

Gudenåen – nedre del

Scenarieregninger og vurdering af vandstandsvariationer i Nørreåen fra Vejrumbro til Fladbro og i Gudenåen fra Langå til Randers Havn

RANDERS KOMMUNE

3. NOVEMBER 2020

Indhold

Projekt ID:
Ændret: 03-11-2020 17:11
Revision 2

Udarbejdet af MLP
Kontrolleret af PBP
Godkendt af MOW

1	Baggrund	3
2	Formål	3
3	Gudenåen og Nørreåen – historisk udvikling	4
4	Opmåling	5
5	Metode	5
6	Resultater	10
6.1	Længdeprofil	10
6.2	Tværsnitsprofiler	10
6.3	Beregning af stuvningszonen	13
6.4	Evaluering af Orbicons modelopsætning	15
6.5	Grøden og sedimentets påvirkning af vandstanden	15
7	Analyse af vandstanden i Nørreåen og Gudenåen i Februar 2020	18
8	Analyse og modellering af vandstandsforhold – efteråret 2019	21
8.1	Tidsserieanalyse	21
8.2	Modellering	22
9	Konklusion	24
10	Referencer	25

1 Baggrund

Vandstanden i den nedre del af Gudenåen er generelt steget som følge af mere klart vand og deraf større grødevækst i Gudenåen og generelt højere afstrømning som følge af øget nedbør. Afstrømningen er steget cirka 10-15% over de sidste 40 år, hvilket betyder at der i Gudenåen vil være en lidt forhøjet vandstand alene som følge af øget nedbør og afstrømning. Oven i den øgede afstrømning er vandet også blevet klarere som følge af vandringmuslingens indvandring i systemet. Det klare vand har medført øget plantevækst, med et faldende Manningtal til følge. Over en lang årrække er der opstået grødeøer/sandbanker opstrøms motorvejsbroen ved E45. Grødeøerne bevirker af vandet strømmer i et flettet mønster omkring og imellem øerne, således at der er opstået to primære strømningskanaler i selve hovedløbet.

Grødeøerne opstår naturligt i denne del af Gudenåen fordi åen her er stuvningspåvirket fra Randers Fjord. På strækningen fra Langå og til udløbet i Randers Fjord løber Gudenåen dermed i et deltaligende område, hvor der naturligt er stuvningspåvirkning. Stuvningspåvirkningen er betinget af vandstanden i Randers Fjord og dermed også af svingningerne i vandstanden her. Dette betyder, at døgnsvingningerne i vandstanden som følge af tidevand og vandstandsforøgelse ved vindpåvirkning i Randers Fjord, derved også påvirker vandstanden i den nedre del af Gudenåen og tilløbene på strækningen. Vandstanden i den nedre del af Gudenåen, er betinget af vandstanden i Randers Fjord.

På grund af stuvningspåvirkningen er der i regulativet for den nedre del af Gudenåen ikke fastsat krav til vandføringsevnen, dvs. der i regulativet ikke indgår bestemmelser om tilladeligt vandspejl ved medianmaksimums-afstrømningen, som det kendes fra de opstrøms strækninger.

Dette har givet anledning til en diskussion af hvorvidt grødeøer og sandaflejringer på strækningen har medført at vandstanden påvirkes i Nørreå og Gudenå. Om aflejringerne dermed giver anledning til opstuvning på strækningen fra sammenløbet og opstrøms og særligt i Nørre Å ved Fladbro.

Orbicon har i 2016 og 2018 undersøgt og modelleret vandstandsforholdene i den nedre del af Gudenåen og nåede frem til resultater, der viste at påvirkningen i Nørreåen fra grødeøerne var størst ved lav vandstand i Randers Fjord kombineret med høj vandføring i Nørreåen. Denne kombination af lav vandstand i Randers Fjord og høj vandføring forekommer statistisk få gange om året. Effekten på vandstanden i Nørreåen blev beregnet til maksimalt 15 cm.

2 Formål

Formålet med opgaven er at genberegne effekten af grødeøerne ved motorvejsbroen på vandstanden opstrøms i Gudenåen og Nørreåen. Samtidig ønsker Randers Kommune en kritisk gennemgang af den tidligere benyttede beregningsmodel opsat af Orbicon

På baggrund af den udleverede MIKE Hydro River modelopsætning foretages der en beregning af vandstandsforholdene på strækningen mellem Nørreå og Randers Fjord i Gudenåen samt effekten i selve Nørreåen. Modeleringen foretages for en repræsentativ periode inden for de sidste år. Data skal være sammenfaldende med tilgængeligt data for vandstand i Randers Fjord. Perioden aftales med Randers Kommune.

Følgende scenarier undersøges:

- Scenarie 0 - nuværende forhold. Alle tværsnit er anvendt i den hydrauliske model. På strækningen med grødeøer ovenfor E45 er alle tværsnit anvendt i modellen. Der er taget højde for at Manningtallet varierer mellem strømrrender og grødeøer, således er Manningtallet halveret i grødeøerne i forhold til strømrrenderne.
- Scenarie 1 – fjernelse af grødeøerne/grødeskæring. På strækningen med grødeøer ovenfor E45 er alle tværsnit anvendt i modellen. Tværsnit med grødeøer er ændret og grødeøerne er fjernet i modelopsætningen og der er regnet med samme Manningtal i hele tværsnittet så dette svarer til den øvrige del af Gudenåen og Nørreåen.

- Scenarie 2 – fjernelse af grødeøerne og udgravning af profil. På strækningen med grødeøer ovenfor E45 er alle tværsnit anvendt i modellen. Tværsnit med grødeøer er ændret og grødeøerne er fjernet i modelopsætningen: Herudover er sedimentet i grødeøerne også fjernet så tværsnitsprofilerne fremstår med jævne sider og jævn bund. Der er regnet med samme Manningtal i hele tværsnittet så dette svarer til den øvrige del af Gudenåen og Nørreåen.

Slutteligt indhentes vandføringsdata og vandstandsdata for stationerne i Nørreåen fra Vejrumbro og nedefter, samt i Gudenåen ved Ulstrup og ved Randers Bro. Vandstands- og vandføringstidsserier sammenlignes stationerne imellem for at forklare variationen i vandstanden på de forskellige stationer.

3 Gudenåen og Nørreåen – historisk udvikling

Den nedre del af Gudenåen, Nørreå og Randers Fjord forløber i et tunneldalsystem, som blev dannet ved afsmeltningen under sidste istid. Ved den efterfølgende stigning i vandstanden i verdenshavene opstod Randers Fjord og tunneldalen var en del af et fjordsystem som strakte sig langt op i den nuværende Gudenådal og op i Nørreådal. Vandstanden i Stenalderhavet der dækkede den nordlige halvkugle for omkring 6000 år siden lå 2 – 3 m højere end i dag hvilket betyder at de aflejringer åen løber i dag er eroderet opstrøms i vandløbet. Det efterfølgende relative fald i havvandstanden har bevirket at den nedre del af Gudenåen vest for Randers har karakter af at være en form for delta. Et delta er kendt for relativt hurtige morfologiske forandringer. Dynamikken i deltaet ved Randers er dog stærkt begrænset, primært fordi etableringen af Tange værket har reduceret de mængder af sediment der kommer til området samt dæmpet udsvingene i vandføringen, men også fordi der er sket en uddybning til 7 meters vanddybde af Randers Fjord ved Randers Havn, så deltaets naturlige fremvækst mod øst er standset. Dette betyder, at overgangen mellem fjorden og Gudenåen er veldefineret og ikke glidende, som det kendes fra naturlige deltaer. Dette betyder samtidig også at tidevandspåvirkningen af vandstanden i Gudenåen sandsynligvis er større, end den ville have været, hvis deltaet havde været naturligt.

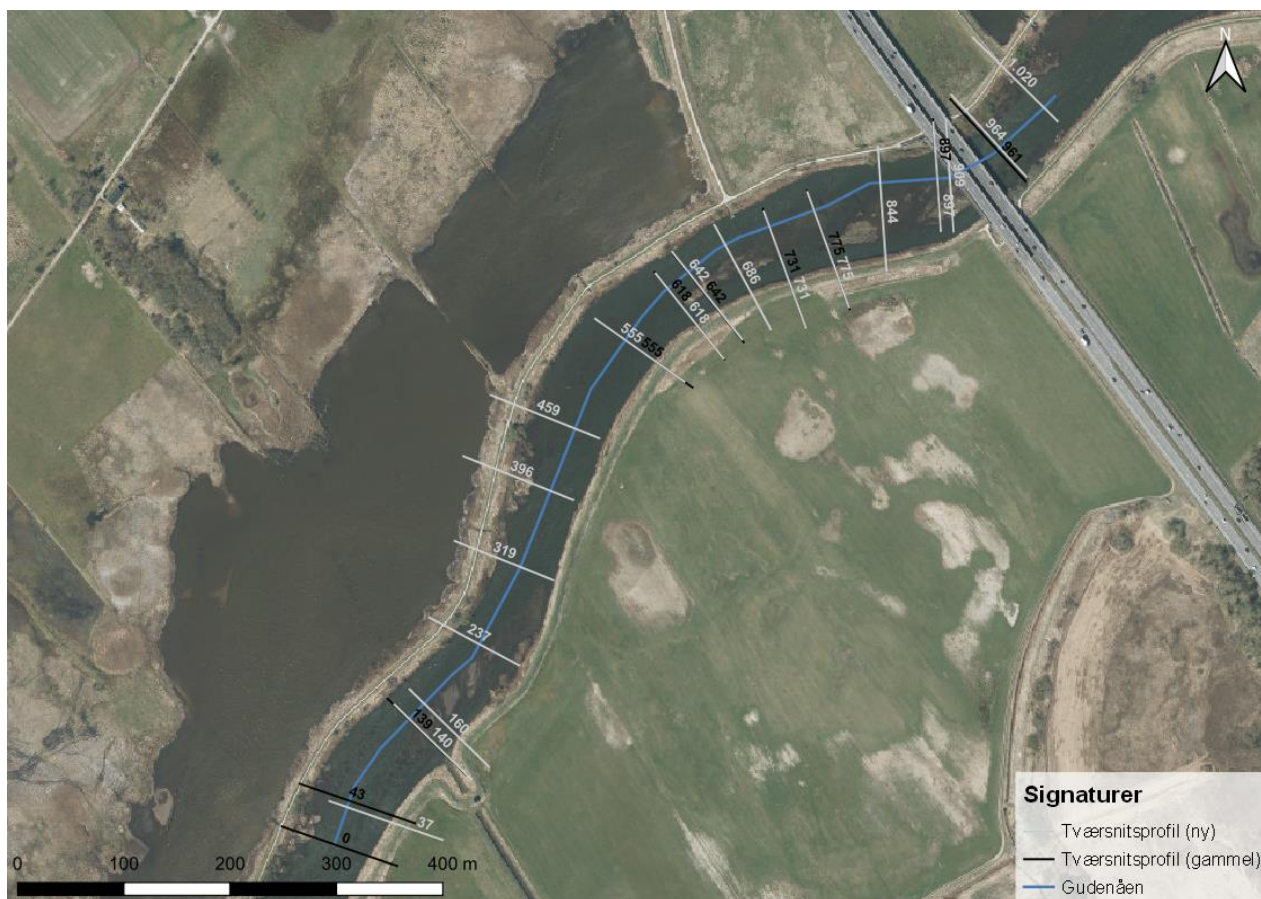
I naturlige vandløb er der ligevægt mellem aflejring og erosion. I sådanne vandløb er tværsnitsarealet tilpasset vandføringens størrelse. I den nedre del af Gudenåen er forholdene lidt anderledes. Her øges vandhastigheden når vandspejlet falder i fjorden, som følge af tidevand eller ved vindinduceret faldende vandspejl. Tilsvarende er hastigheden kraftigt reduceret når vandstanden er høj i fjorden. Det påvirker erosionen i den nedre del af åen, hvor vandet i Gudenåens nedre del har en væsentligt større erosionsevne end vandløbet længere oppe i Gudenåsystemet. Samlet set bevirker dette at vandløbet har et noget større tværsnitsareal end tilsvarende vandløb uden tidevandspåvirkning. De systematiske variationer i hastighed og erosionsevne og beliggenheden i deltaområdet bevirker også at der kan dannes samlinger af sediment omkring vandplanter og andre elementer, som eksempelvis bropiller, sten mv. i selve løbet, samtidig med at tværsnitsarealet er tilnærmelsesvist konstant over tid. Dette betyder, at de grødeøer der dannes i Gudenåens nedre del ikke nedsætter vandføringsevnen, da tværsnittet tilsvarende øges ved erosion andre steder i profilet.

Nørreåen har sit udspring i Vedsø vest for Viborg og løber ud i Gudenåen ved Fladbro. På de sidste 14 km fra Vejrumbro til Fladbro er faldet kun 1 m – dette er noget mindre fald end i Gudenåen. Arealerne langs Nørreåen består primært af gamle tørveaflejringer, som opstod i den aflange sø der dækkede dalen, efter at havet havde trukket sig tilbage (eller rettere at landet havde hævet sig så meget at Nørreådal, var blevet afskåret fra havet). I ådalen er tørveaflejringerne gennem 1800 og 1900 tallet blevet drænet og de har efterfølgende sat sig – nogle steder ganske meget. Dette gør, at der flere steder på strækningen kan forekomme områder, hvor vandet fra åen lægger sig ved oversvømmelser. På de gamle kort er signaturen angivet som våd eng (og dermed uden for omdrift). Ådalen er i dag vådere end tidligere, hvilket skyldes flere faktorer, blandt andet er nedbøren steget de sidste årtier og dermed ses også stigning af afstrømningen. Oven i dette blev der i 2004 på den del som er omfattet af Viborg Amts regulativ vedtaget et nyt regulativ for Nørreåen. Regulativet har reduceret grødeskæringen for at fremme naturen. Dette har også bevirket at vandstanden i åen er steget på den øvre del. Antallet af grødeskæringer på strækningen som Randers Kommune administrer er fortsat 5 årligt i 11 m bredde, og dermed ikke reduceret.

4 Opmåling

Den nedre del af Gudenåen blev opmålt af LANDSyd i maj 2020. Opmålingen blev foretaget med det formål at undersøge om der er sket væsentlige ændringer i tværsnitsprofilerne i Gudenåen på strækningen fra Nørreåens tilløb og frem til motorvejsbroen ved E45. Opmålingen blev foretaget så der i videst muligt omfang var overensstemmelse mellem de tværsnit der blev opmålt i 2016 og i 2020 (Figur 3.1). I 2016 var der en længere strækning fra st. 140 og til st 550 som ikke blev opmålt. På disse cirka 400 meter er der i 2020 indlagt 4 tværsnit så denne del af strækningen er bedre beskrevet med den nye opmåling.

Figur 4.1: Opmålte tværsnit i 2016 (opmåling foretaget af Orbicon) og i 2020 (opmåling foretaget af LANDSyd).

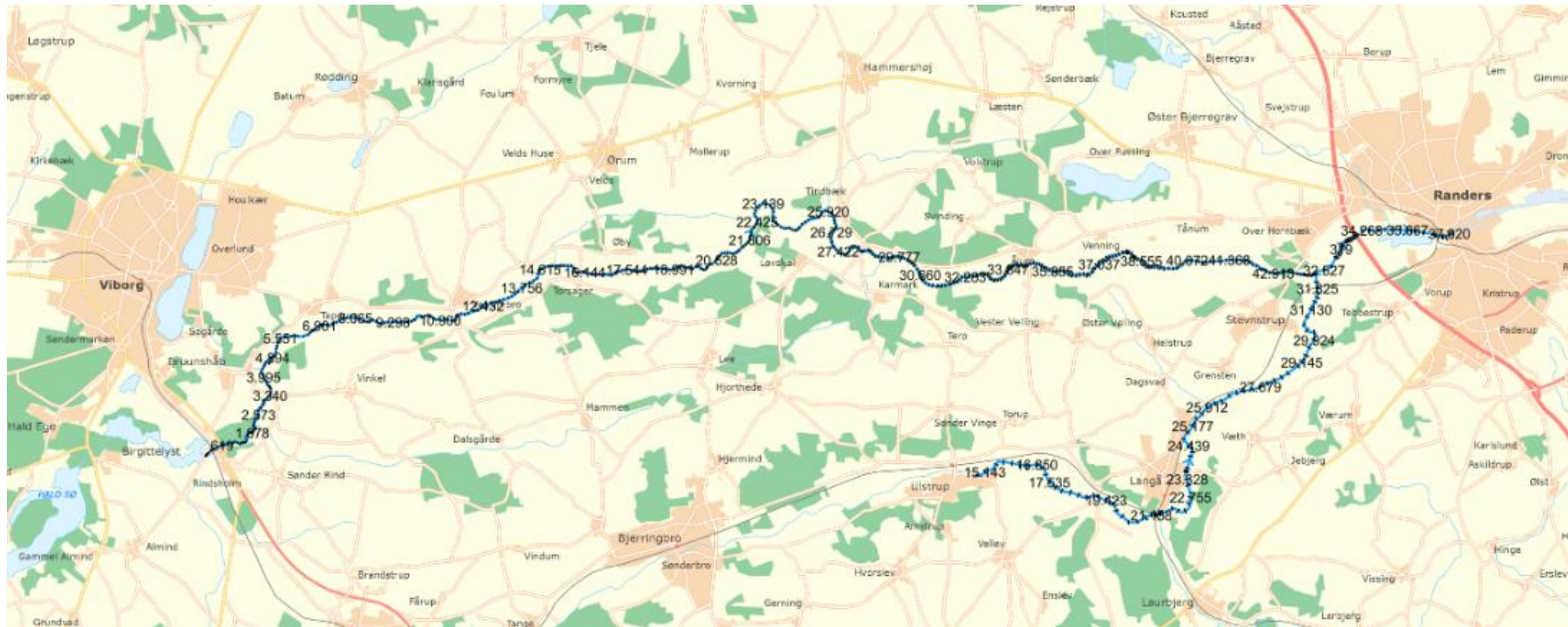


5 Metode

Vandstand og vandføring i Gudenåen og Nørreåen er modelleret ved hjælp af en dynamisk hydraulisk model i (MIKE HYDRO River, DHI 2020). Modellen er opsat med tværsnit og længdeprofiler fra Gudenåen fra Ulstrup (st. 14.869 m) til Randers Havn (st. 37.139 m) og Nørreåen fra Viborg (st. 0 m) til udløbet i Gudenåen (st. 44.221 m).

Tværfilerne for Gudenåen fra st. 14.869 m til st. 33.060 stammer fra Orbicons opmåling for Viborg og Favrskov Kommuner gennemført i december 2009 og marts-april 2010. På strækningen fra motorvejsbroen og frem til Randers bro er opmålingen foretaget af Orbicon i 2015.

Figur 5.1: Oversigt over modelopsætningen i MIKE HYDRO River i Gudenåen og Nørreåen

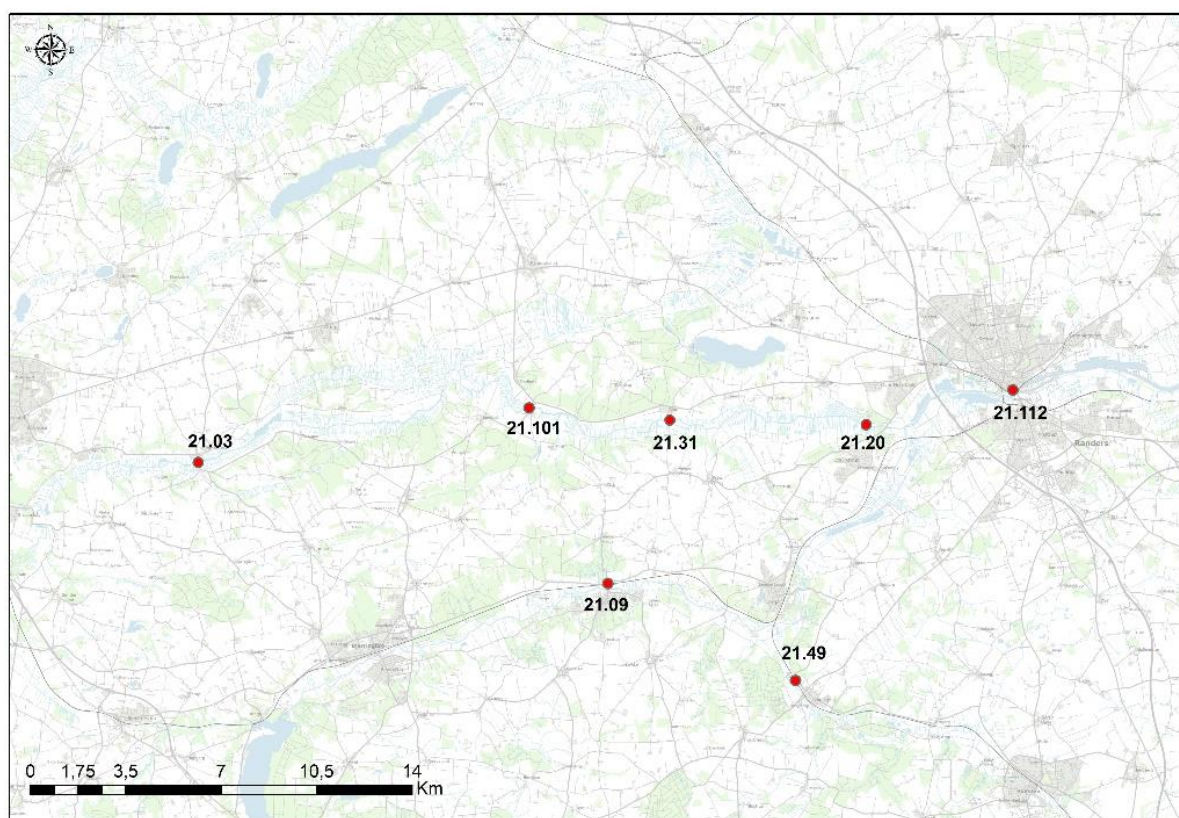


Strækningen i Gudenåen hvor der forekommer grødedør, og som er opmålt af LandSyd i maj 2020, strækker sig cirka fra st. 33.060 m til st. 34.268 m. For Nørreå er der anvendt tværsnit fra den nyeste opmåling udført af Viborg, Favrskov og Randers Kommuner i 2015/2016. Modellens tværsnit er ydermere opdateret med nylig oprensning af sedimentaflejringer nedstrøms Fladbro.

