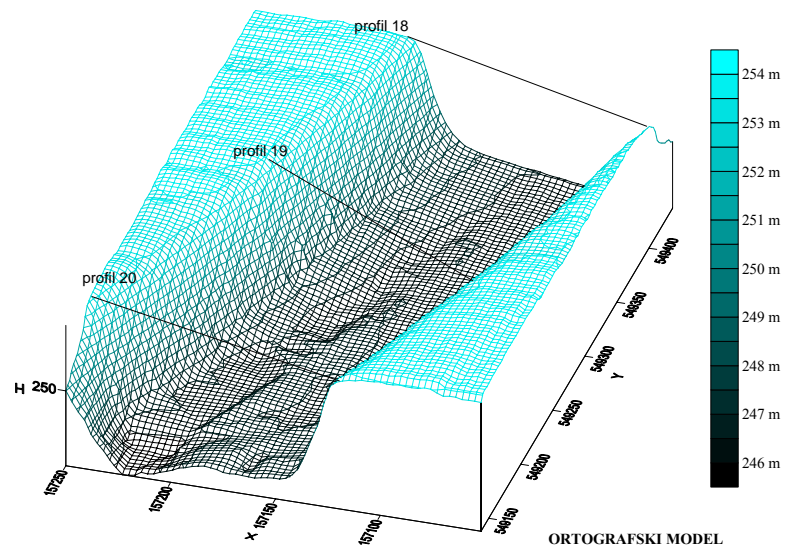
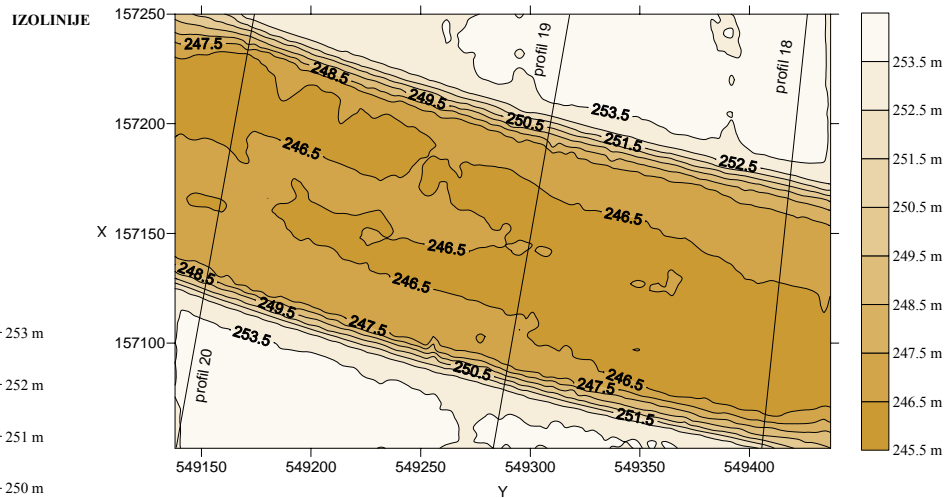
3D MODEL REKE DRAVE

BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 18, 19 IN 20



OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

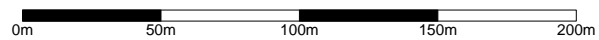
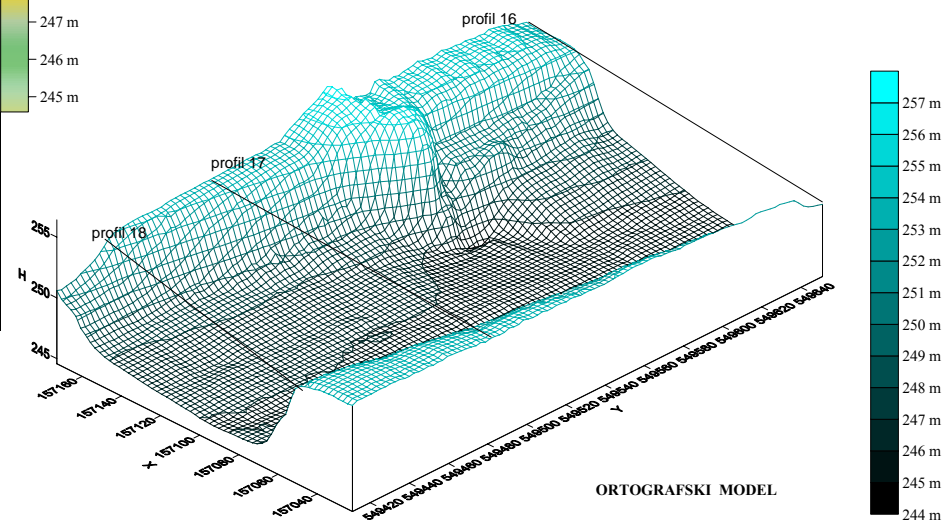
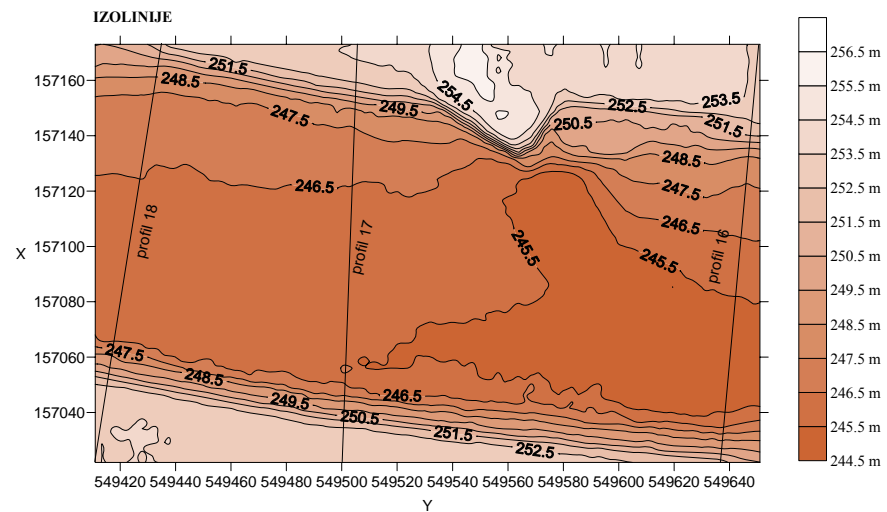
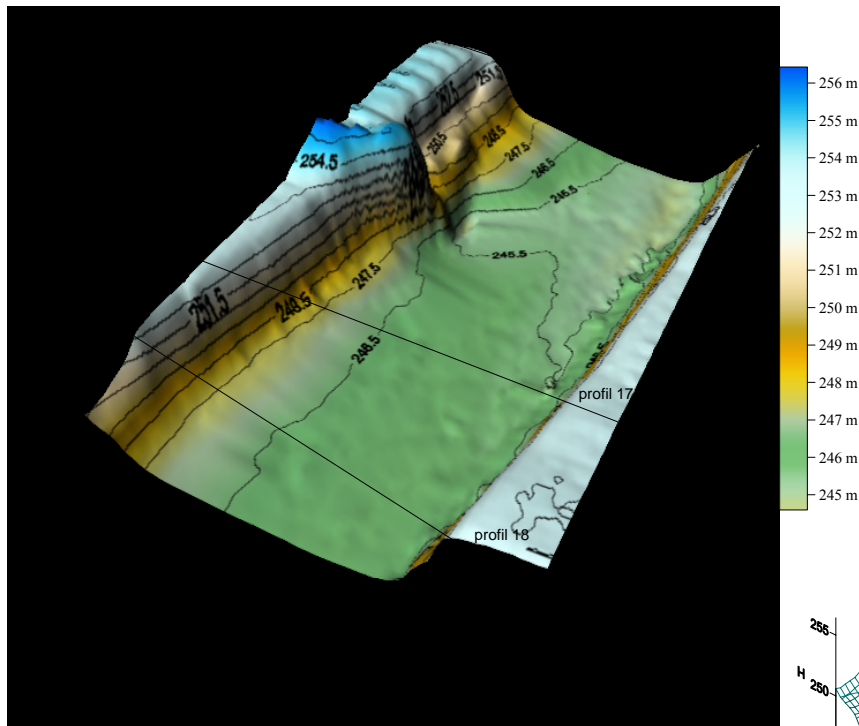


PRILOGA C12

3D MODEL REKE DRAVE

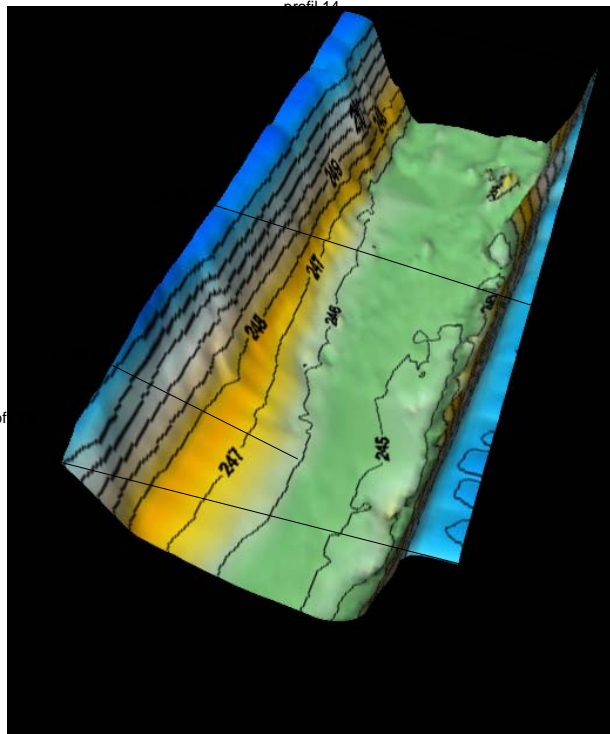
BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 16, 17 IN 18

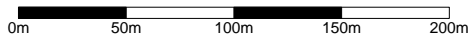


OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

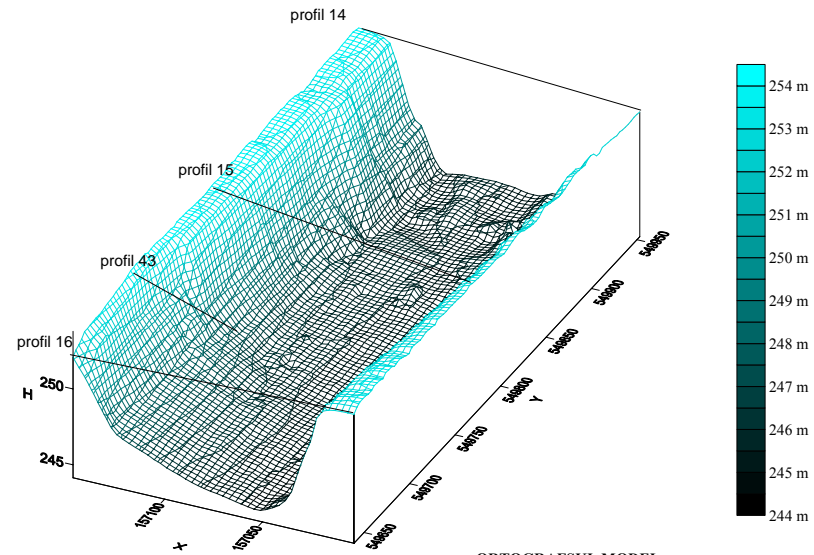
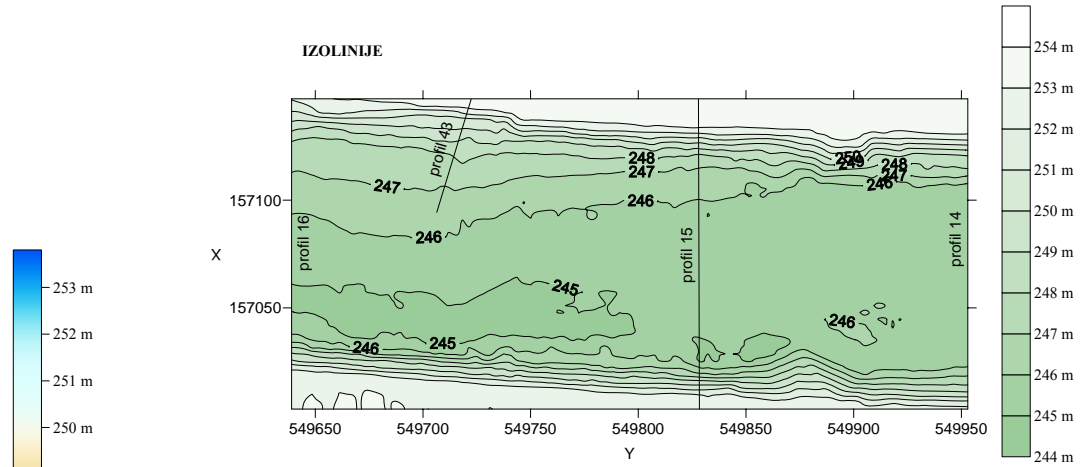
PRILOGA C13 **3D MODEL REKE DRAVE**
BAZEN ZLATOLIČJE
 OBMOČJE PROFILOV 14, 15, 43 IN 16



PERSPEKTIVNI PRIKAZ ROTACIJA: 73°
 NAGIB: 43°
 POGLED: 45°



OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju



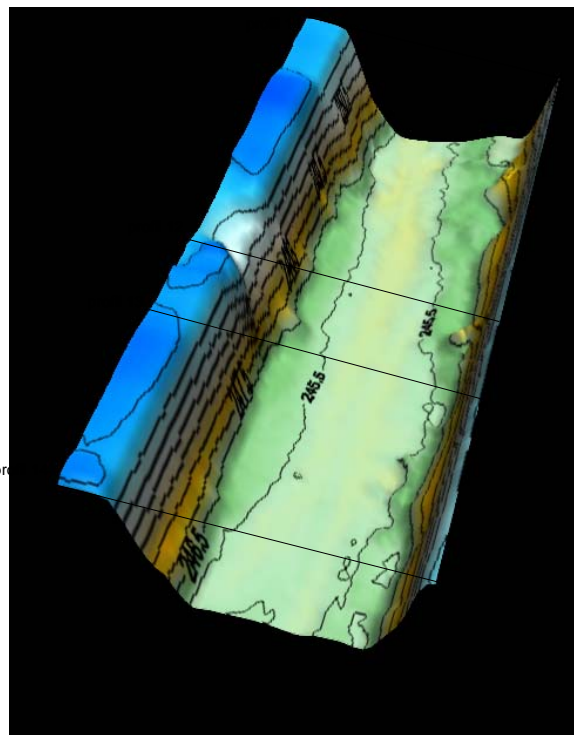
ORTOGRAFSKI MODEL

PRILOGA C14

3D MODEL REKE DRAVE

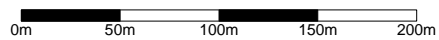
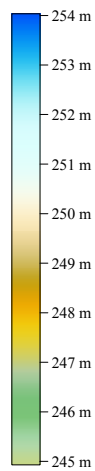
BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 11, 12, 13 IN 14

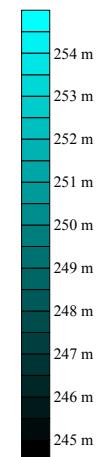
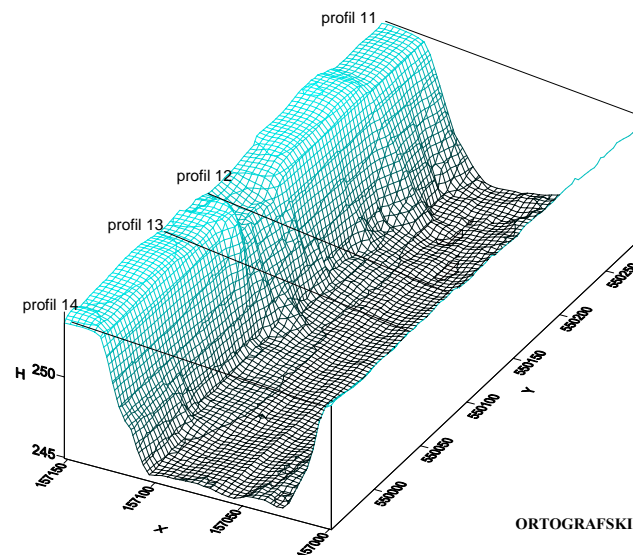
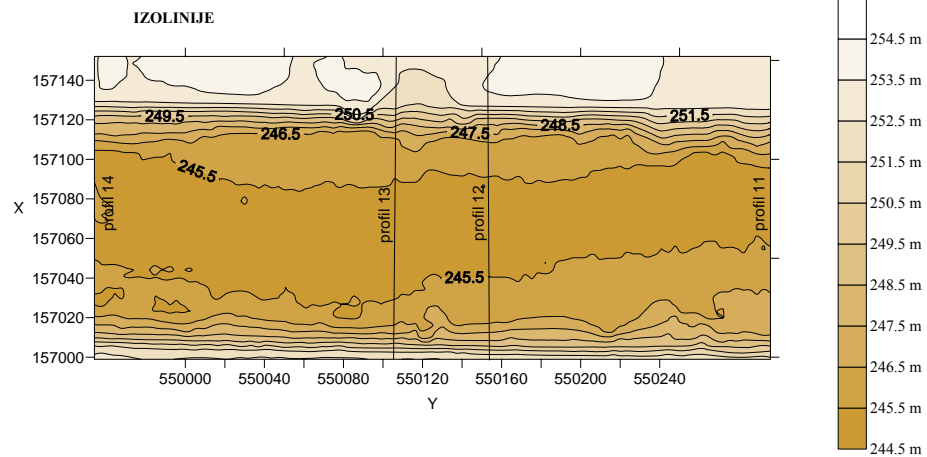