Mike HYDRO River er opsat med en øvre randbetingelse i Nørreåen ved station 0 m, baseret på en arealkorrigeret vandføring hentet fra målestationen i Vejrumbro (DDH nr. 21.09). Tilsvarende er der lagt en øvre vandføringsrand ved målestationen ved Ulstrup Bro (DDH nr. 21.03). Den nedre rand i modellen er vandstanden i Randers Havn (DDH nr. 21.112) og vandstanden ved Randers Bro (DDH nr. 21.151; efter ophør af dataleverance fra Randers Havn). De øvre randbetingelser er vandføringstidsserier, mens den nedre rand er en tidsserie vandstanden.

Tilvæksten i vandføringen på strækninger i Gudenåen og Nørreåen er inkluderet i modellen som diffus tilstrømning beregnet på baggrund af de målte vandføringer ved station 21.03 for Nørreåen og 21.09 for Gudenåen. På strækningen i station 21.385 m kommer der ét stort tilløb til, Hadsten Lilleå, dette er inkluderet som et punkt-tilløb ved brug af vandføringsdata fra målestationen ved Laurbjerg (DDH nr. 21.49). Målestationerne er vist i Figur 5.2.

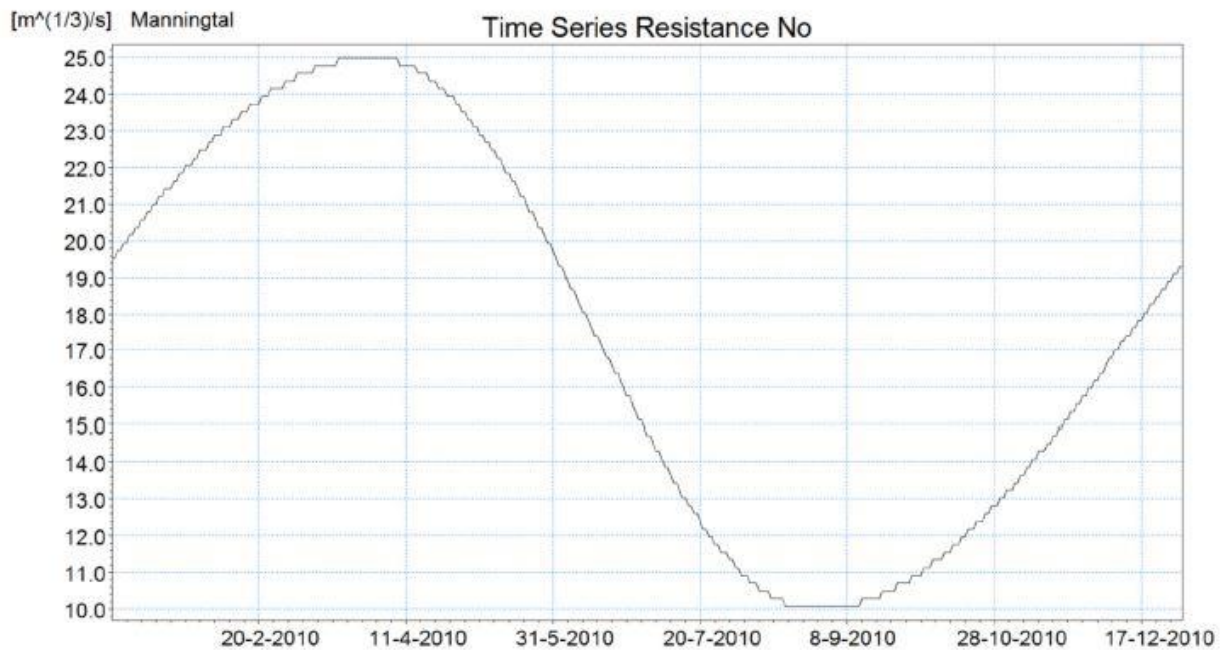
Figur 5.2: Placering af målestationerne der er brugt i opsætningen af MIKE Hydro River modellen for Gudenåen og Nørreåen



I modellen er der anvendt et modstandstal (Manningtal) som varierer over året. Der er ikke regnet med grødeskæring. Manningtallet varierer fra 10 i slutning af august svarende til maksimal modstand og højeste biomasse og til 25 i slutningen af marts, svarende til lille biomasse og beskeden modstand. Den valgte grødemodel

beskrives med en sinuskurve hvor Manningtallet falder fra marts til august svarende til en tiltagende grødevækst og biomasse og en tilsvarende stigning i Manningtallet, svarende til henfald af grøde fra august til marts (Figur 5.3).

Figur 5.3: Manningtallets variation i opsætningen af den hydrauliske model i Gudenåen og Nørreåen



Et af hovedformålene med denne rapport er, at genberegne vandstandsforholdene i Gudenåen og Nørreåen ved at bruge de nye opmålinger. For at have et sammenligningsgrundlag er der valgt at simulere den samme periode som Orbicon simulerede i den oprindelige beregning, der blev afleveret i 2018. Dette betyder, at der er fokus på perioden 2010 til 2015. Der foreligger ikke vandføringsdata for 2020 endnu, så de store afstrømningshændelser for januar og februar 2020 kan ikke modelleres.

Der er gennemført en beregning af vandstanden i hele systemet med MIKE 11 for perioden 2010-2015 og for 2019 som er det sidste år der foreligger data for. Der er beregnet forskellige scenarier:

Scenarie 0 - nuværende forhold. Alle tværsnit er anvendt i den hydrauliske model. På strækningen med grødeøer ovenfor E45 er alle tværsnit anvendt i modellen. Der er taget højde for at Manningtallet varierer mellem strømrender og grødeøer, således er Manningtallet halveret i grødeøerne i forhold til strømrenderne.

Scenarie 1 - fjernelse af grødeøerne/grødeskæring. På strækningen med grødeøer ovenfor E45 er alle tværsnit anvendt i modellen. Tværsnit med grødeøer er ændret og grødeøerne er fjernet i modelopsætningen og der er regnet med samme Manningtal i hele tværsnittet så dette svarer til den øvrige del af Gudenåen og Nørreåen.

Scenarie 2 - fjernelse af grødeøerne og udgravning af profil. På strækningen med grødeøer ovenfor E45 er alle tværsnit anvendt i modellen. Tværsnit med grødeøer er ændret og grødeøerne er fjernet i modelopsætningen: Herudover er sedimentet i grødeøerne også fjernet så tværsnitsprofilerne fremstår med jævne sider og jævn bund. Der er regnet med samme Manningtal i hele tværsnittet så dette svarer til den øvrige del af Gudenåen og Nørreåen.

Scenarierne er beregnet for 2010, dvs. den samme periode som Orbicon beregnede scenarierne for i deres rapport. Dette gøres for at få et sammenligneligt vurderingsgrundlag for både modelopsætning og efterfølgende

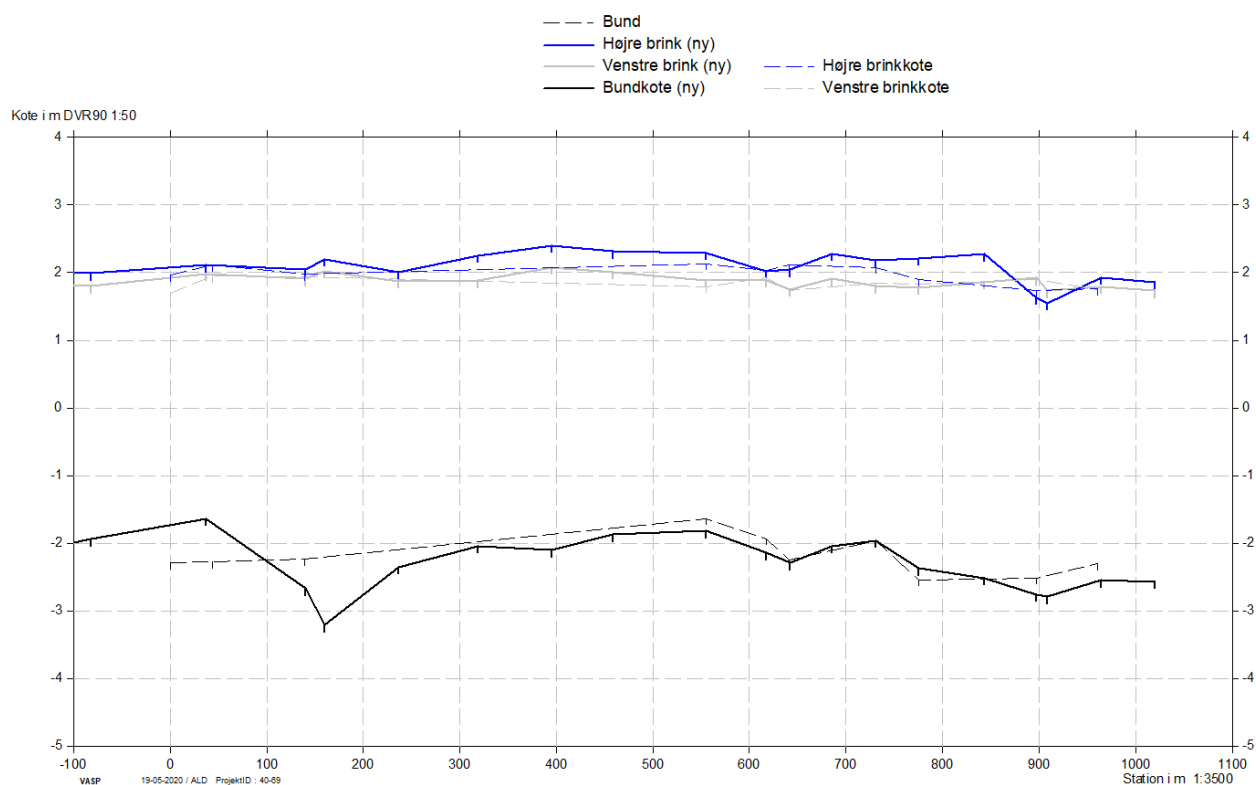
scenariet. Dette gør det muligt at udtale sig om hvorvidt der er sket ændringer i tværsnitsprofilerne mellem 2016 og 2020 og hvorvidt disse eventuelle ændringer påvirker vandstanden og dermed effekten af grødeøerne. Middelvandføringen ved Ulstrup i 2010 var på 22 m³/s, hvilket svarer til langtidsmiddelvandføringen og tilsvarende var maksimum på 42 m³/s hvilket er lidt under medianmaksimum på 50 m³/s i 2010 var lig med. Minimumsvandføringen var på 10 m³/s hvilket svarer til medianminimumsafstrømningen. Variationen i vandføringen i 2010 gør at dette år er tæt på ideelt til simulering af vandstandsforholdene i Gudenåen og Nørreåen. Dette gør at modellens beskrivelse af forholdene i Gudenåen og Nørreåen vil svare til en "normalsituation" og således vil være en beskrivelse af en situation der forekommer ofte.

6 Resultater

6.1 Længdeprofil

I Figur 5.4 er vist længdeprofil for opmålingen i 2016 og i 2020. Som det kan ses er der god overensstemmelse mellem de to opmålinger og det konkluderes derfor, at der ikke er væsentlig forskel på vandløbets hydrauliske forhold i 2016 og 2020.

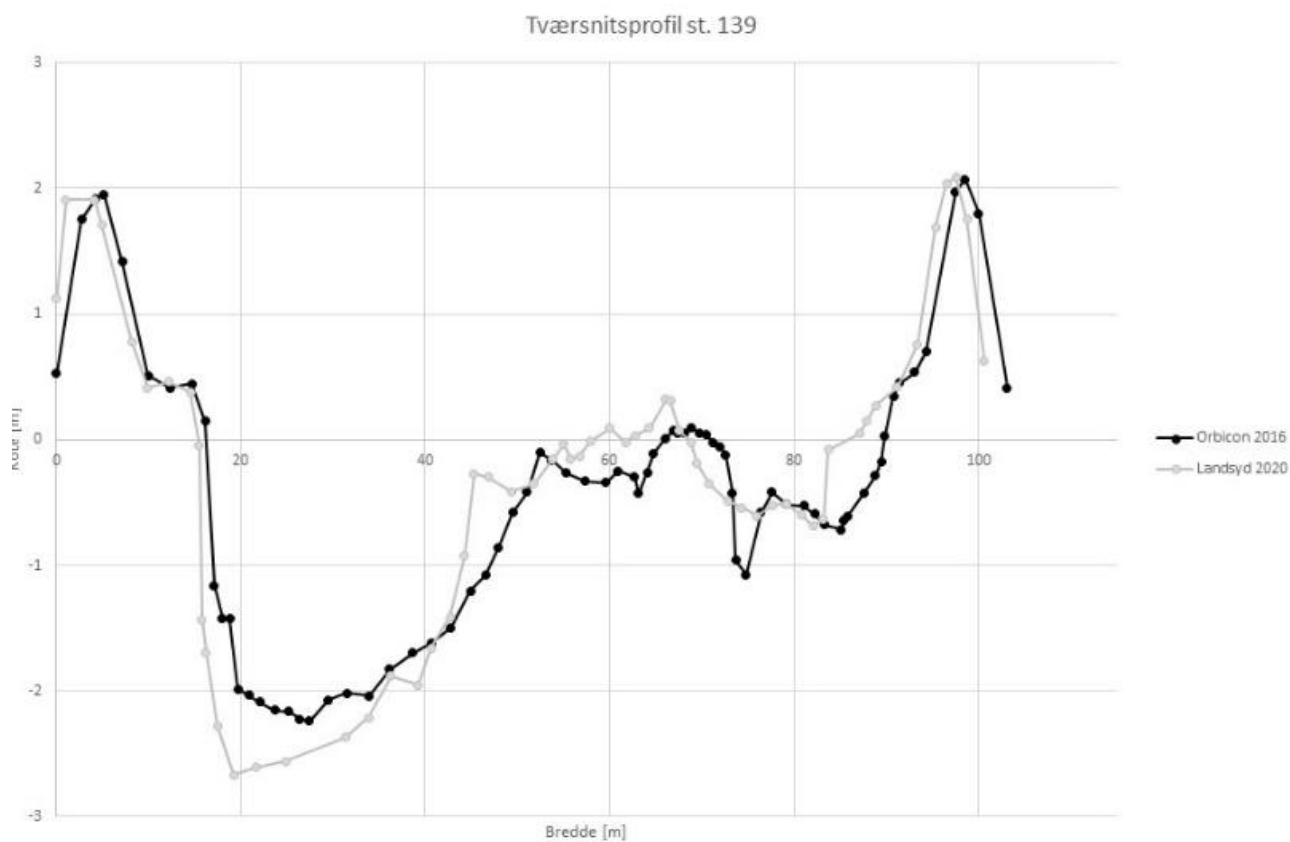
Figur 6.1: Længdeprofil for den opmålte strækning fra sammenløbet mellem Nørreåen og Gudenåen og frem til Randers Fjord.



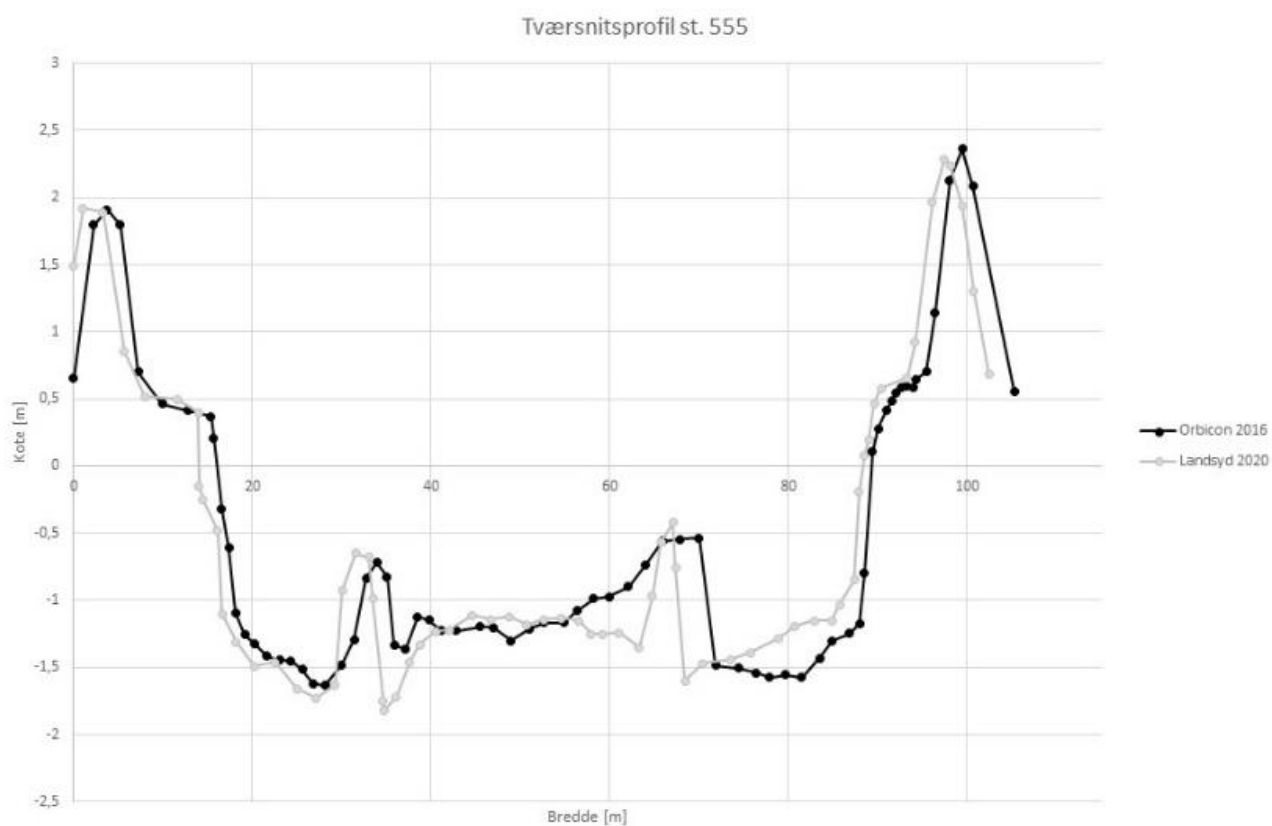
6.2 Tværsnitsprofiler

I nedenstående tre figurer er vist forskellen i udvalgte tværprofiler mellem opmålingen i 2016 og i 2020. De tre tværnit er udvalgt fordi der er overensstemmelse mellem deres placering i de 2 måle år og de er dermed umiddelbart sammenlignelige. Herudover ligger der yderligere 3 tværnit næsten oveni hinanden. De resterende tværnit ligger en anelse forskudt og er dermed ikke helt sammenlignelige (Figur 4.1).