PERSPEKTIVNI PRIKAZ

ROTACIJA: 75°
NAGIB: 46°
POGLED: 39°



OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

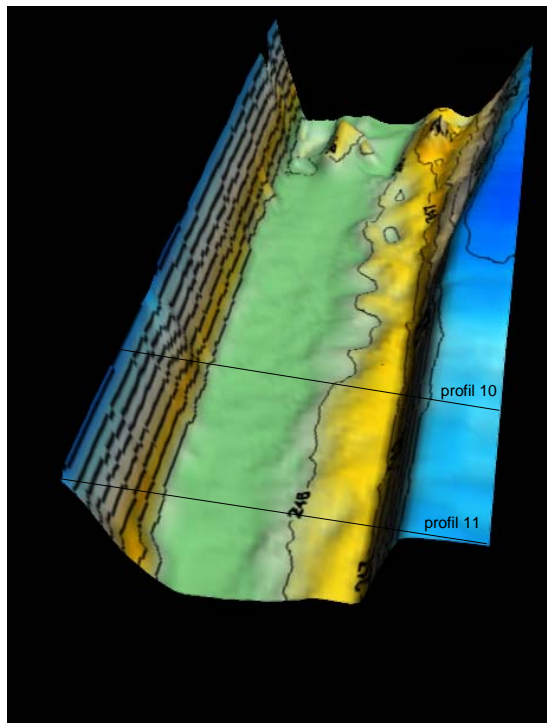


PRILOGA C15

3D MODEL REKE DRAVE

BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 9, 10 IN 11

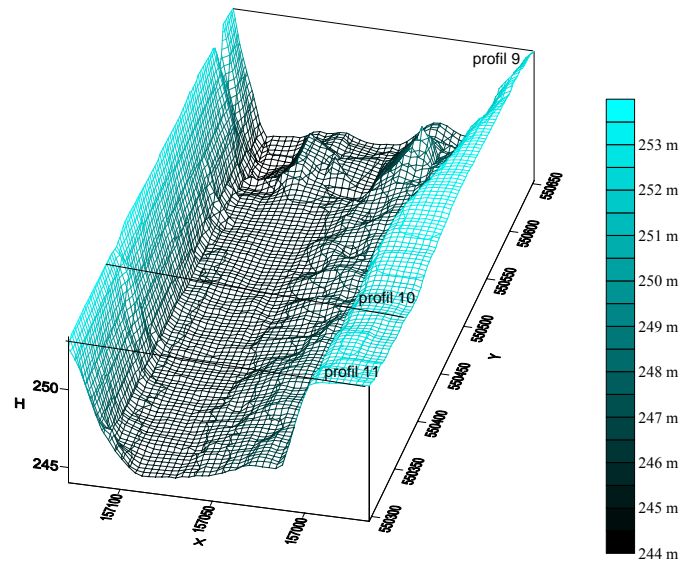
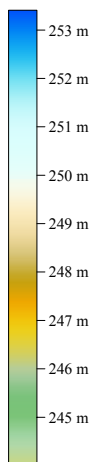
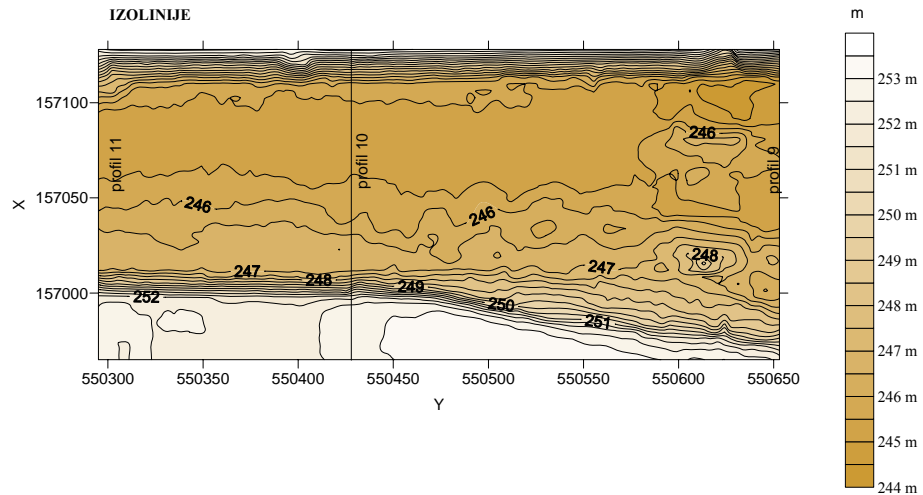
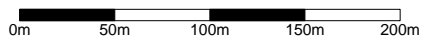