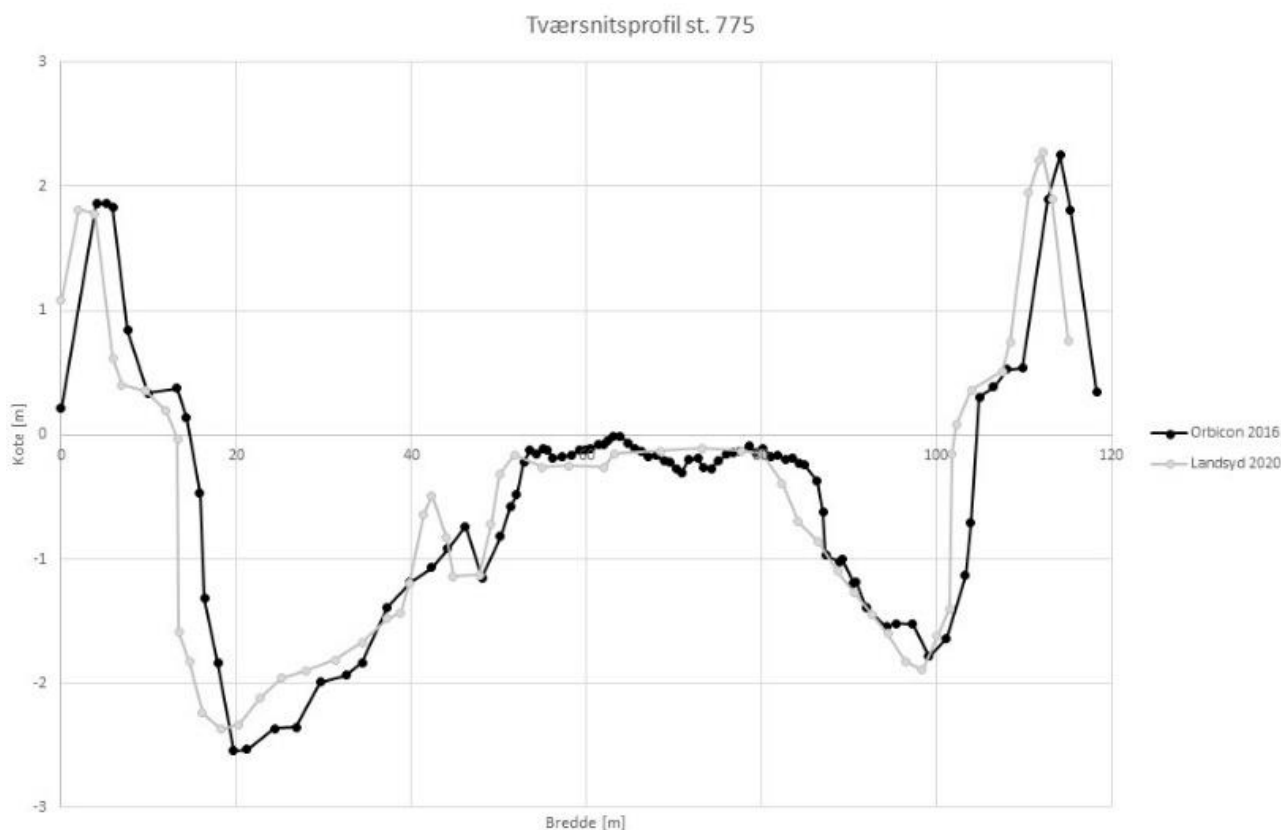
Figur 6.2: Sammenligning af tværsnit i Gudenåen st. 139 mellem opmålingen i 2016 og i 2020



Figur 6.3: Sammenligning af tværsnit i Gudenåen st. 555 mellem opmålingen i 2016 og i 2020.



Figur 6.4: Sammenligning af tværsnit i Gudenåen st. 775 mellem opmålingen i 2016 og i 2020.



Som det kan ses af ovenstående figurer er forskellene i tværsnittene mellem de år ganske beskedne. I nedenstående tabel er vist arealet af de ovenstående tværsnit ved en vandføring hvor hele tværsnittet er vandfyldt. Som det kan ses af resultaterne er der ganske beskedne forskelle på arealerne. Der er generelt tale om at tværsnitsprofilerne er en anelse større i 2020 end i 2016. Forskellene ligger i intervallet 0,1 til 0,9%.

Tabel 6.1: Tværsnitsarealer og bredde i udvalgte tværsnit i 2016 og 2020.

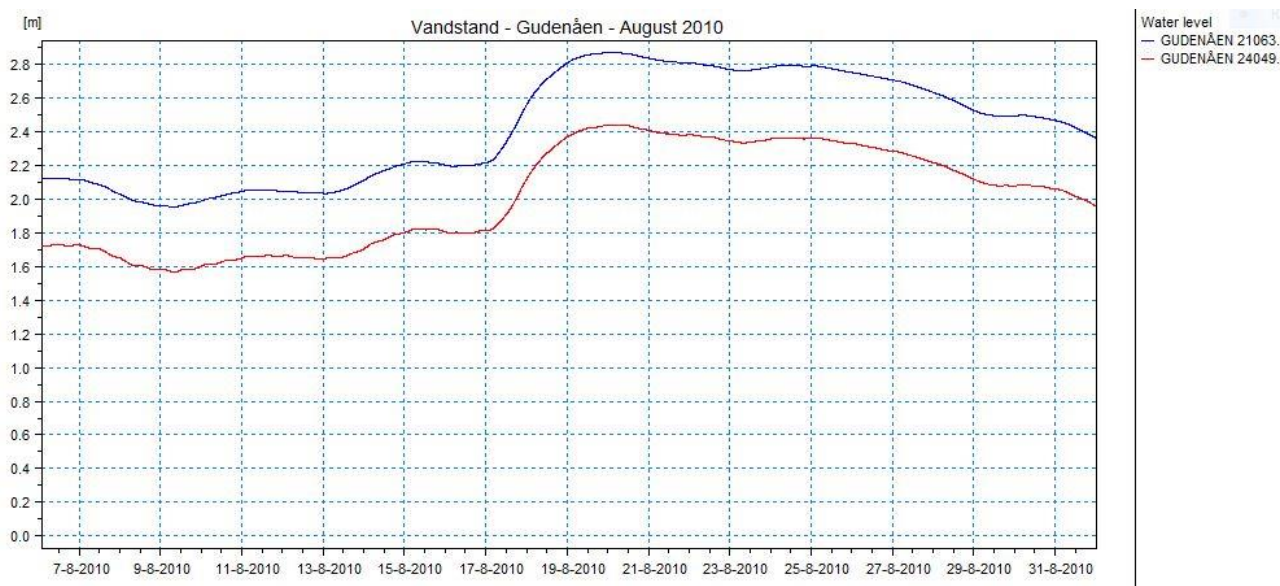
Station	Bredde 2016 [m]	Areal 2016 [m ²]	Bredde 2020 [m]	Areal 2020 [m ²]	Forskel [m ²]	Forskel [%]
139	97,3	243,5	97,7	244,0	0,5	0,2
555	98,5	290,5	98,5	293,2	2,7	0,9
775	111,2	324,4	111,2	324,7	0,3	0,1

6.3 Beregning af stuvningszonen

For at undersøge om de nye tværprofiler gav anledning til markante ændringer i vandstandsvariationerne i Gudenåen og Nørreåen blev det undersøgt hvor langt oppe i systemerne at stuvningspåvirkningen var målelig. På Figur 6.5 er vist vandstandsvariationerne ved st. 21000 m (Opstrøms Langå v. jernbanen) og st. 24000 m (Nedstrøms Langå v. Industriparken), se Figur 5.1. Ved sidstnævnte kan variationerne som følge af tidevandet erkendes som krusninger på vandføringskurven, mens disse ikke er tilstede ved st. 21000 m (opstrøms Langå

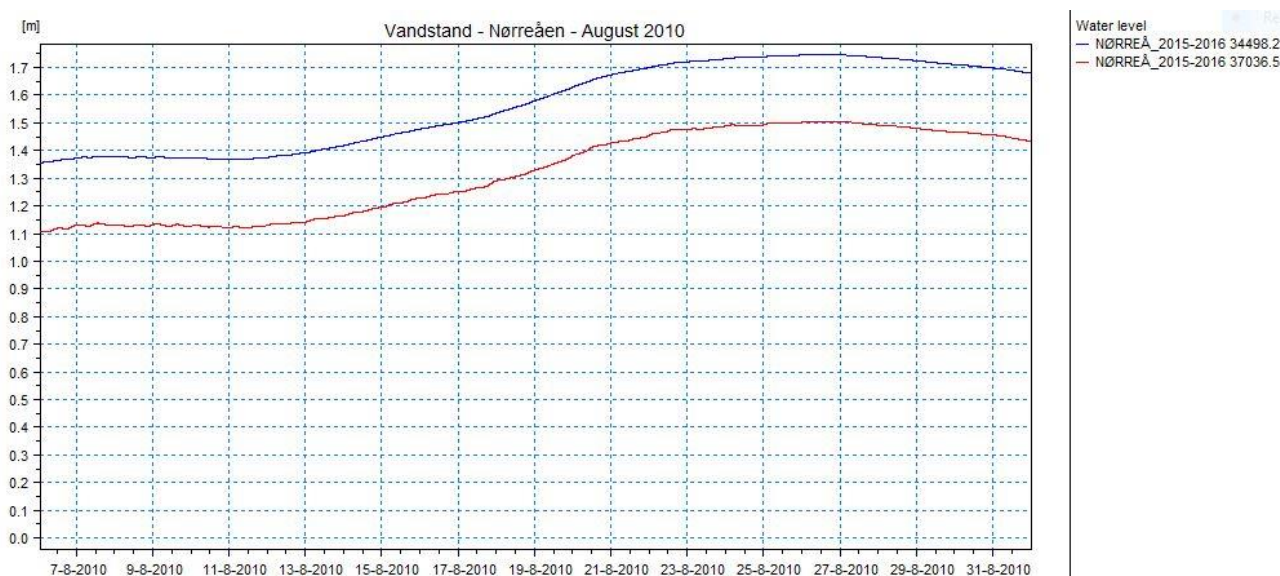
ved jernbanen). Det kan også ses at stuvningspåvirkningen er afhængig af vandstand og vandføring. Ved højere vandstande og især når vandstanden stiger er udsvingene fra tidevandspåvirkningen ikke så tydelig, som ved lavere stabile vandstande.

Figur 6.5: Vandstandsvariationer i Gudenåen ved station 24000 m (Nedstrøms Langå v. Industriparken) og station 21000 m. (Opstrøms Langå v. jernbanen).



I Figur 6.6. er vist de tilsvarende variationer ved st. 34500 (Ålum) og st. 37000 (S for Venning) i Nørreåen. Her ophører påvirkningen, dvs. krusningerne på vandstandskurven forsvinder, fra tidevandet i Randers Fjord ved station 37000 m (S for Venning), se Figur 5.1.

Figur 6.6: Vandstandsvariationer i Nørreåen ved station 34500 m og station 37000 m.



I denne simulering ophører tidevandspåvirkningen af vandstanden lidt længere opstrøms i forhold til Orbicons beregninger, hvilket skyldes at der er forskel i beregningsperioderne. I denne rapport er tidevandspåvirkningen beregnet i august, mens Orbicons modellering er foretaget i marts måned. Dette viser, at påvirkningen fra Randers Fjord varierer over året, og er en funktion af både vandstand og vandføring samt eventuelt også af grødevækst i den nedre del af Gudenåen.

6.4 Evaluering af Orbicons modelopsætning

Orbicons opsætning af MIKE 11 modellen for vandløbssystemet blev gennemgået kritisk og både modelfiler, randbetingelser og resultatfiler er blevet underkastet en evaluering, dels gennem en systematisk gennemgang af parameteropsætning og dels gennem kørsler med modellen med henblik på at identificere eventuelle svagheder.

Konklusionen på modelgennemgangen er, at modellen er opsat robust og logisk konsistent. I forhold til selve modelopsætningen er det kritisk hvorledes modstandsfaktorerne (Manningtallet) defineres. Der kunne ikke ved gennemgangen identificeres svagheder i fordelingen af Manningtal, hverken mellem de enkelte tværsnit og heller ikke i den måde Manningtallet varierede i tværsnittene som funktion af tilstedeværelsen af grøde. Datagrundlaget for modelleringen er særdeles omfattende, dette gælder for såvel de geometriske forhold (tværsnit og længdeprofil) samt det hydrologiske og hydrauliske datagrundlag (vandstand og vandføring). Der er ingen mangler i modelgrundlaget.

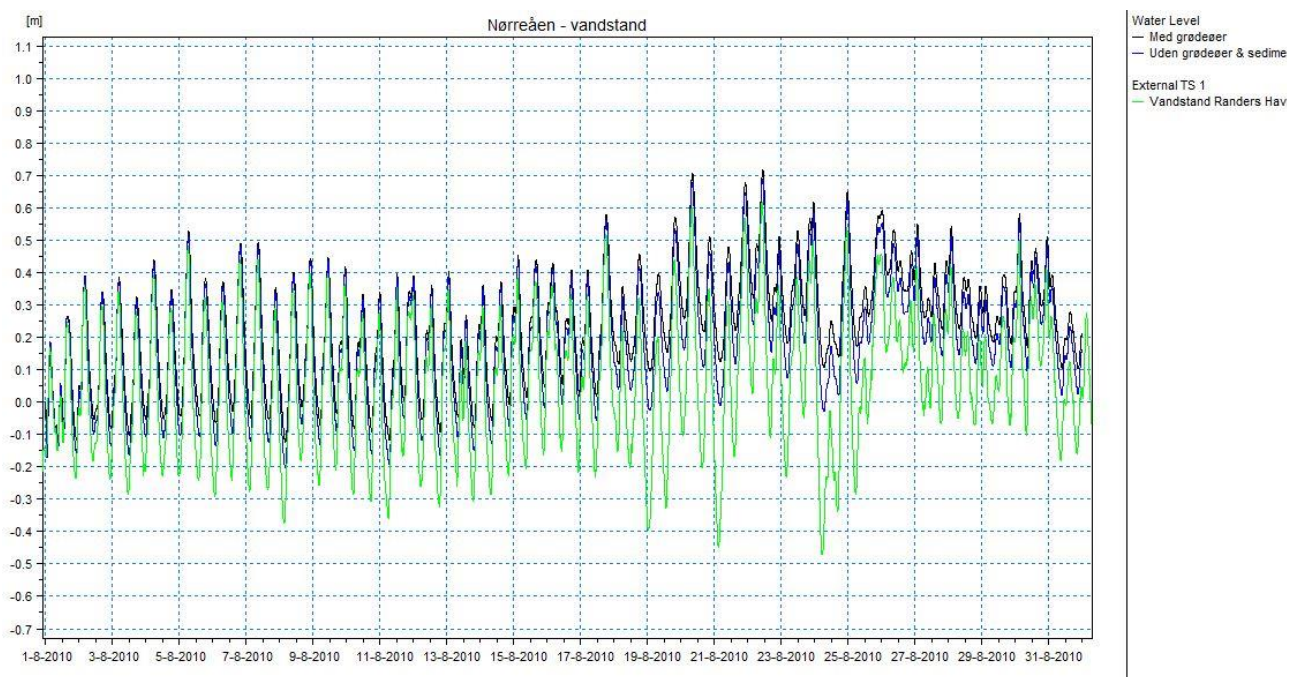
Ved hydraulisk modellering er det vigtigt at holde sig for øje, at der er forudsætninger om vandføring, strømningsmodstand (Manningtal) og simuleringsperiode, som påvirker resultatet. Usikkerheder i disse forudsætninger kan overføres til modelleringens resultater. En nøje gennemgang af Orbicons model og modelopsætning og beskrivelserne af disse i notatet viser at forudsætninger, fremgangsmåde og resultaterne er helt tilfredsstillende i forhold til målsætningen og de konklusioner der nås. Samlet set kan det konkluderes at den model der foreligger fra Orbicon fra 2018, er et særdeles robust stykke arbejde uden mangler.

Generelt kan det siges om sådanne modelleringer, at selve modelværktøjet (som nævnt DHI MIKE 11 2016) dækker den hydrauliske teori for ikke-stationære strømninger i tidevandspåvirkede vandløb. Den numeriske beregning med denne model er nøjagtig og pålidelig. Dette gælder for både modellering af vandstandsvariationer med og uden modificerede tværsnit

6.5 Grøden og sedimentets påvirkning af vandstanden

I scenarie 2 er der foretaget beregninger på en fuldstændig fjernelse af alle sandaflejringer med grøde på den opmålte strækning opstrøms Motorvej E45. Omfanget af oprensningen fremgår af Bilag 1 for alle de i 2020 genopmålte tværsnit. Hertil er der foretaget en modelopsætning med oprensning af de nederste 125 m af Nørreå inden udløbet i Gudenåen. De opmålte tværsnit udskiftet med et simpelt geometrisk tværsnit med den regulativmæssige bundbredde på 7 m og et skråningsanlæg på 1:2. Bunden på strækningen er sænket til kote -1,50 m DVR90 svarende til fjernelse af op mod 50 cm aflejringer på bunden. Denne fremgangsmåde svarer helt den metode Orbicon benyttede i deres opsætning af det udvidede scenarie 2 i deres 2018 rapport /1/.

Figur 6.7: Vandstand i Nørreåen lige før sammenløb med Gudenåen i august 2010. Figuren er også vist i Bilag 2.

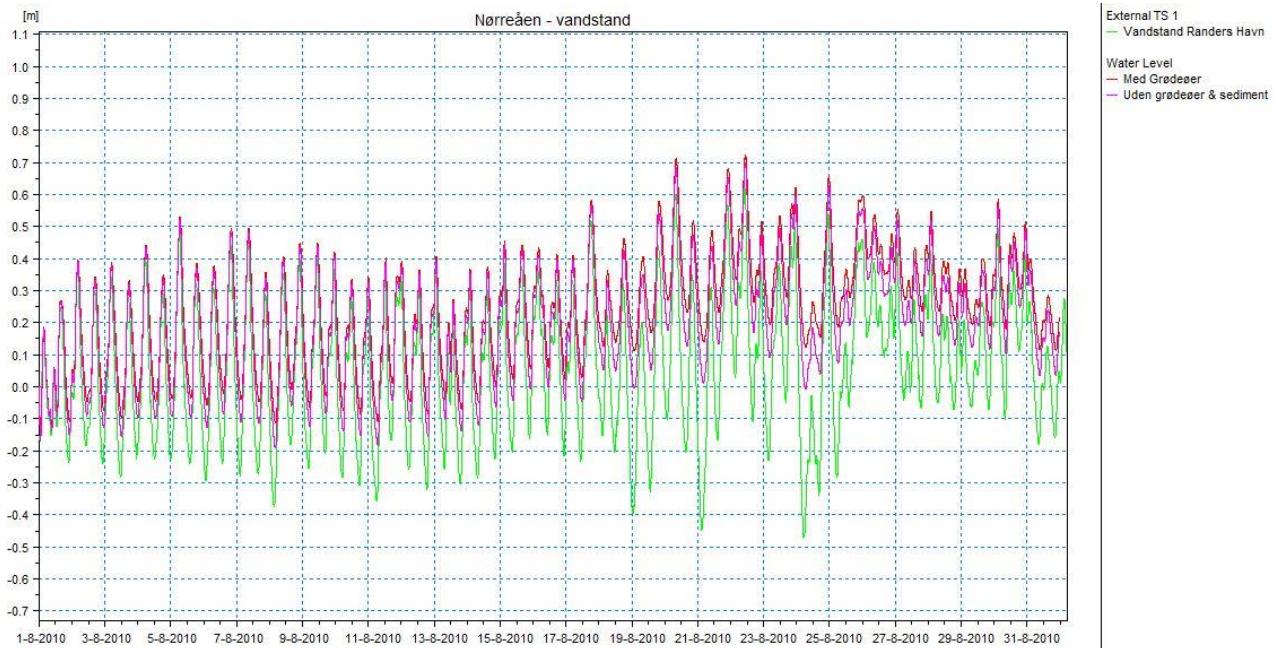


Figur 6.8: Vandstand i Nørreåen lige før sammenløb med Gudenåen, 24. august 2010.

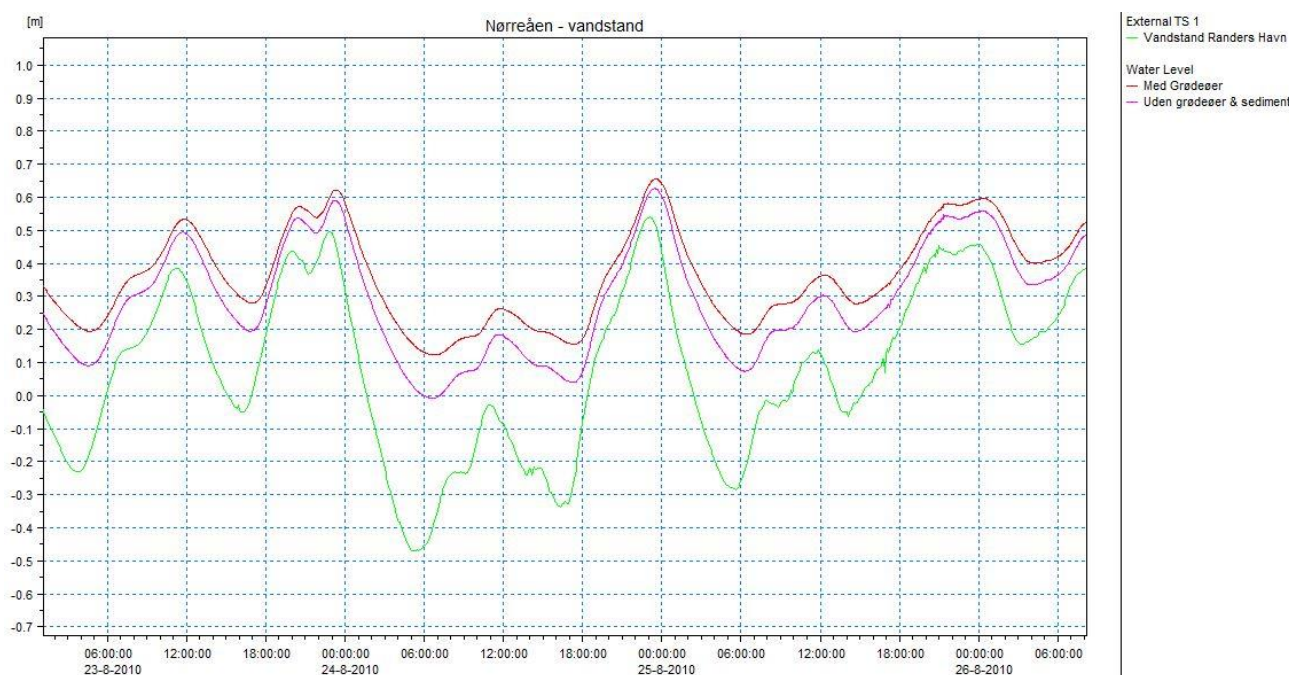


På Figur 6.7 ses den beregnede effekt af, at fjerne sediment og grøde ved udløbet af Nørre Å (grødefjernelsen er for nemheds skyld ikke vist). Det kan tydeligt ses, at den maksimale effekt er på cirka 15 cm den 24. august 2010, svarende til det tidspunkt hvor der er størst forskel på vandstanden i Gudenåen ved Randers Havn og Nørreåen. Dette resultat svarer helt til det Orbicon nåede frem til i deres rapport /1/. Fjernelsen af grøden vil maksimalt give en sænkning af vandstanden på 10 cm, hvilket også er i overensstemmelse med det tidligere opnåede resultat.