PERSPEKTIVNI PRIKAZ

ROTACIJA: 80°

NAGIB: 43°

POGLED: 45°



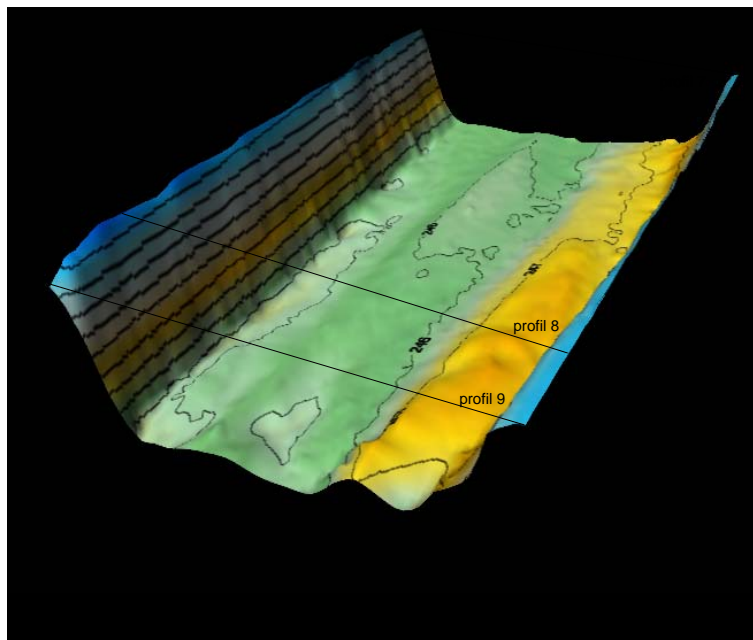
ORTOGRAFSKI MODEL

OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

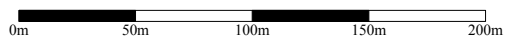
PRILOGA C16

3D MODEL REKE DRAVE BAZEN ZLATOLIČJE

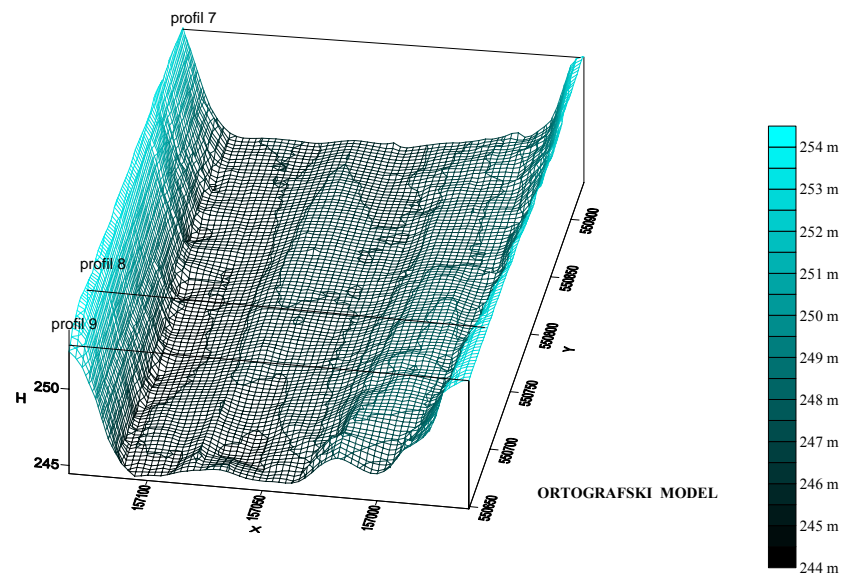
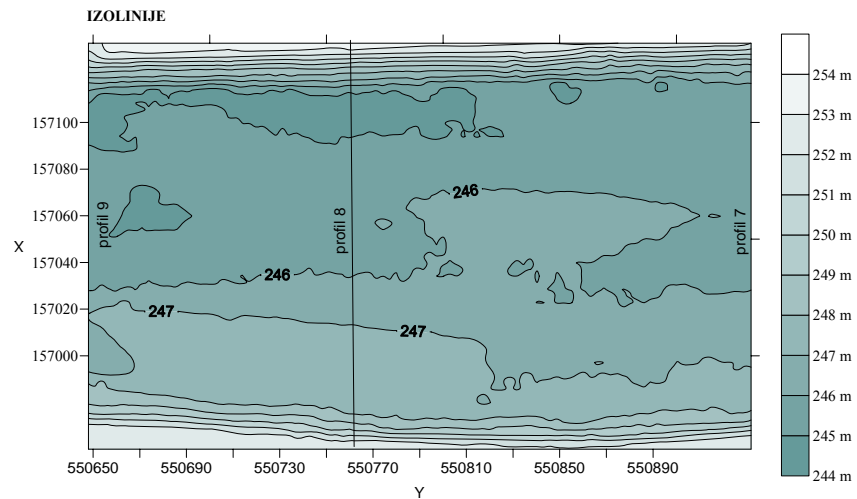
OBMOČJE PROFILOV 7, 8 IN 9