Figur 6.9: Vandstand i Gudenåen opstrøms strækningen ved grødeøer i august 2010.. Figuren er også vist i Bilag 3.



Figur 6.10: Vandstand i Gudenåen opstrøms strækningen med grødeøer.

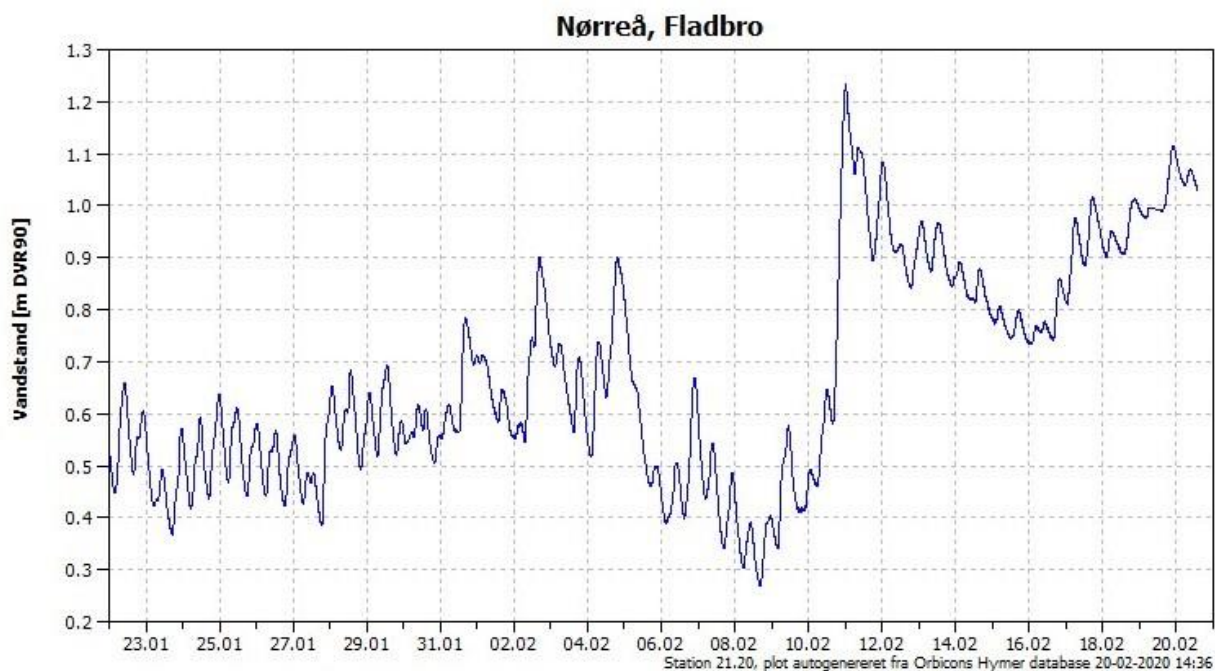


Som det fremgår af Figur 6.9 og 6.10 er effekten i Gudenåen ved fjernelse af grøde og sediment ligeledes på cirka 15 cm. Denne effekt varierer mere end i Nørreåen, svarende til den større tidevandspåvirkning på denne strækning.

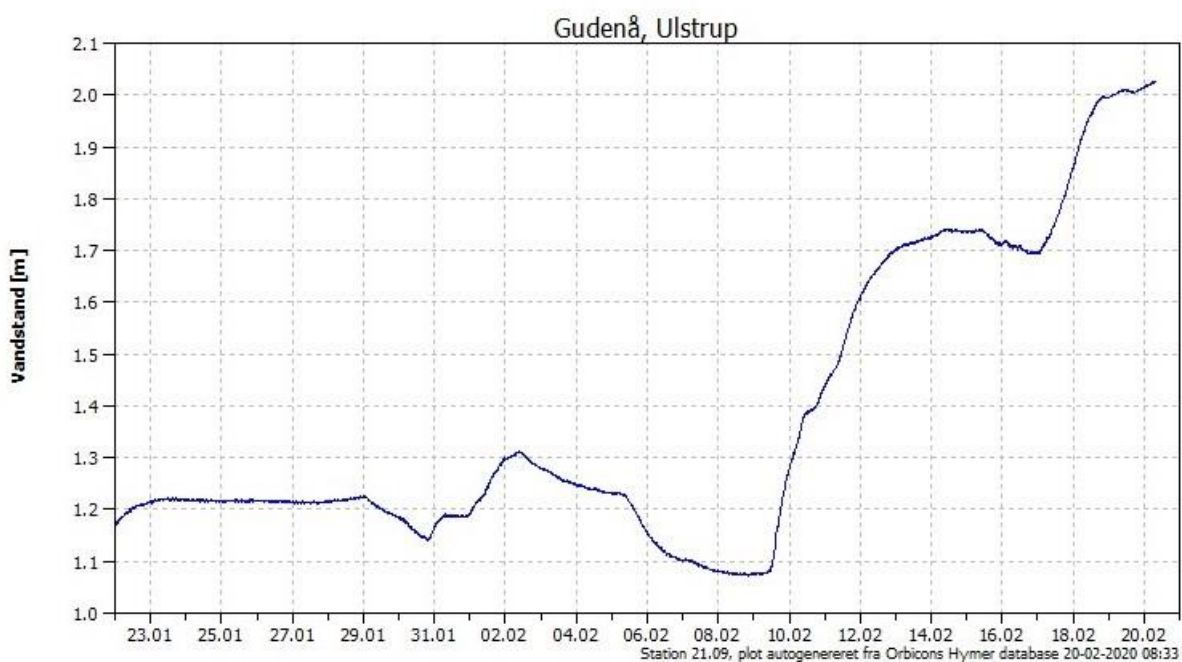
7 Analyse af vandstanden i Nørreåen og Gudenåen i Februar 2020

I dette afsnit præsenteres og analyseres tre vandstandskurver fra hhv. Nørreåen (Fladbro), Gudenåen (Randers Bro) og Gudenåen (Ulstrup). Der foreligger ikke verificerede data fra denne periode og derfor tolkes de viste vandstandsvariationer ud fra figurene alene. En modellering vil først kunne gennemføres når kvalitetssikrede data foreligger i starten af 2021.

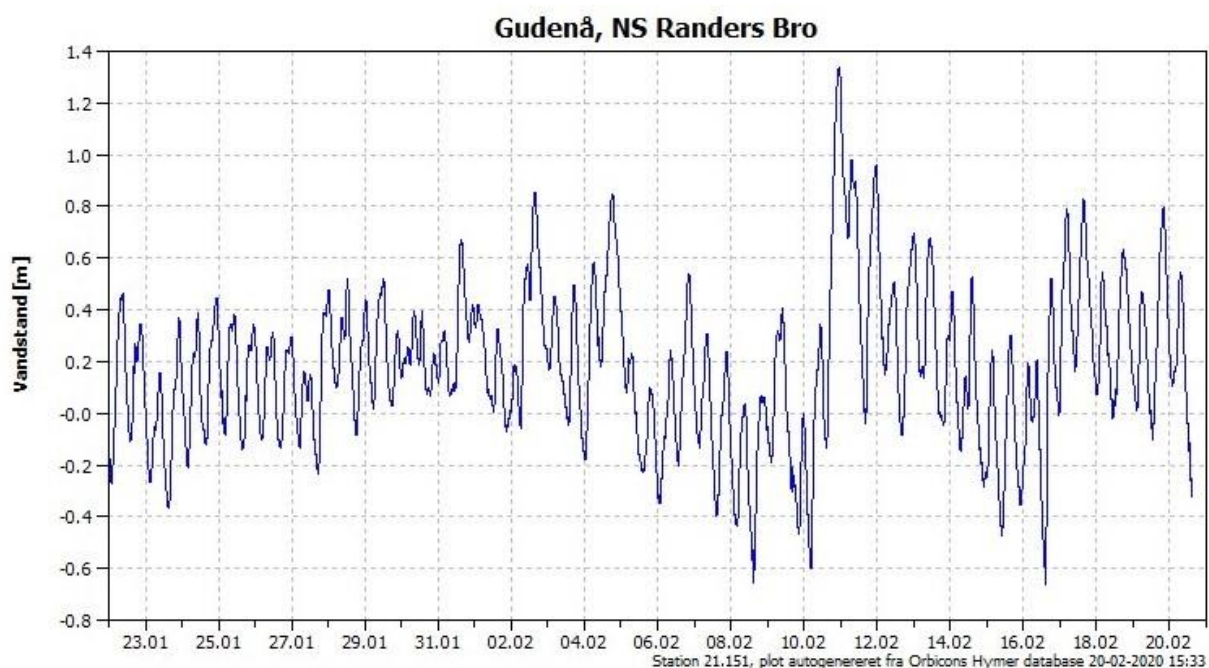
Figur 7.1: Vandstand i Nørreåen ved Fladbro.



Figur 7.2: Vandstand i Gudenåen ved Ulstrup Bro.



Figur 7.3: : Vandstand i Gudenåen ved Randers Bro.



Som det kan ses af de ovenstående figurer falder vandstanden ved målestationen i Gudenåen ved Randers Bro fra den 10. til den 17. februar. I samme periode stiger vandstanden i både Gudenåen ved Ulstrup og i Nørreåen ved Fladbro. Hvis vandstanden ved Fladbro udelukkende afhang af vandstanden i Gudenåen ville man forvente at kurven for Nørreåen fulgte Gudenåen ved Randers Bro. I perioden 9. til den 11. februar faldt der 20 til 30 mm nedbør, hvilket giver anledning til at vandføringen og dermed vandstanden stiger i både Nørreåen og Gudenåen. Nedbørshændelserne forekom efter en længere periode med kraftig nedbør, som betød at jorden var næsten 100 % vandmættet. Herved vil der fra nedbøren rammer jorden til den løber i vandløbet være en meget lille forsinkelse. Der igangsættes en bølge som når målestationen ved Fladbro cirka 1 døgn efter nedbørshændelsen. Grundet det lave fald og ådalens udformning sker der oversvømmelser langs hele Nørreåen.. Dette bliver tydeligt ved Fladbro, hvor det kan ses, at vandet ikke kan strømme videre med samme fart som før. Vandet staves op og giver anledning til oversvømmelser af arealer, som naturligt vil oversvømme grundet topografien. Opstuvningen skyldes, at de store nedbørsmængder der er faldet overstiger vandløbets naturlige kapacitet, og det oversvømmer derfor ådalen. Hertil kommer at vandstanden i Gudenåen af samme grund er høj, og dermed er den gradient, der skal drive vandet ud i Gudenåen formindsket. Dette forekommer ved ekstreme regnhændelser, som netop den hændelse der forekom den 9. til 11. februar. Grunden til man ikke så oversvømmelser ved Justesens plæne, skyldtes at vandstanden helt og holdent er styret af vandstanden i Randes Fjord. Fjordens vandstand er med andre ord ikke væsentligt påvirket af vandføringen i Gudenåen, da der i fjorden er kapacitet nok.

Oprensning af sediment og fjernelse af grøde foran motorvejsbroen E45 ville efter NIRAS vurdering ikke have hjulpet på oversvømmelserne og have dæmpet vandstanden, da kapaciteten nedstrøms på dette tidspunkt var opbrugt, dvs at Gudenåen allerede havde oversvømmet Vorup Enge. I denne situation vil en yderligere udgravning ikke have afhjulpet problemet. For at imødegå sådanne fremtidige oversvømmelser er det vigtigt at der opstrøms Fladbro, dvs. i hele Nørreådalen, fra Viborg til Fladbro og tilløbene, skabes opmagasineringskapacitet så vandet kan magasineres inden det når Fladbro. Dette kan gøres ved at lade Nørreåen og tilløbene oversvømme ådalens naturlige engområder, hvor der kan findes plads til oversvømmelserne.

8 Analyse og modellering af vandstandsforhold – efteråret 2019

Vandstandsvariationerne i den nedre del af Gudenåen og Nørreåen er tæt forbundne, og som det er beskrevet ovenfor er det ikke altid nemt at trække generelle mønstre ud, da variationerne og sammenhængen er tydelig i nogle situationer, mens der i andre situationer ikke ser ud til at være nogen sammenhæng. Ovenfor er beskrevet et eksempel fra februar 2020 hvor der er forhøjet vandstand ved Fladbro, mens der ved Justesens plæne i Randers by ikke er synderligt forhøjet vandstand. Der er derfor foretaget en analyse af vandstandsvariationerne i Gudenåen og Nørreåen i to situationer fra efteråret 2019, hvor der i november forekom forhøjet vandføring, som følge af store nedbørsmængder. Der foreligger ikke kvalitetssikrede data for 2020 endnu, så derfor er hændelsen i november 2019 valgt. Analysen havde til formål at fastslå:

1. Om der ses samme mønster i samvariationen i vandstanden i Gudenåen og Nørreåen ved høj vandføring.
2. Om denne samvariation er påvirket af det generelle vandstandsniveau i Randers havn.

Der er derfor udvalgt to perioder i november 2019, hvor der er relativ høj vandføring, men hvor der er forskel i vandstanden i Randers havn:

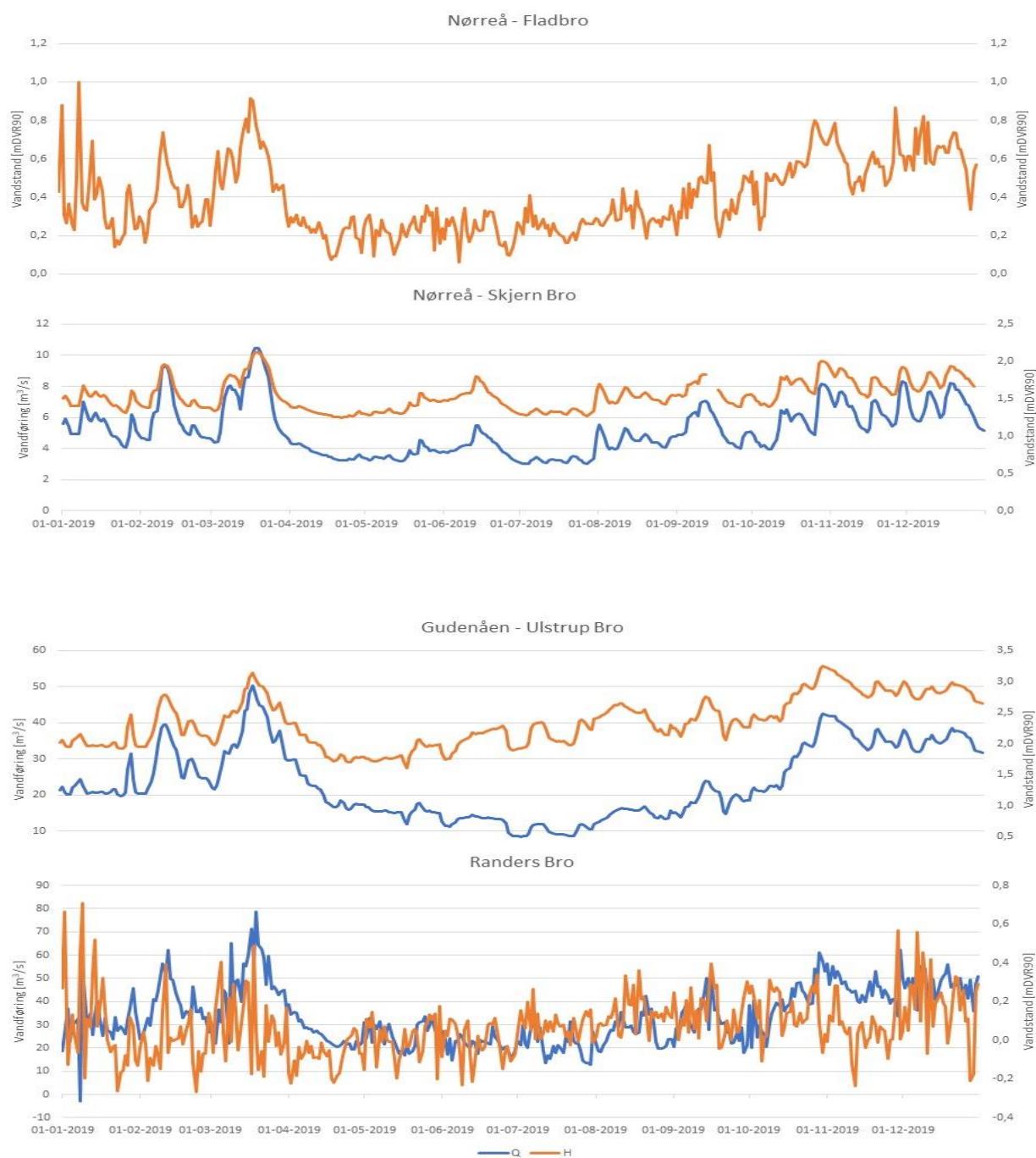
- Periode med høj vandføring og lav vandstand – 17 til 23 november 2019
- Periode med høj vandføring og høj vandstand – 26 november til 2 december 2019

8.1 Tidsserieanalyse

Som beskrevet ovenfor blev der konstateret oversvømmelser ved Fladbro i en periode med meget høj vandføring og samtidig kunne det konstateres at der i selve Gudenåen i Randers by ikke var tegn på oversvømmelser. Der er altså ikke nødvendigvis en sammenhæng mellem vandstanden i Gudenåen i Randers by og vandstanden i Nørreå ved Fladbro, selv om denne er påvirket af svingningerne fra Randers Fjord. Vandstanden ved Fladbro er altså betinget af vandføring der er i Nørreåen, samt vandstanden i Gudenåen og mindre grad af vandstandsforholdene i Gudenåen i Randers by. Dette ses meget tydeligt i den vandførings- og vandstandstop der forekommer i starten af november 2019. Her fortsætter vandstanden med at stige ved Fladbro som en konsekvens af den stigende vandføring både i Gudenåen og i Nørreå og samtidig falder vandstanden i Gudenåen i Randers by (Figur 8.1). Der er altså tale om at vandstanden i Gudenåen, som er høj som følge af høj vandføring, reducerer gradienten ud af Nørreå og dermed kan vandet ikke løbe lige så hurtigt ud som i perioder med lav vandføring i Gudenåen. Der er ikke tale om at tværsnit eller vandføringsevnen i Gudenåen er reduceret, der er blot tale om at den mængde vand der skal passerer fra Langå til Randers Fjord ikke kan løbe hurtigere som følge af gradient og vandstandsforholdene i Gudenåen og Randers Fjord. Dette betyder, at vandaflodningen i Nørreåen i denne periode reduceres. Dette svarer til situationen i februar 2020.

Det ses tydeligt i Figur 8.1. at der er en sammenhæng mellem vandstand og vandføring på alle stationer, men også at der er en del variation på vandskurven ved Fladbro. Dette indikerer at der er perioder hvor der er stor påvirkning af vandstanden fra Randers Fjord. Det ses dog også tydeligt, at der ikke systematisk er en samvariation, så i perioder med høj vandføring kan der forekomme situationer hvor vandstanden ved Fladbro er styret af vandstanden i Gudenåen (typisk ved høj vandføring), mens der er perioder hvor vandstanden ved Fladbro styres af variationerne i Randers Fjord (typisk ved moderat vandføring og høj vandstand).

Figur 8.1: Vandstand og vandføring i Gudenåen og Nørreåen i 2019.



8.2 Modellering

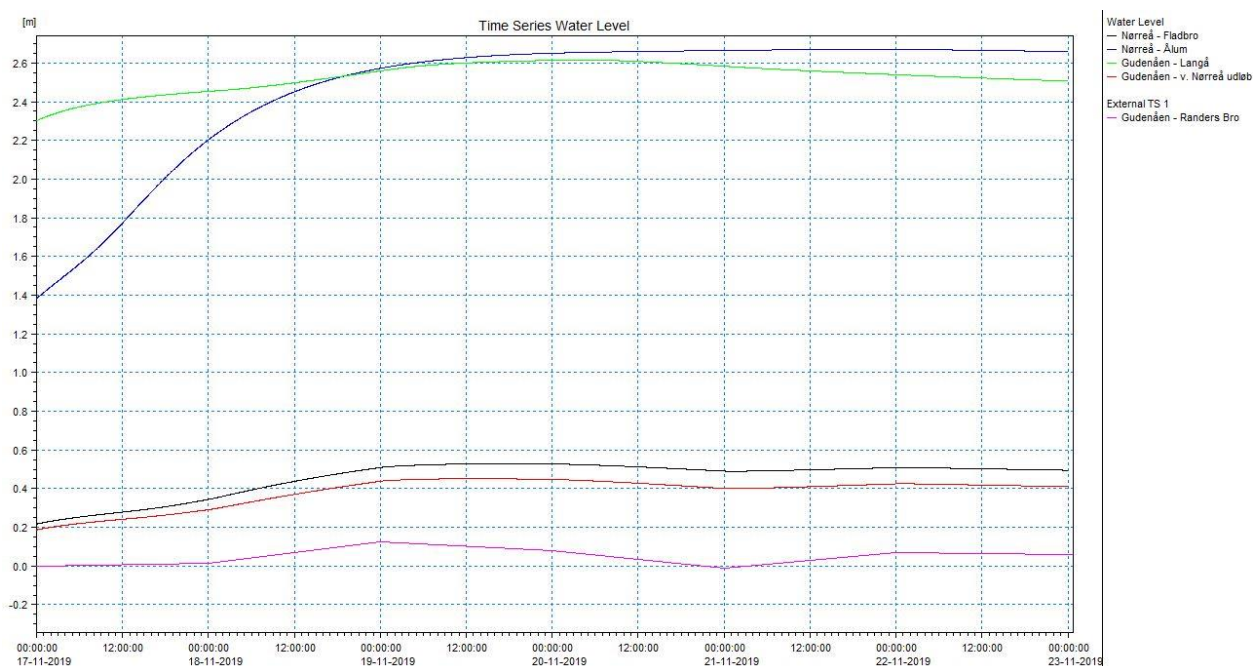
Modelleringen af de to perioder med høj vandføring men forskellig vandstand.

Nedenfor er vist resultaterne af modelleringen i de samme 5 tværsnit i de to perioder. Der er tale om følgende tværsnit:

- Randers Bro
- Gudenåen lige ved tilløb fra Nørreå (stnr:32500)
- Gudenåen ved Langå (stnr:24000)
- Nørreå ved Fladbro (stnr:42200)
- Nørreå ved Ålum(stnr:34500)

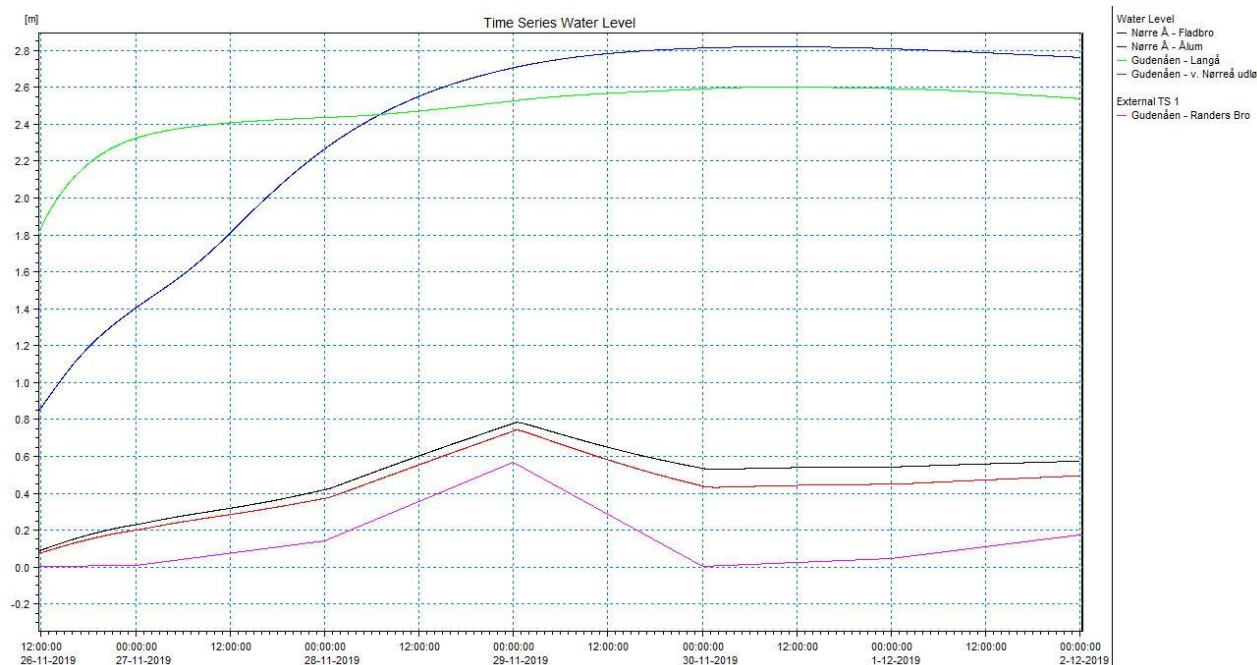
Gennemsnitsvandføringen i de to perioder var 35,8 og 35,5 m³/s i Gudenåen (ved Ulstrup). Denne vandføring vil typisk forekomme hvert år i vinterperioden og svarer til en normal-høj vintersituation. Der er altså tale om to vandføringsmæssigt identiske perioder. Til sammenligning var vandføringen højere i februar 2020. De beregnede scenarier kan bruges som rettesnor for, at forstå udvikling og hydraulik i perioder med meget høj vandføring. Vandstanden ved Randers bro varierede fra -0,01 m DVR90 til 0,15 m DVR90 i første periode (17-23 november) og fra 0,0 m DVR90 til 0,55 m DVR90 i anden periode (26 november – 2 december).

Figur 8.2: Modelleret vandstand i Nørreå (Fladbro og Ålum) og i Gudenåen (Langå og ved tilløb fra Nørreå) samt den målte vandstand ved Randers Bro. Perioden er præget af høj vandføring og lav vandstand.



Som det kan ses af ovenstående figurer, så er der ikke nødvendigvis sammenhæng mellem vandstanden i Nørreåen og den nedre del af Gudenåen. Ved lav vandstand ved Randers Bro stiger vandstanden i både Gudenåen og Nørreå som følge af øget vandføring og påvirkes ikke synderligt af døgnvariationen (Figur 8.2). Modsat ved høj vandstand i Randers Fjord kan denne påvirke vandstanden i Nørreå (Figur 8.3). I perioder med høj vandstand ændres vandstandsforskellen på Nørreåen og Gudenåen ganske lidt. Denne ligger konstant på 10 cm i perioden med lav vandstand og varierer mellem 5 og 15 cm i perioder med høj vandstand. Der er altså ikke nødvendigvis en sammenhæng mellem gradienten ud af Nørreå og vandstanden i Randers Fjord. Som det også ses af figurerne, er det alafgørende vandstandsforskellen mellem Gudenåen og Nørreåen.

Figur 8.3: Modelleret vandstand i Nørreå (Fladbro og Ålum) og i Gudenåen (Langå og ved tilløb fra Nørreå) samt den målte vandstand ved Randers Bro. Perioden er præget af høj vandføring og høj vandstand.



Tages der højde for at der er grødedør og fjernes disse i modellen vil dette ændre vandstanden 2-3 cm i perioder med lav vandstand og 4-5 cm i perioder med høj vandstand. Så en eventuel fjernelse af grøde og afgravning af bunden vil ikke give en bedre afledning af vand fra Nørreåen til Gudenåen. Det altafgørende er ikke profilernes udseende, men forskellen i vandstanden mellem Gudenåen og Nørreåen og denne varierer perioder med høj vandføring og der er en tendens til at forskellen går mod nul når vandføringen i Gudenåen stiger. Så ved meget høje vandføringer kan vandet ikke komme væk fra Nørreåen. Dette skyldes vandstanden i Gudenåen, nedstrøms, og ikke Nørreåens vandføringsevne.

9 Konklusion

Orbicons modelopsætning fra 2016/2018 er kritisk gennemgået. Forudsætninger og datagrundlaget gennemarbejdet og robust. Modelopsætningen er fagligt god og der kan ikke findes kritikpunkter i forhold til denne. Der er med andre ord ikke fundet fejl og mangler i modelopsætningen.

Opmålingen af strækningen med grødedør gav tilnærmelsesvist samme resultat som i 2016 og der var kun lille forskel på tvær- og længdeprofilerne. Der var en tendens til at 2020 opmålingen viste lidt større tværsnitsarealer, så der bør i princippet være en marginalt større vandføringsevne i 2020 end i 2016.

NIRAS genberegning af grøden og sedimentets påvirkning på opstuvningen i Nørreåen og Gudenåen gav samme resultat som Orbicon nåede frem til i 2018. NIRAS beregninger viste samstemmende med Orbicons, at grødedørerne og de tilhørende sandbanker påvirker vandstanden i åen maksimalt med ca. 15 cm ved højvandføring i åen og lavvandstand i fjorden. Effekten af grødedørerne aftager til 0 cm 8-10 km oppe i Nørreåen (Ålum)

og 10-14 km oppe i Gudenåen (Langå). Dermed kan der maksimalt opnås 15 cm vandstandssænkning ved bortgravning af det aflejrede sediment i grødeøerne tillige med grøden.

Bortskæring af grøden på grødeøerne uden fjernelse af sedimentet kan til sammenligning sænke vandstanden med maks. 5-10 cm. Beregningerne viser endvidere, at effekten af grødeøerne på vandstanden har været mindre end 6 cm i halvdelen af tiden vurderet på 2010 data.

Strækningen med grødeøerne er en naturlig aflejringszone for sediment i Gudenåen grundet beliggenheden af Randers Fjord. Ved at fjerne grøden opnås kun en kortsigtet effekt og det vurderes at de hurtigt vil opstå igen.

Samlet set fører de gennemførte analyser til følgende konklusion: Effekten af grødeøerne på vandstanden i Gudenåen og Nørreåen opstrøms grødeøerne vil i langt de fleste tilfælde være så lille, at der ikke kan opnås betydende sænkninger af vandstanden i begge åer ved at grave grødeøerne bort eller ved at foretage bortskæring af grøden. De gennemførte modelberegninger viser, at der selv ikke i situationer med lav vandstand i havnen og stor vandføring i åen vil kunne opnås betydende sænkninger af vandstanden opstrøms E45 og videre op i Nørreåen. Det er vandstanden i Randers Fjord der styrer vandstanden i den nedre del af Gudenåen og den nedre del af Nørreåen og dermed betinger afstrømningen fra disse systemer. Påvirkningen af grødeøer og sandbanker i Gudenåen påvirker vandstanden i Gudenåen op til Langå og tilsvarende til Ålum i Nørreåen. Dette svarer til den konklusion Orbicon nåede frem til i 2016.

Vandafledningen i Nørreåen ved Fladbro kan i ekstreme tilfælde været styret af både afstrømningsmængden i Nørreåen i kombination med vandstanden i Gudenåen. Derfor bør det overvejes at dæmpe afstrømningsforløbet i Nørreåen ved at tillade oversvømmelser opstrøms Fladbro, så der ikke opstår stuvning og risiko for oversvømmelser i ekstremesituationer. I langt de fleste tilfælde vil vandstanden i Gudenåen dog virke som den styrende parameter for afstrømningen fra Nørreåen, så der vil i langt de fleste tilfælde være kapacitet nok til bortledning af vandet. Ud fra vandføringskurvens variation i Nørreåen vil det statistisk set maksimalt være 1-2% af dagene i løbet af et år, hvor der vil være risiko for ekstrem høj vandstand.

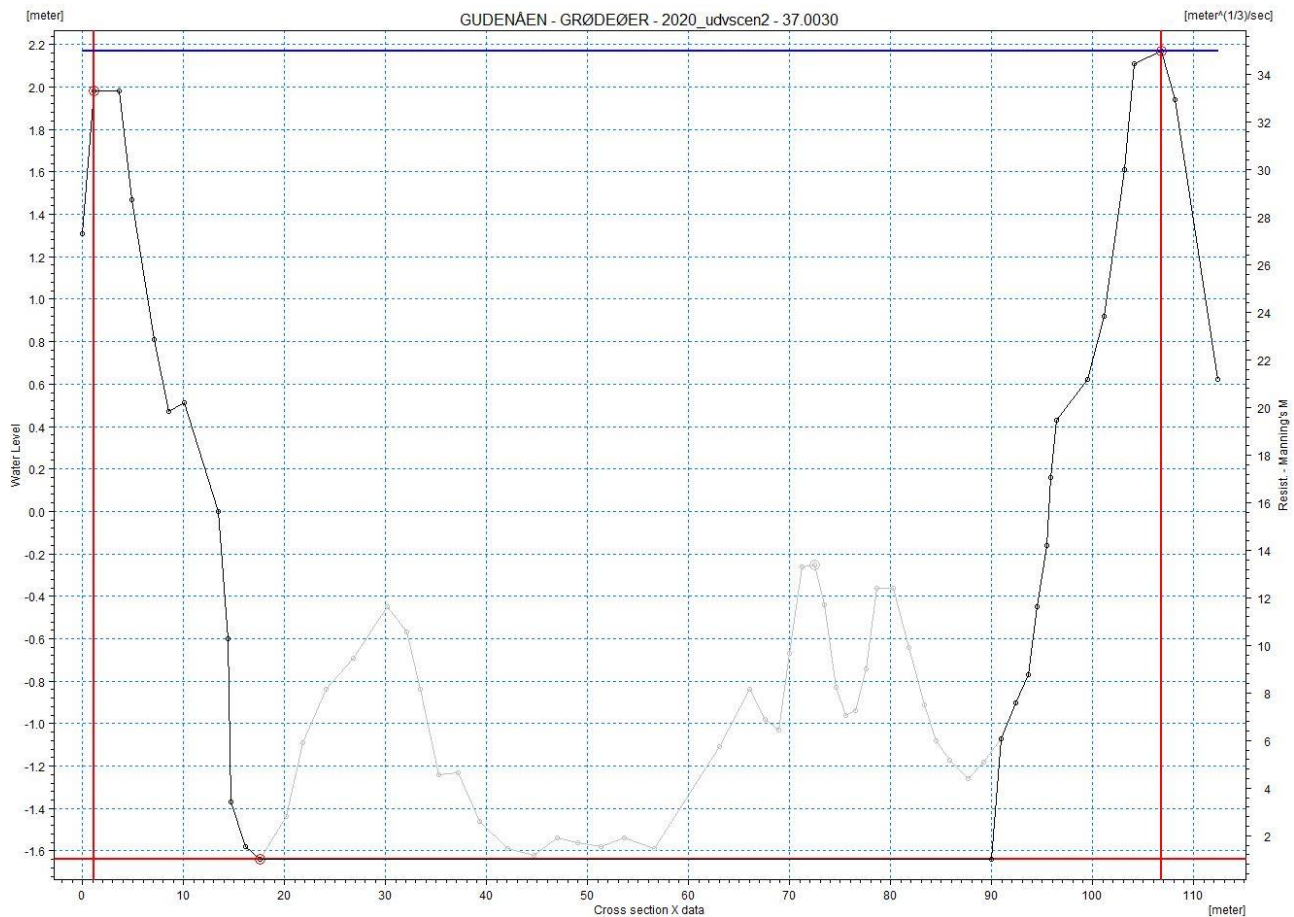
Ved at analysere tidsserier og modellerer vandstandsforholdene i en periode med høj vandføring varierende vandstand i Randers havn kan det konkluderes at vandstanden i Nørreåen primært er styret af vandstanden i Gudenåen og gradienten fra Nørreå til Gudenåen ved sammenløbet af de to vandløb. På trods af lav vandstand i Randers by er der altså ikke en gradient fra sammenløbet til havnen der kan lede vandet væk. Denne gradient er det heller ikke muligt at skabe grundet at vandføringen i disse perioder er høj. Ved at fjerne grøde og sediment i modellen kunne vandstanden kun påvirkes lidt. Konklusionen på tidsserieanalysen og modelleringen er at forholdene ved afledning af vand i nedbørsrige perioder hænger på den gradient der skabes fra Nørreå til Gudenåen. Denne er naturligt lav, så uanset hvad der gøres med tværsnittene vil dette ikke afhjælpe eventuelle oversvømmelsesproblemer. Dette må håndteres ved tilbageholdelse af vand i Nørreådalen.

10 Referencer

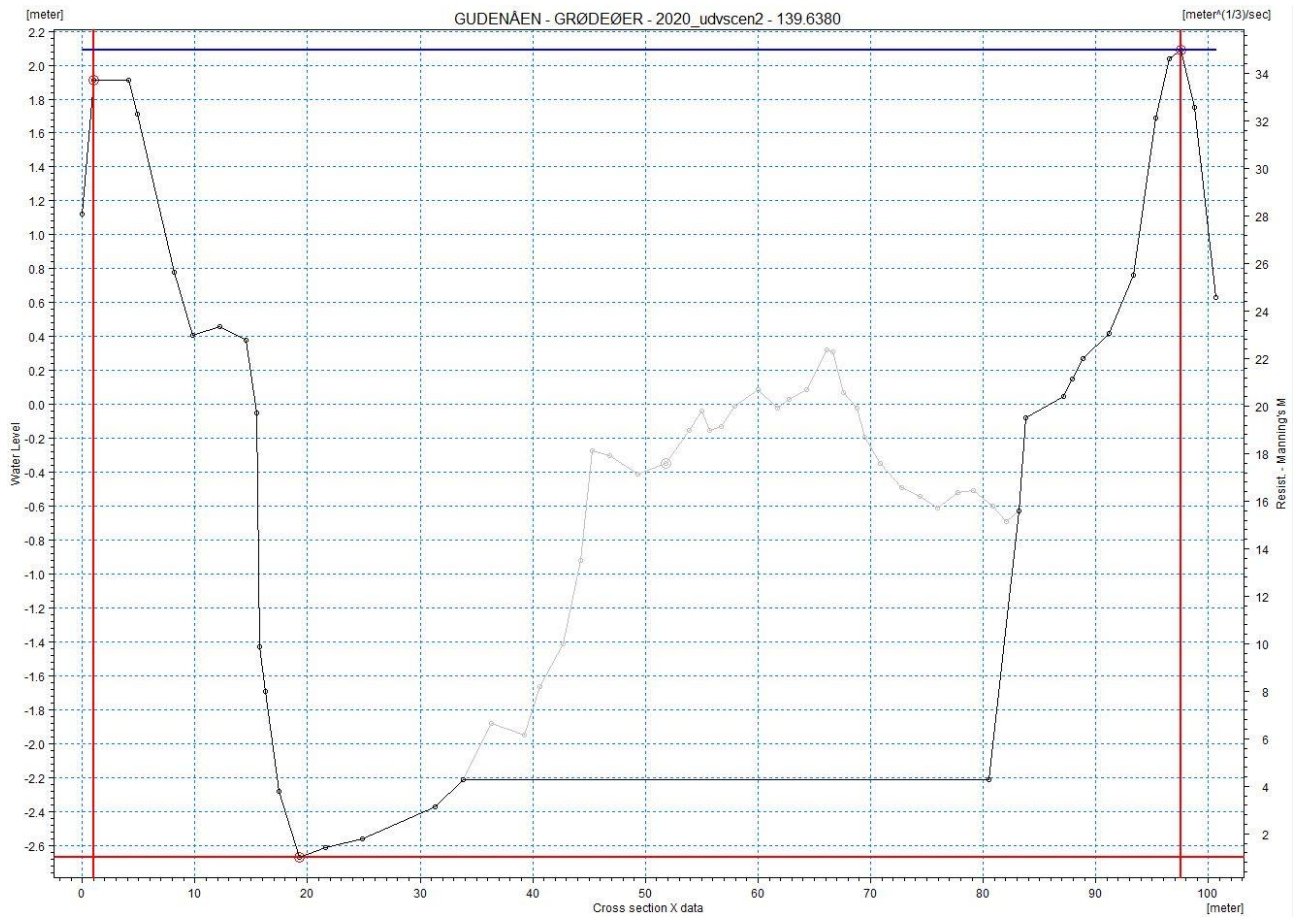
/1/. Orbicon, 2018. Effektvurdering af grødeøer i Gudenåen. Notat om effekter på vandstanden af grødeøer i Gudenåen mellem Nørre å og Motorvejsbro E45.