NAGIB: 30°
POGLED: 45°



OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

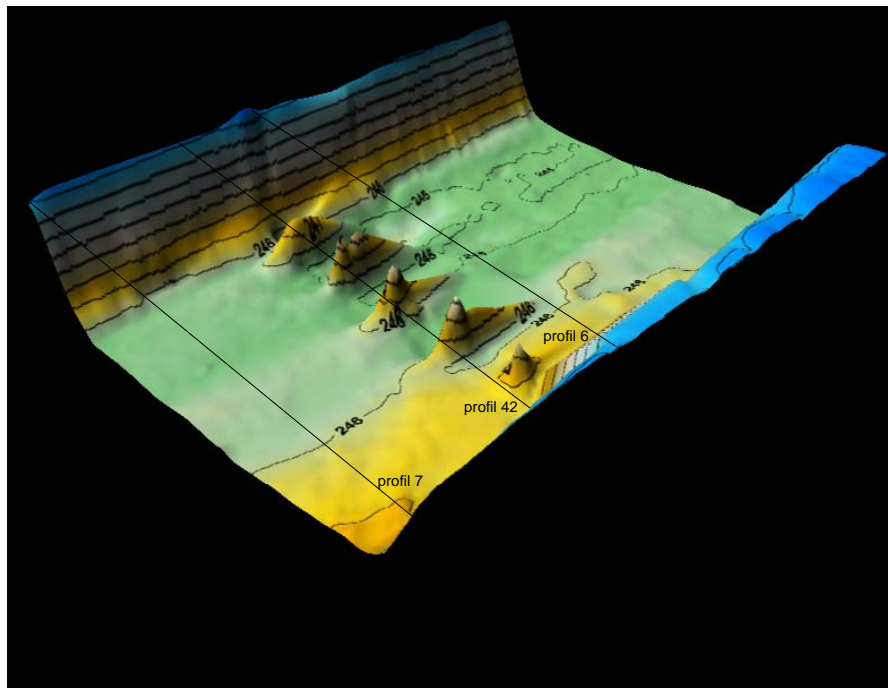


PRILOGA C17

3D MODEL REKE DRAVE

BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 5, 6, 42 IN 7

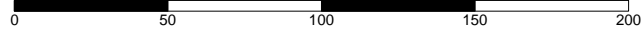


PERSPEKTIVNI PRIKAZ

ROTACIJA: 45°

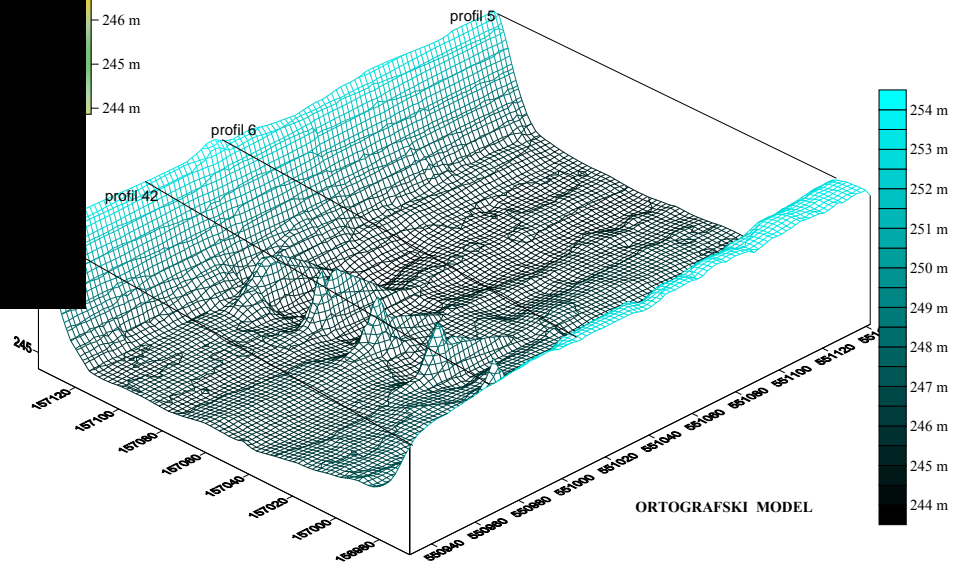
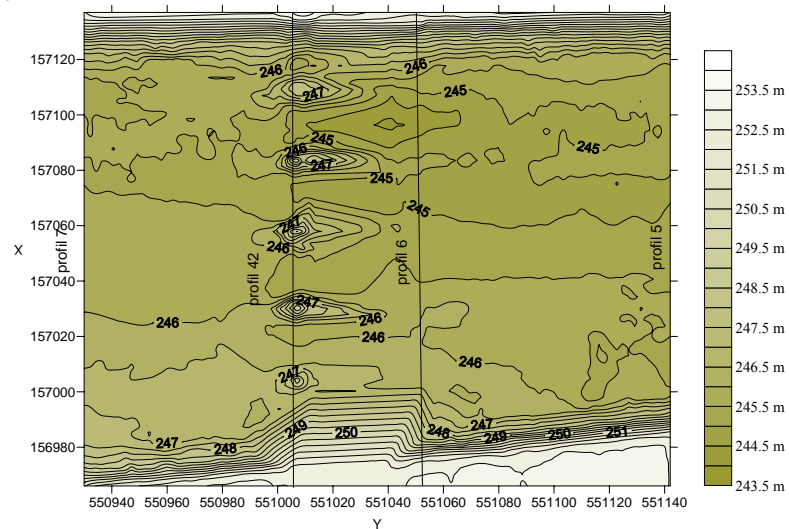
NAGIB: 33°