BILAG 1. Tværsnit fra modellen med (Scenarie 0) og uden sediment og grødeør (Scenarie 2)

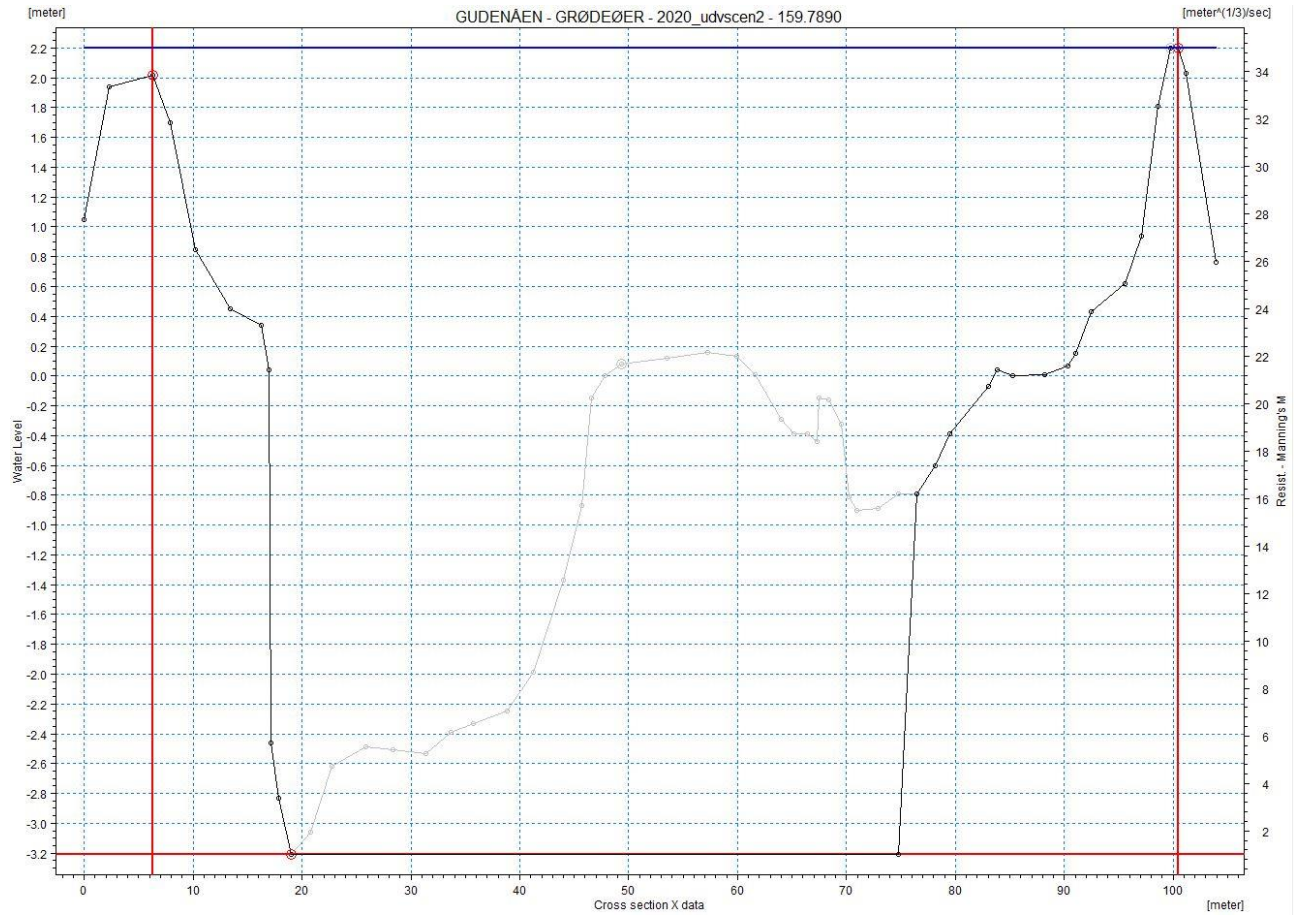
Station 37,07 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



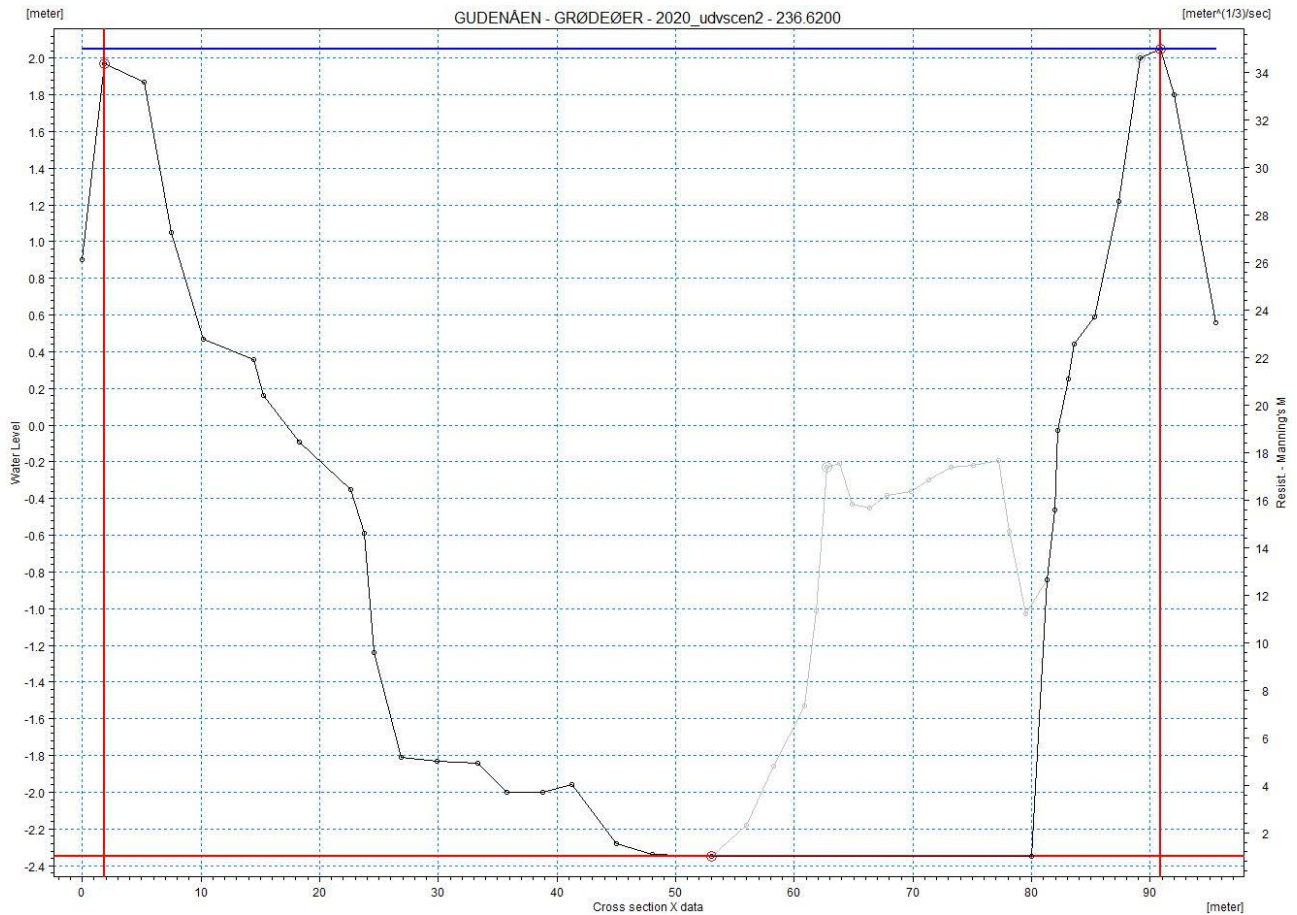
Station 139,64 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



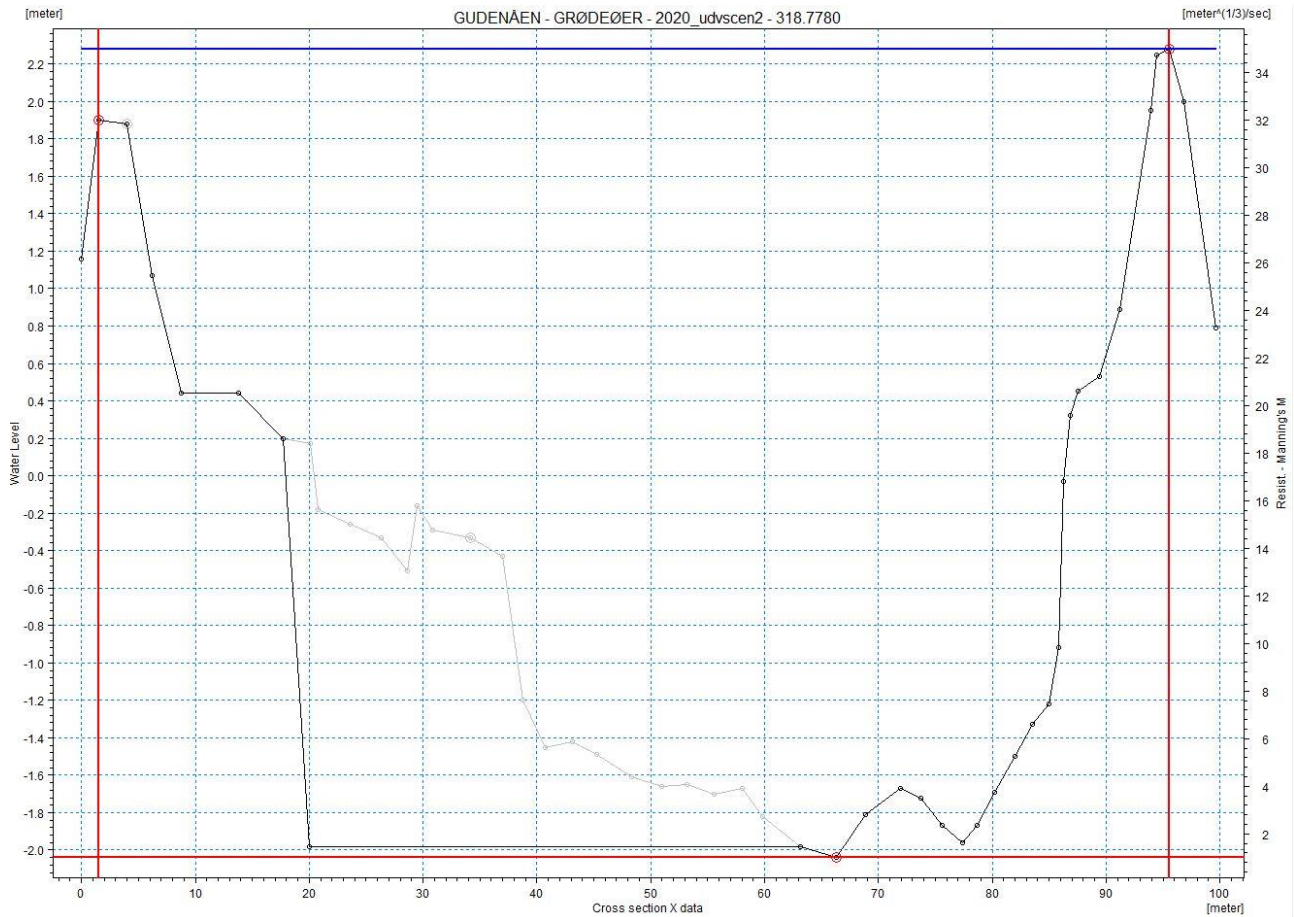
Station 159,79 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



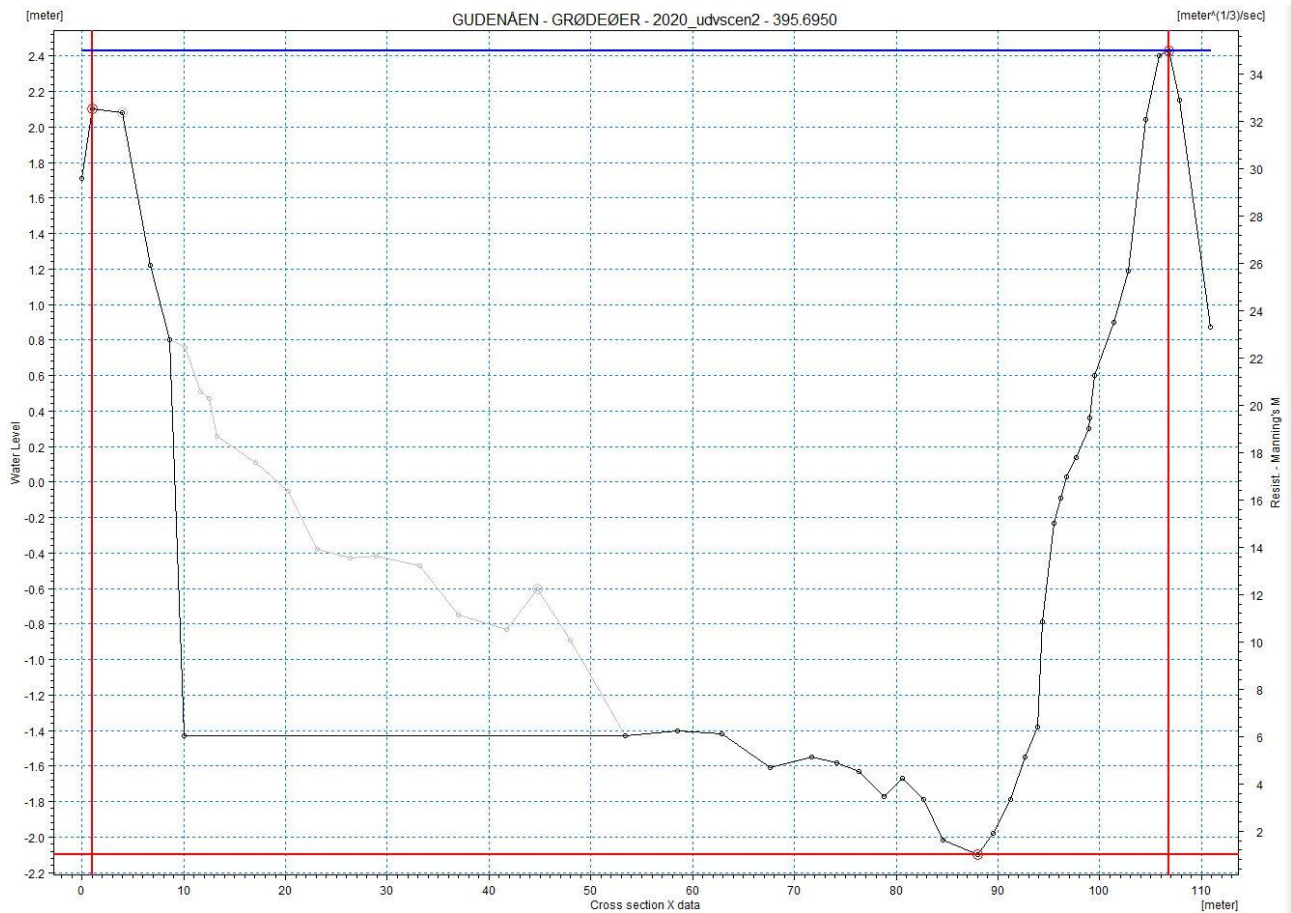
Station 236,69 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



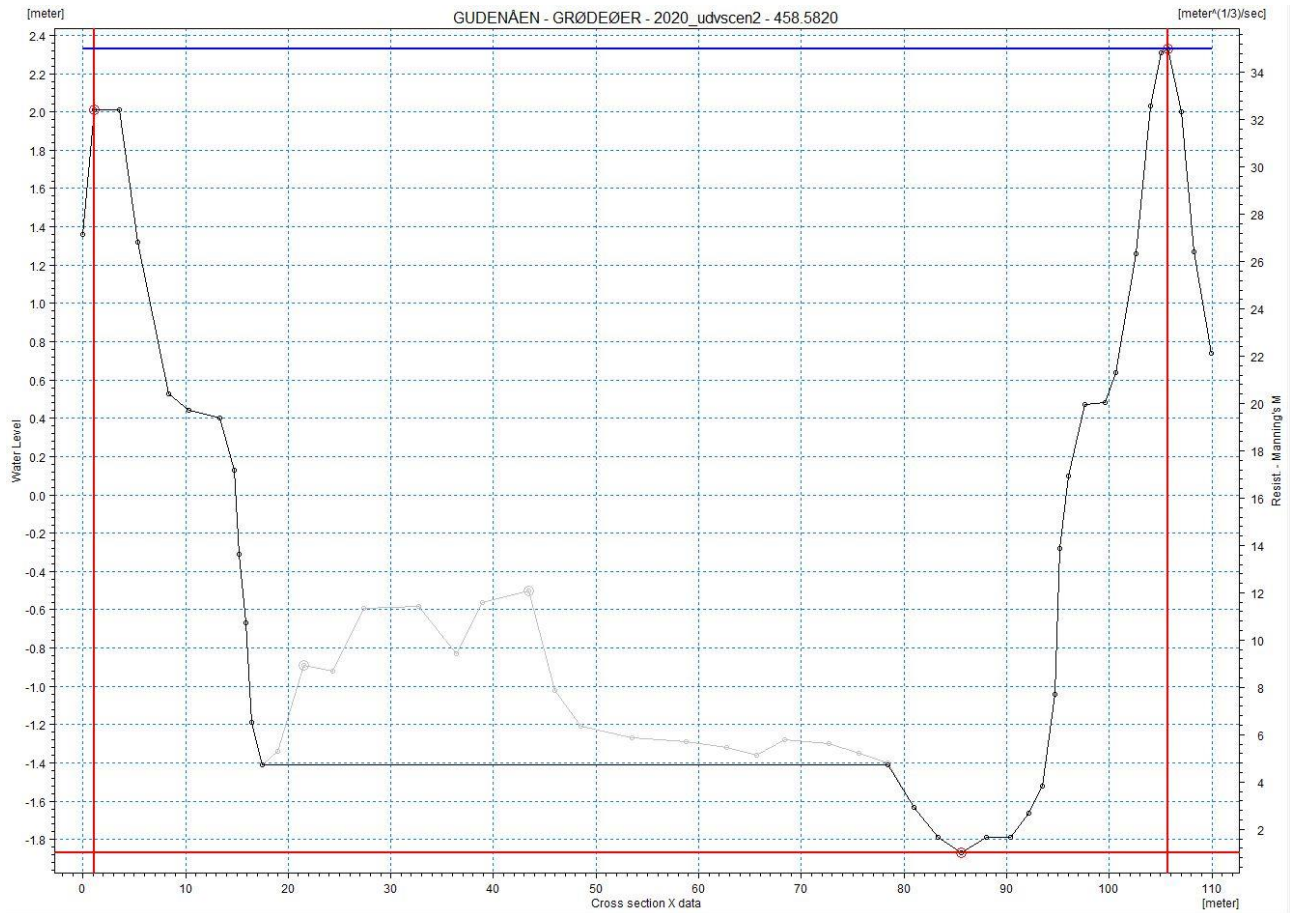
Station 318,78 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



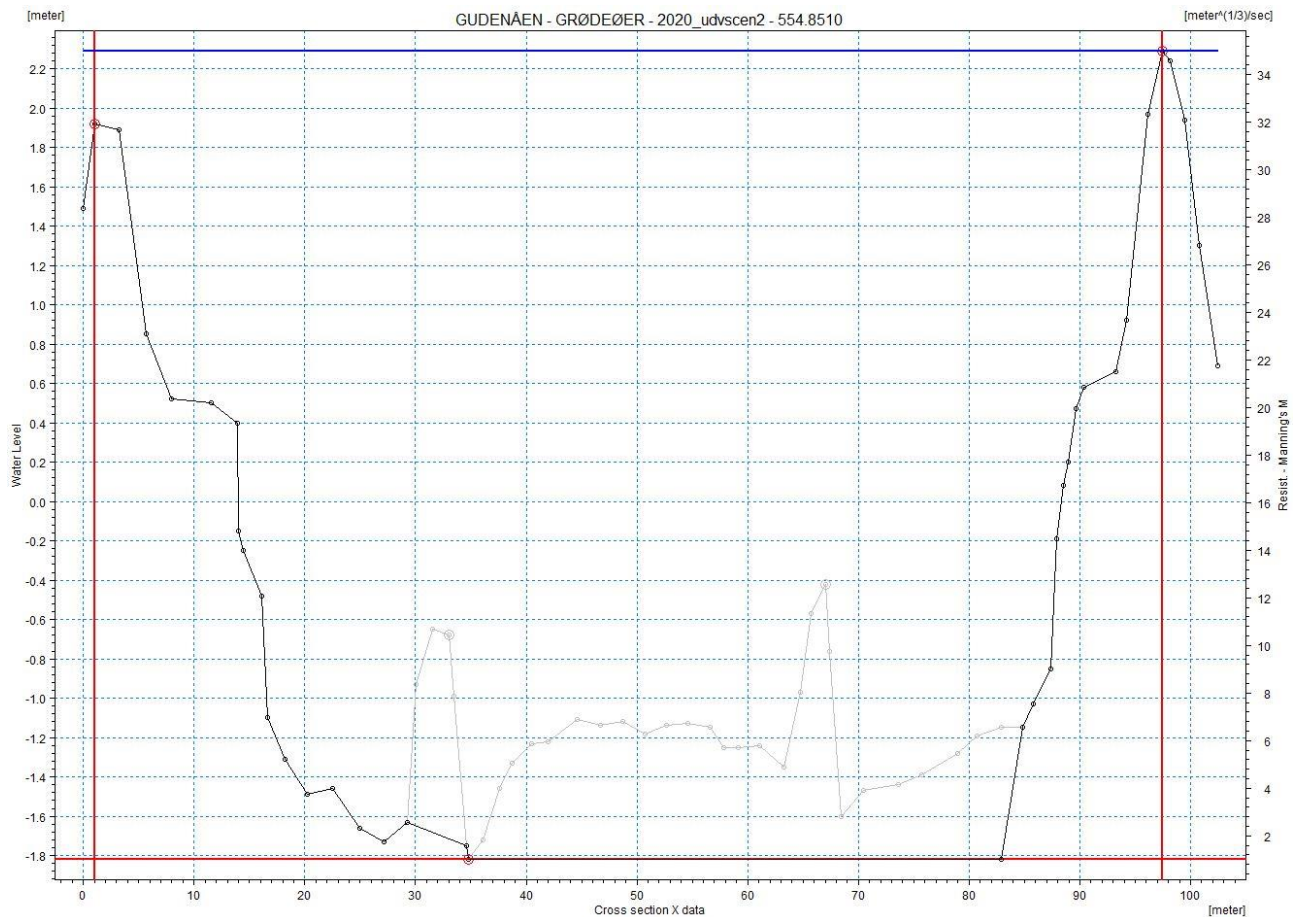
Station 395,69 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



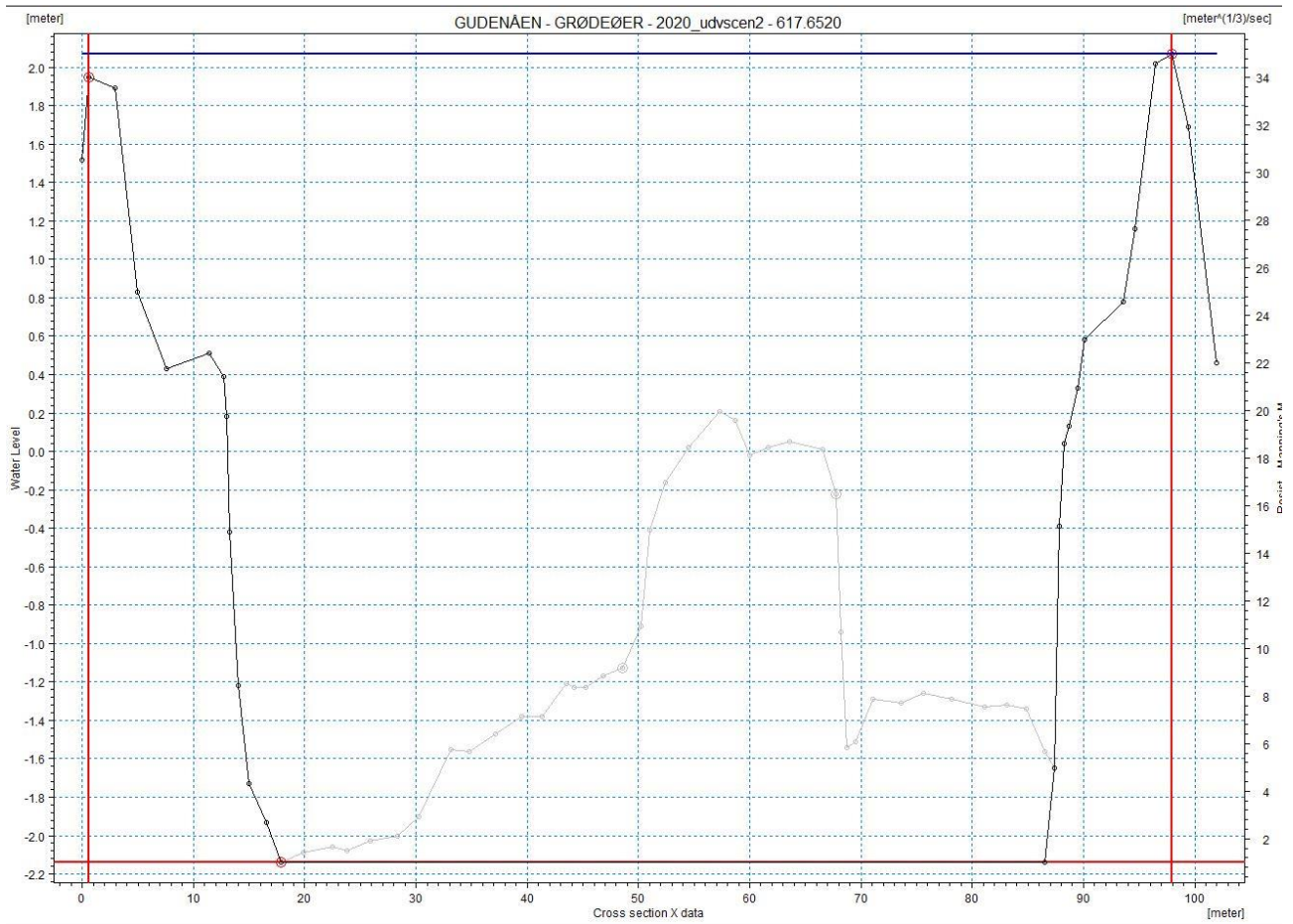
Station 458,58 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



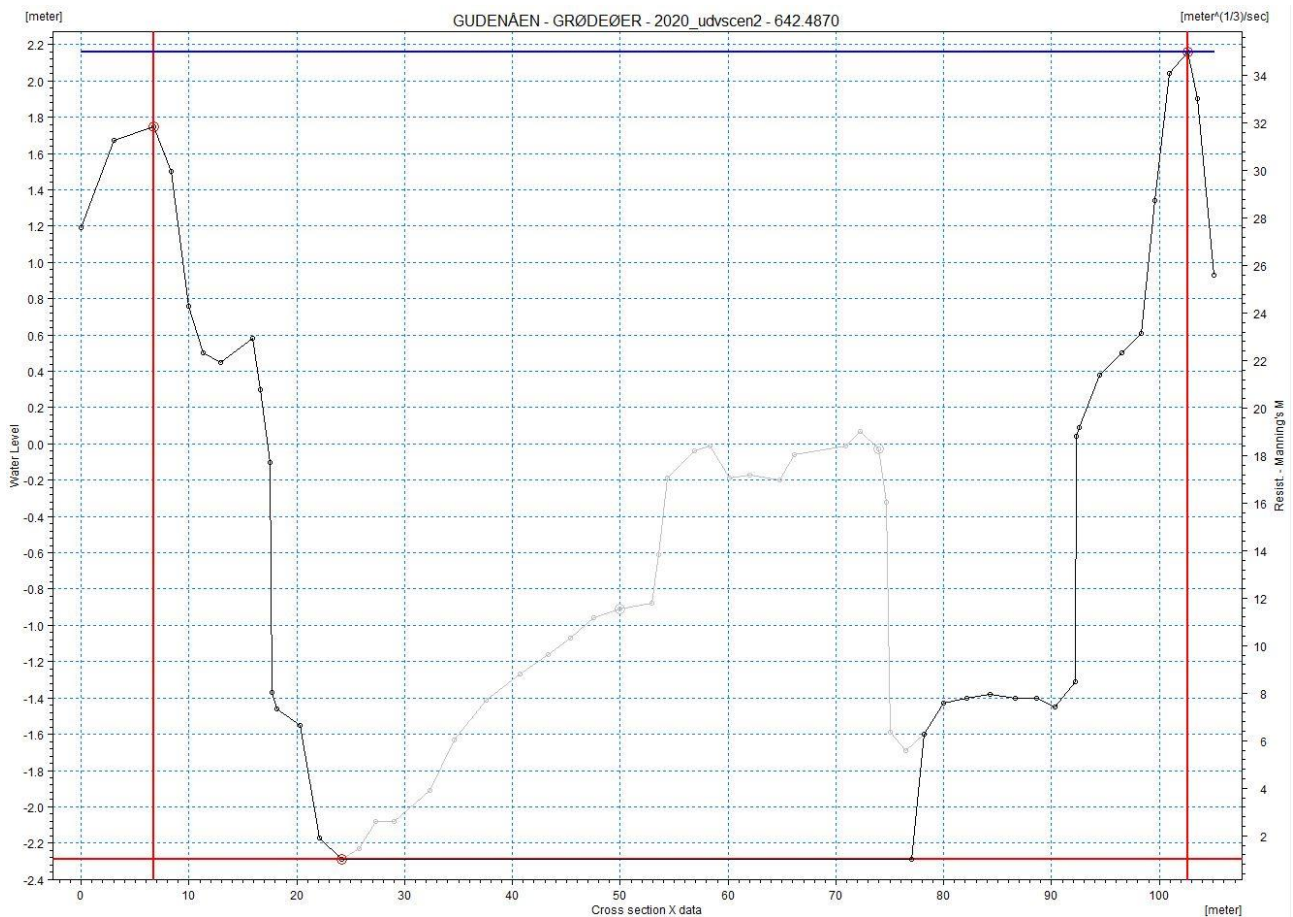
Station 554,58 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



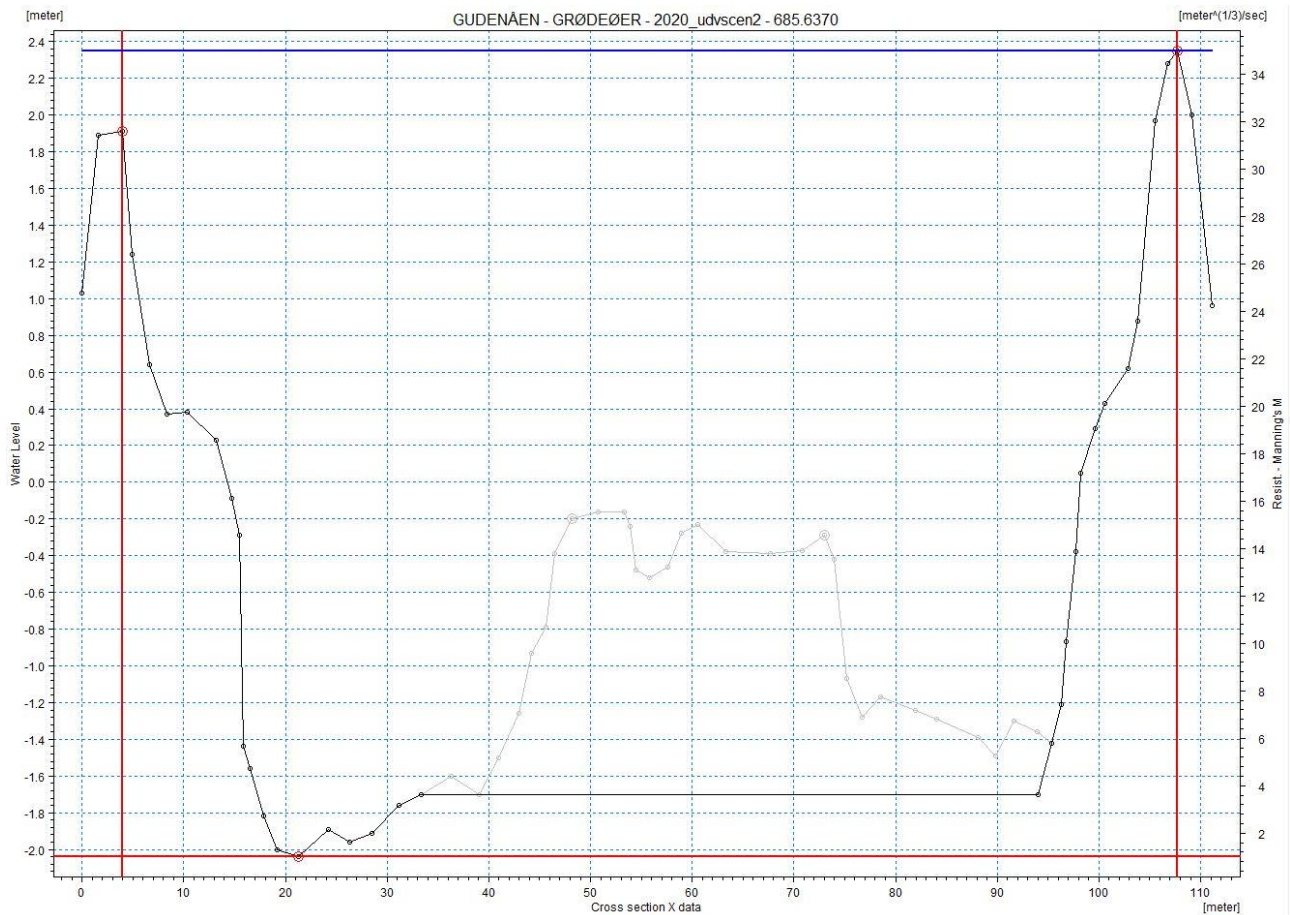
Station 617,65 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



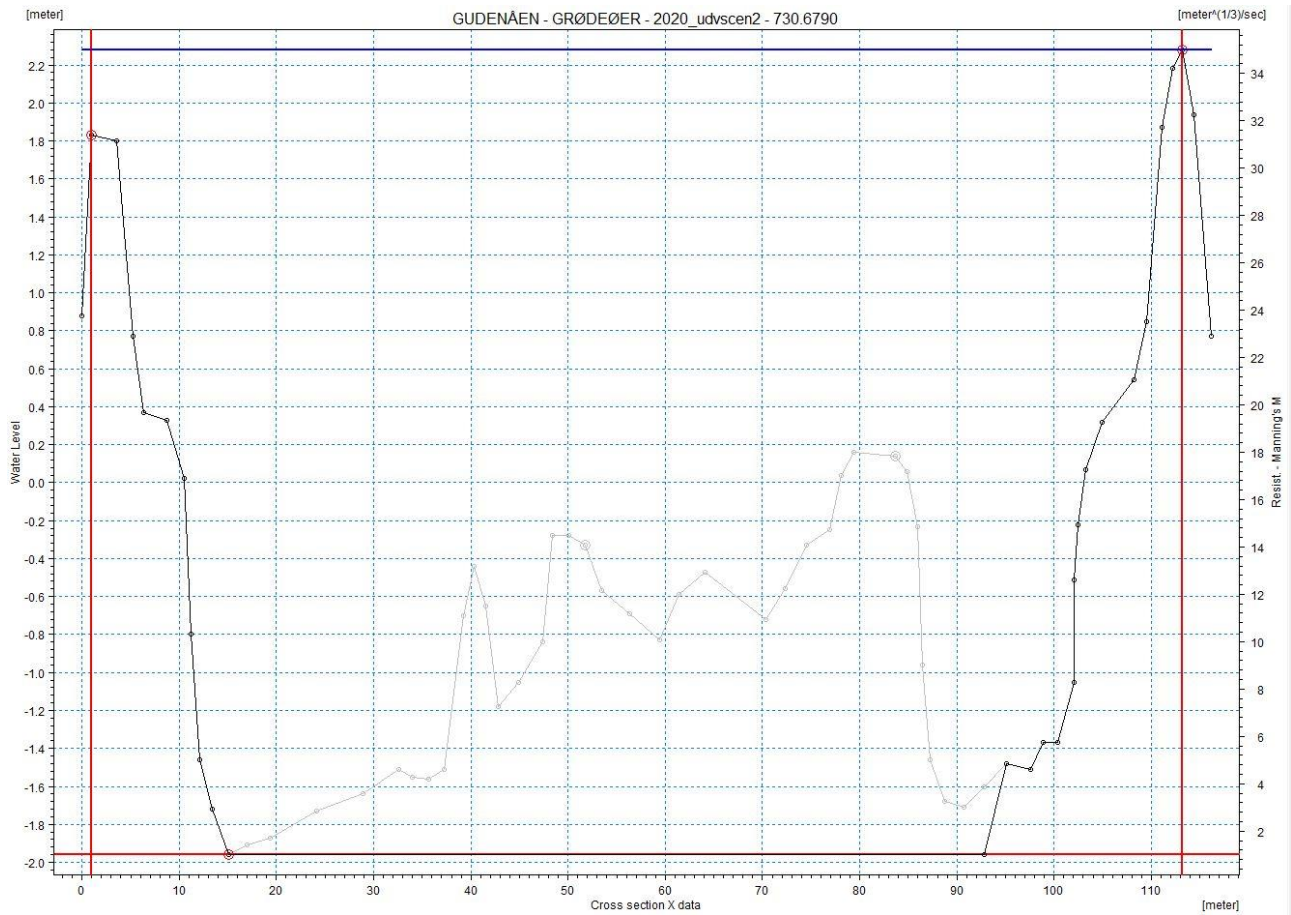
Station 642,49 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



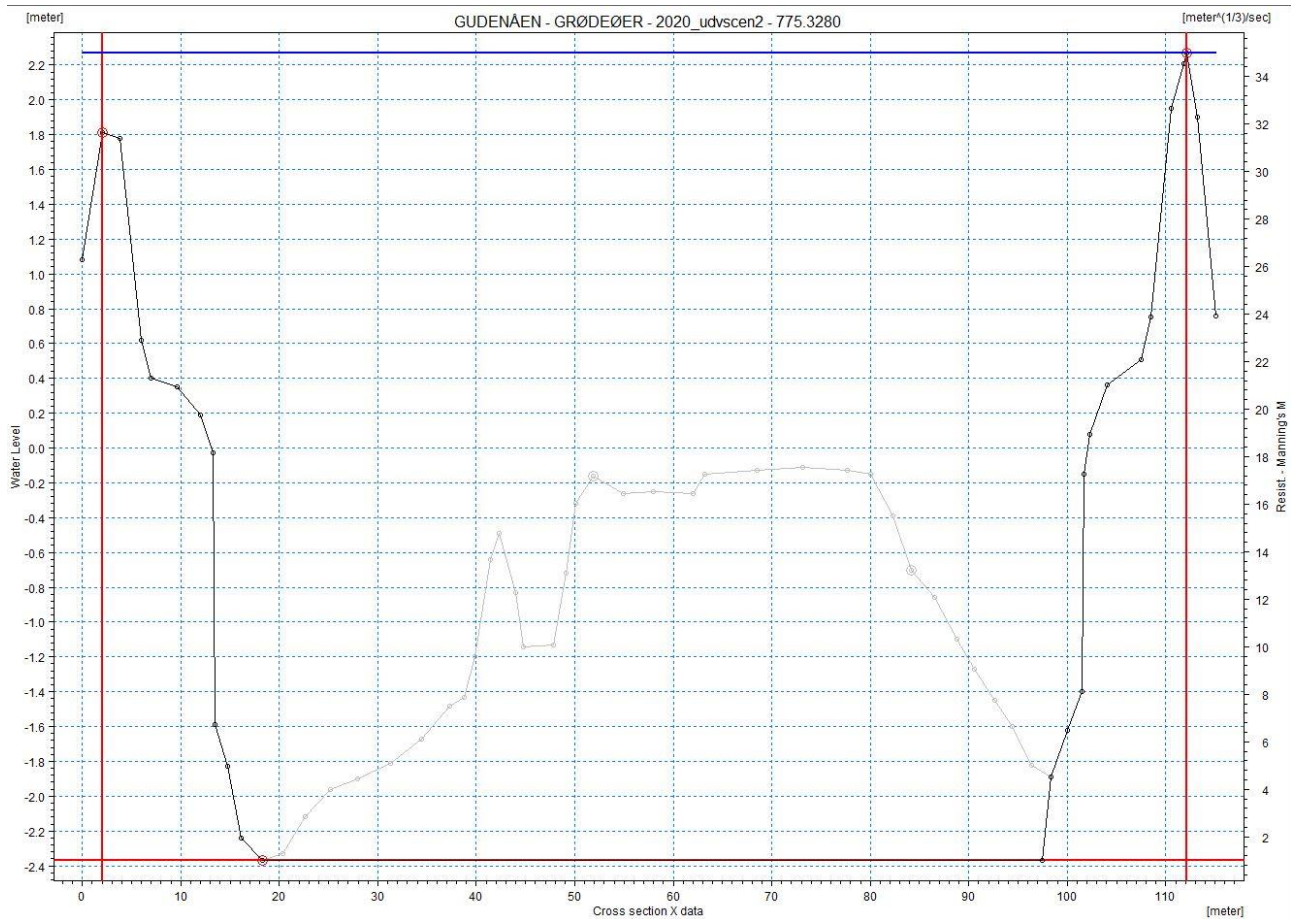
Station 685,64 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