POGLED: 45°



OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

IZOLINJE



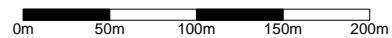
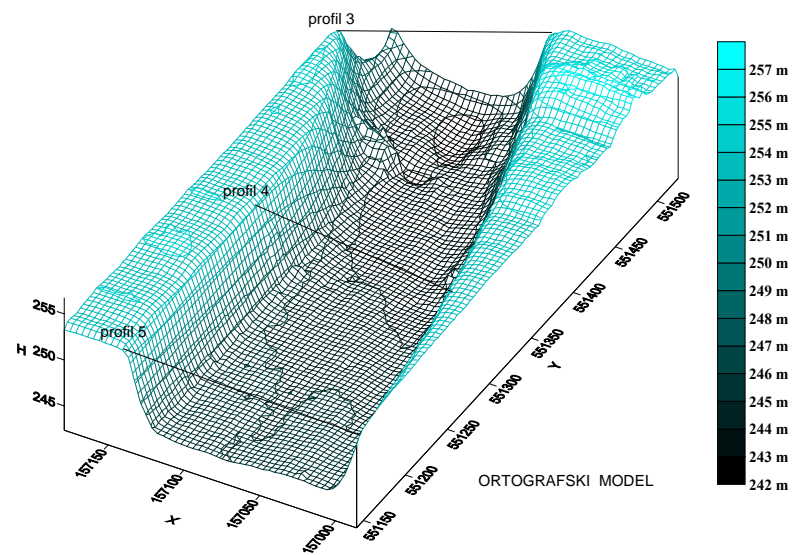
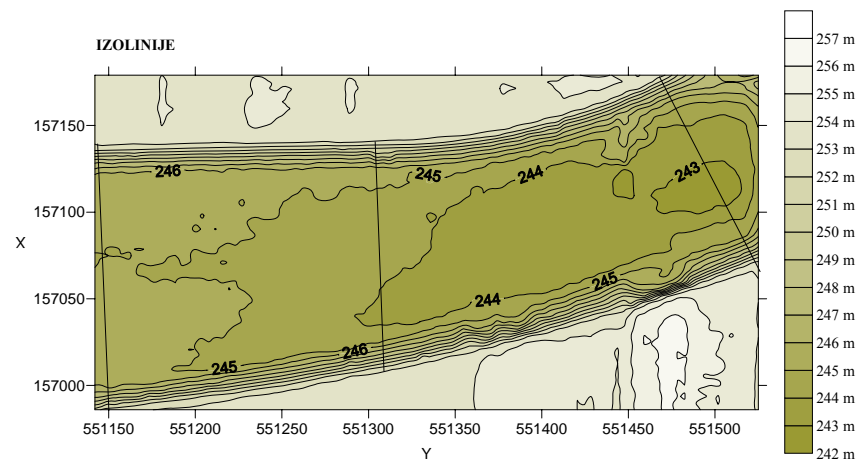
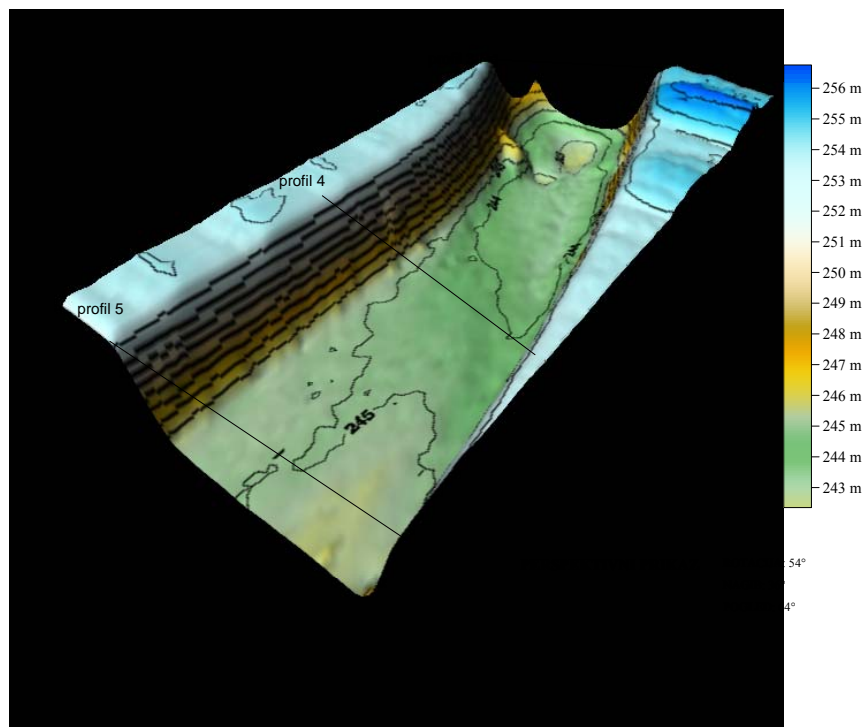
ORTOGRAFSKI MODEL

PRILOGA C18

3D MODEL REKE DRAVE

BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 3, 4 IN 5



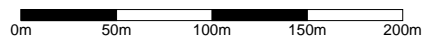
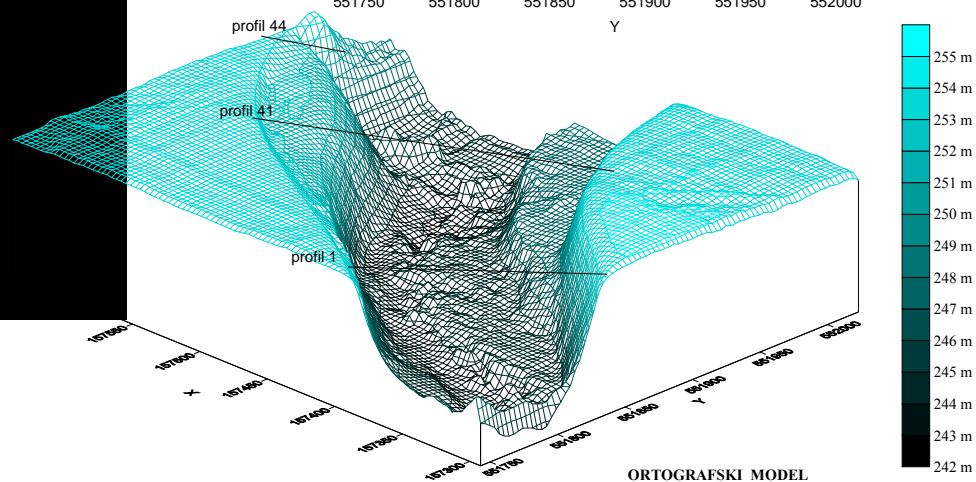
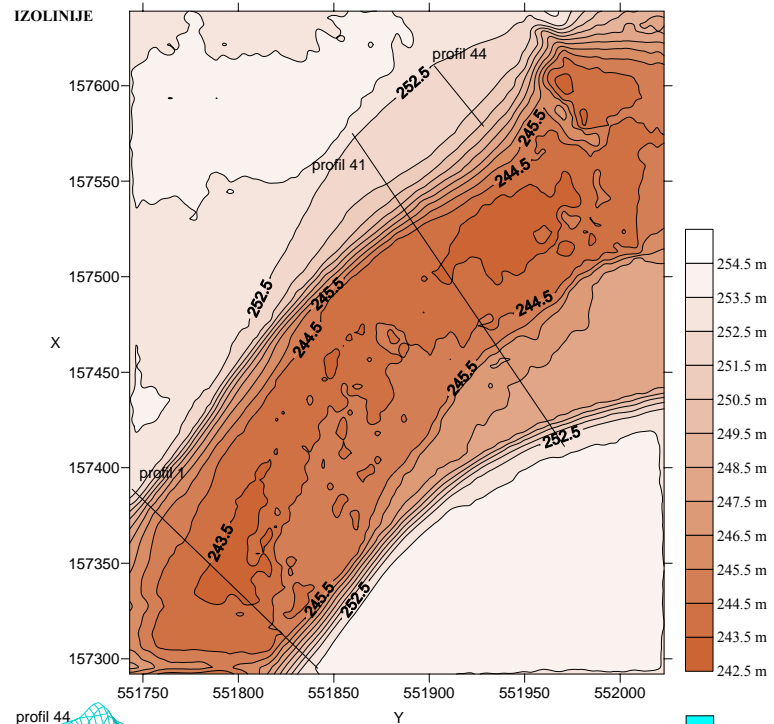
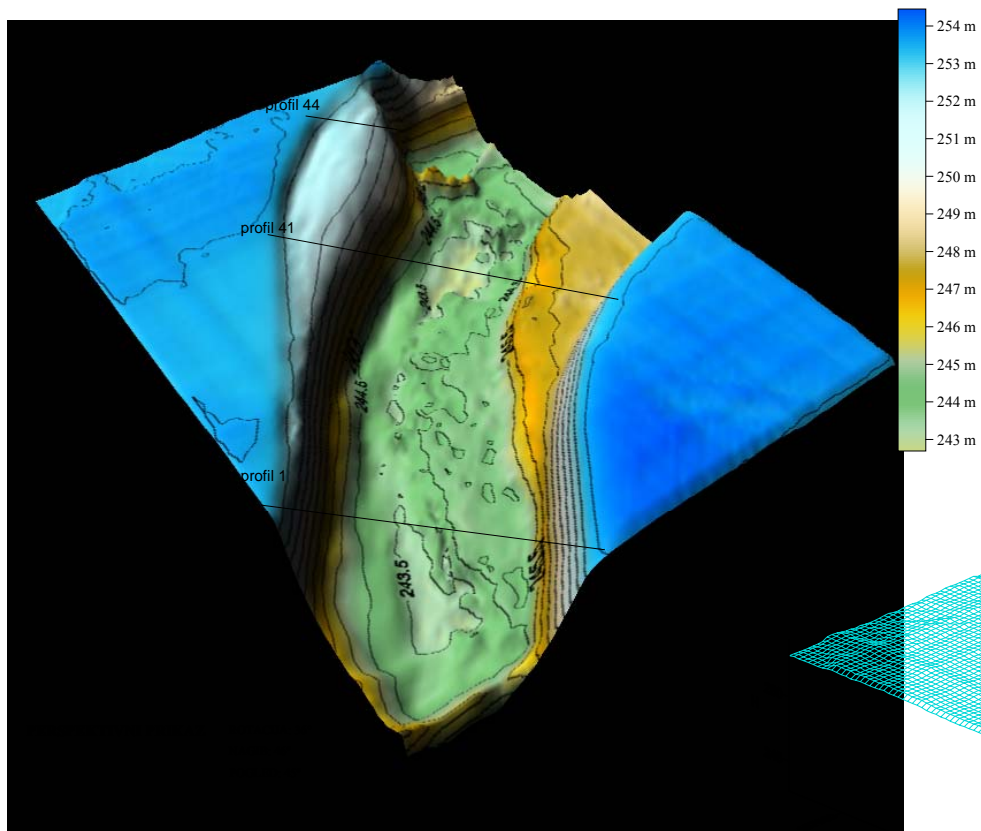
OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju

PRILOGA C19

3D MODEL REKE DRAVE

BAZEN ZLATOLIČJE

OBMOČJE PROFILOV 44, 41 IN 1



OPOMBA: Teren izven območja reke ne ustreza stvarnemu stanju