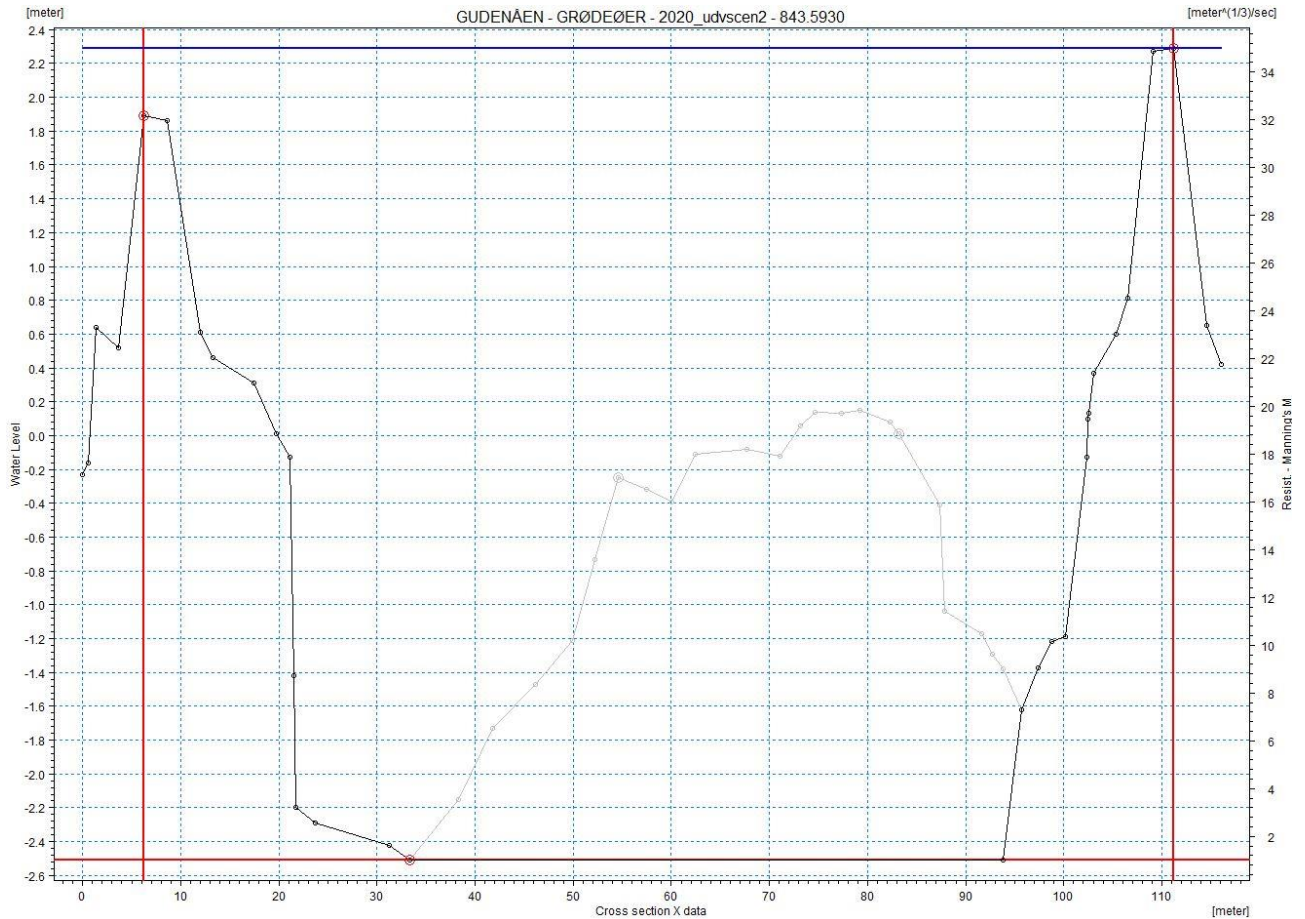
Station 730,68 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



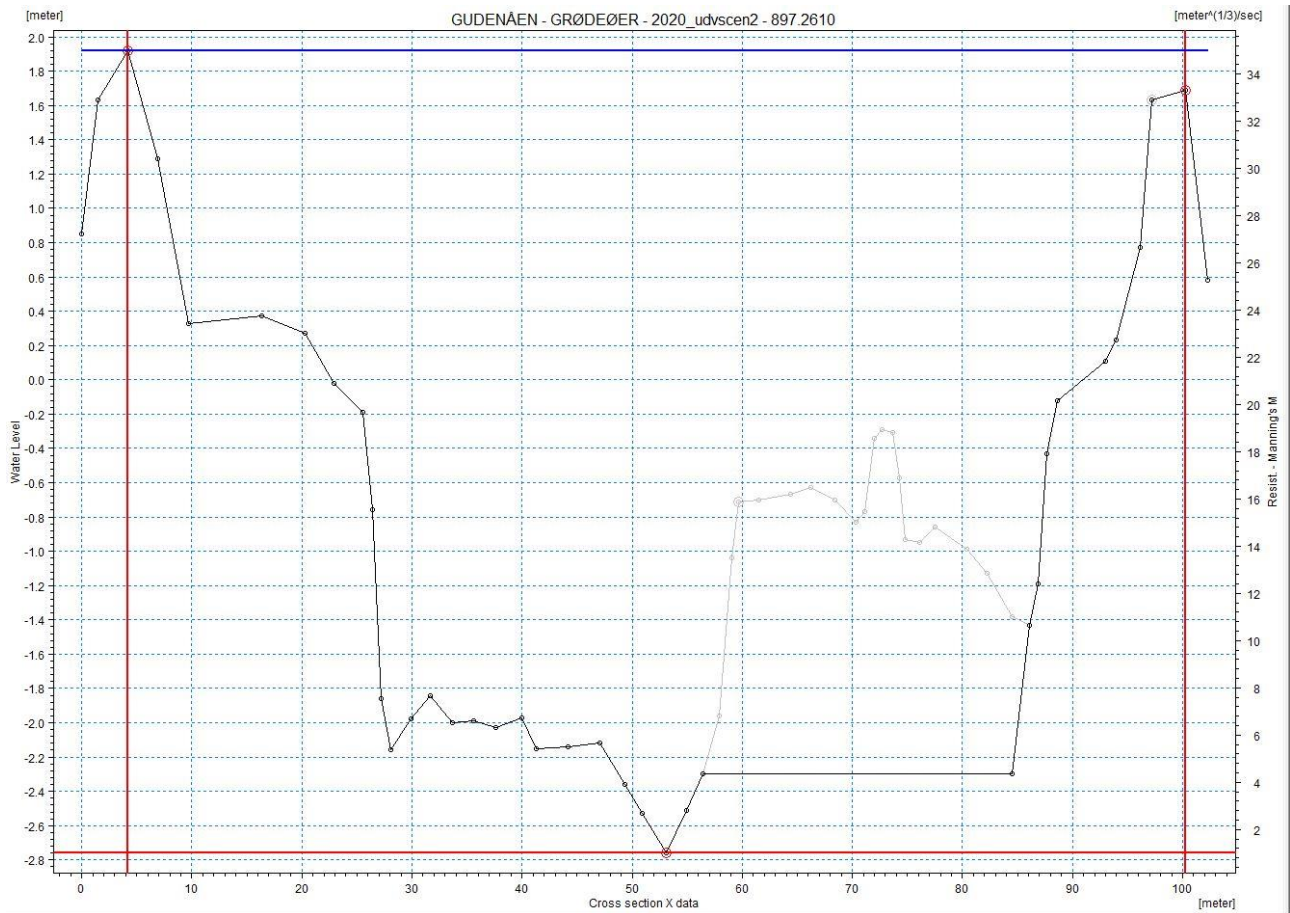
Station 775,33 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



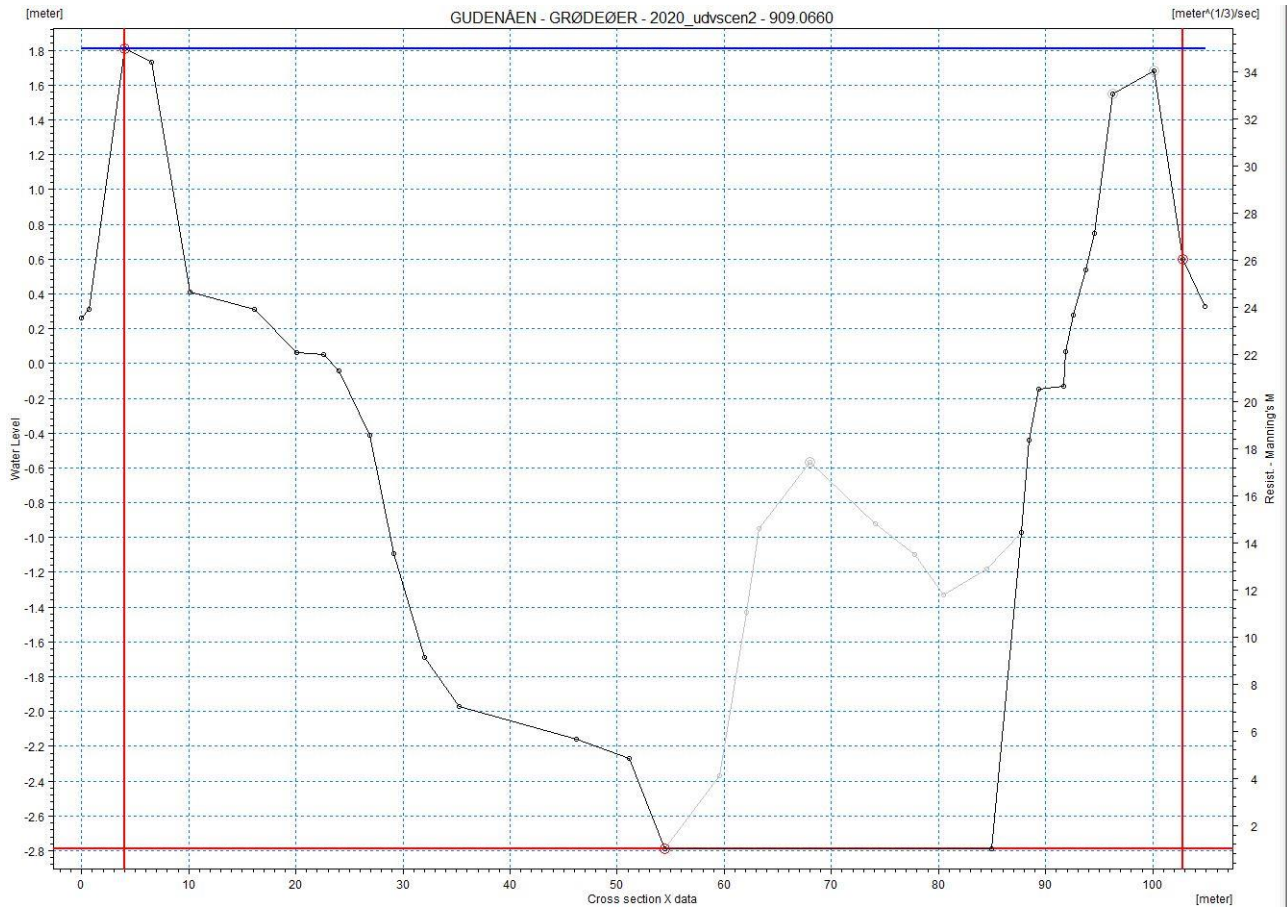
Station 843,59 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



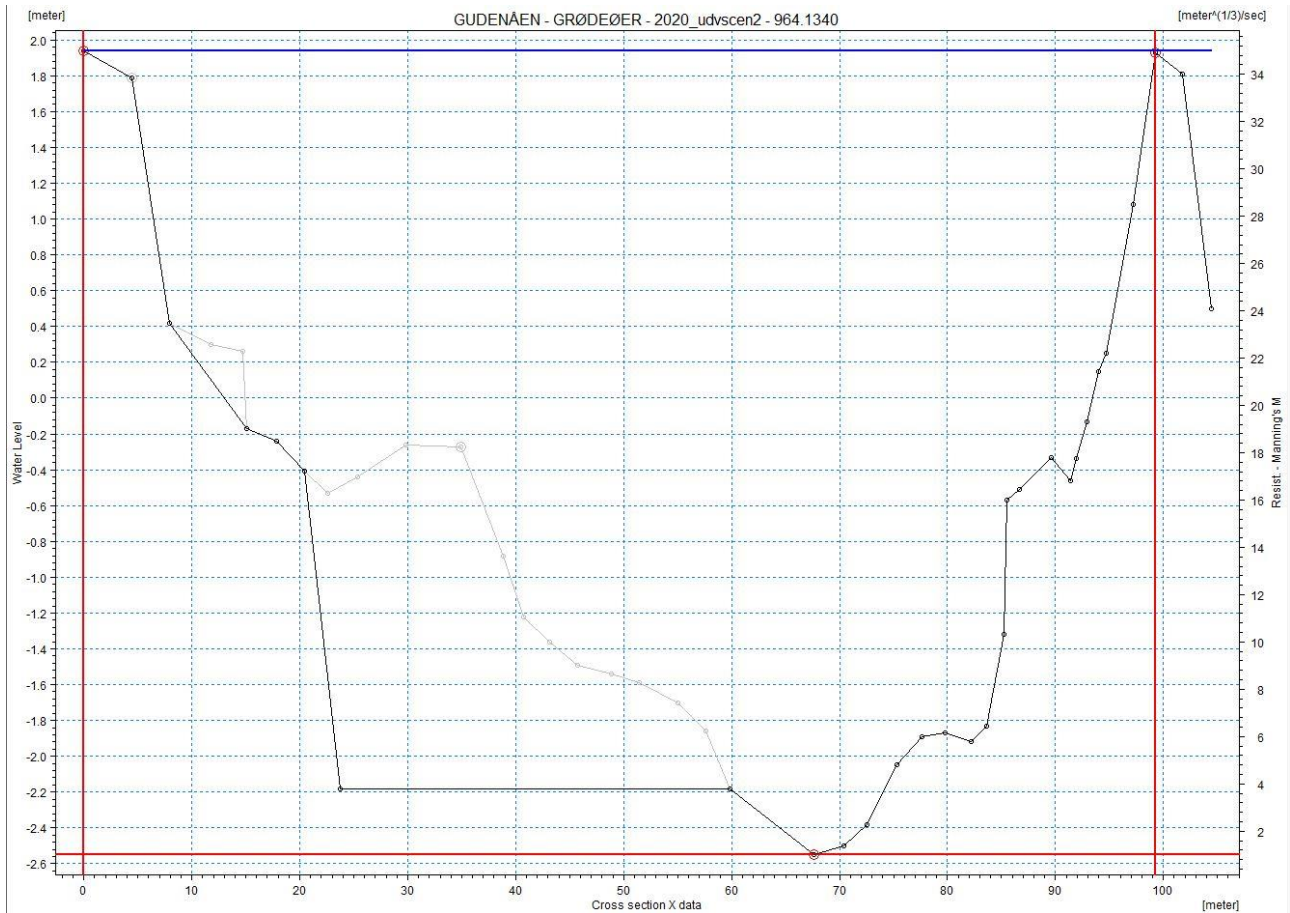
Station 897,26 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



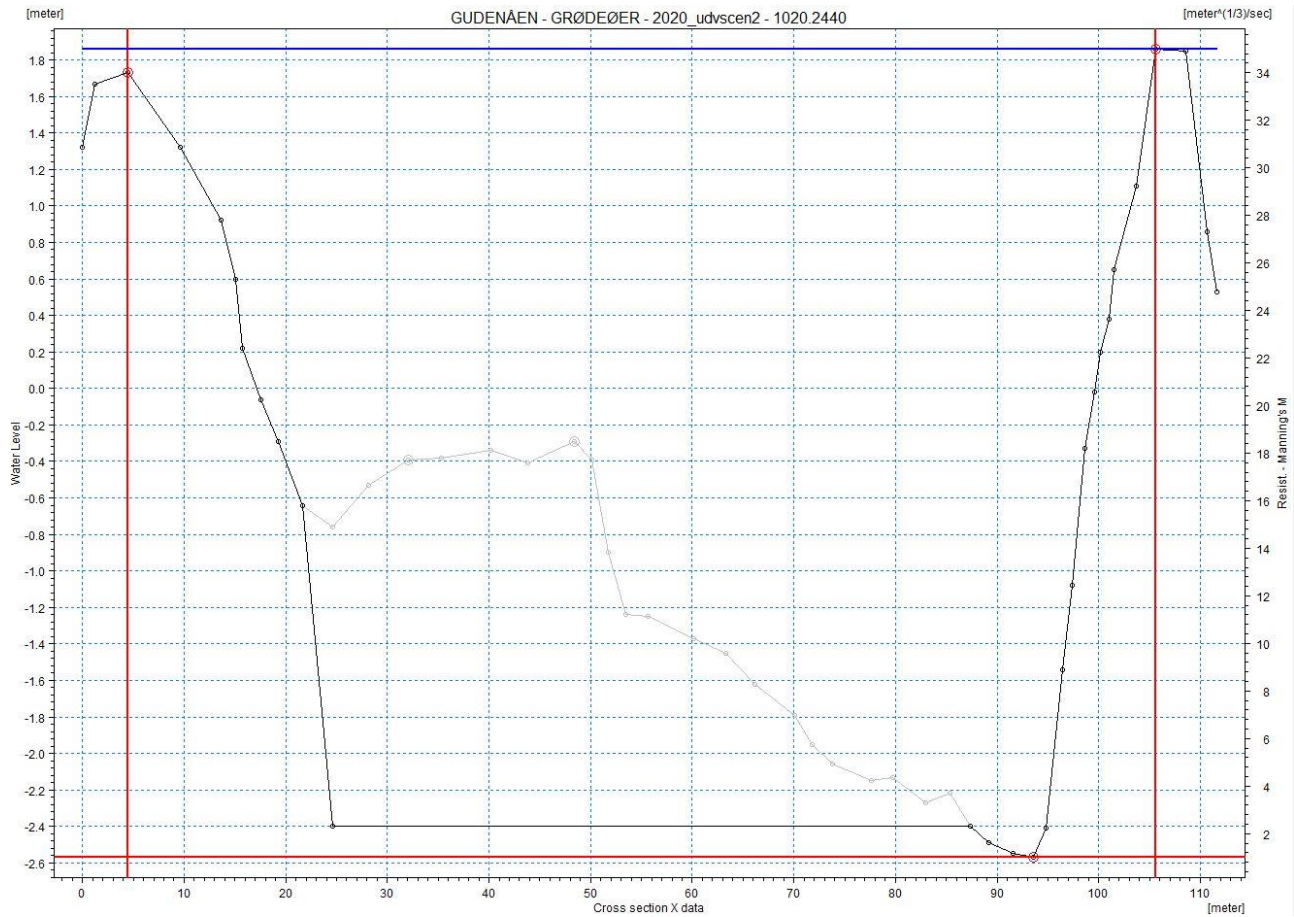
Station 909,07 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



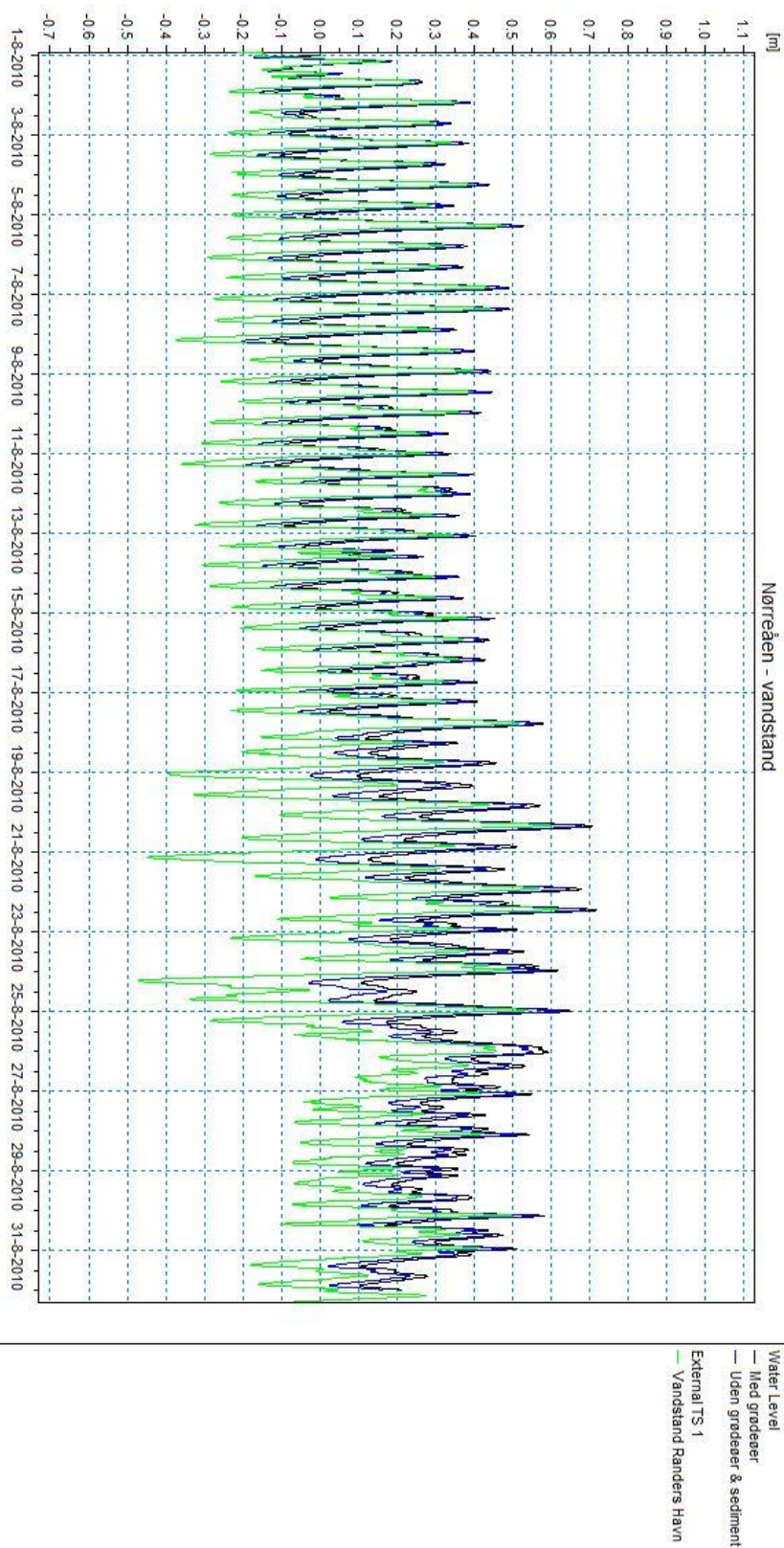
Station 964,13 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



Station 1020,24 – Grå oprindeligt profil (Scenarie 1) og sort profil uden grøder og sediment (Scenarie 2)



BILAG 2. Vandstand i Nørreåen lige før sammenløb med Gudenåen i august 2010.



BILAG 3. Vandstand i Gudenåen opstrøms strækningen ved grødeøer i august 2010.

