



Vannlinjeberegninger i nedre del av Otta



**Oppdragsrapport
2009**

Oppdragsrapport; Vannlinjeberegninger i nedre del av Otta

Utgitt av: Hydrateam AS

Forfattere: Kai Fjelstad
Geir Gautun

Oppdragsgiver: Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB)

Trykk: Hydrateam AS

Opplag: 5

Forsidefoto: Flyfoto av Otta sentrum – fra Norge i Bilder

Sammendrag: Formålet med vannlinjeberegningene i denne rapporten er å kartlegge vannstander ved ulike vannføringer med tanke på minstevannføring forbi planlagt kraftverk i nedre Otta. Det er utført vannlinjeberegninger på fire strekninger mellom Eidefoss kraftverk og Lågen ved Otta sentrum. I tillegg ble det nivellert inn vannstander ved fire forskjellige vannføringer i løpet av måleperioden. Resultatene viser at vannstandsendringen fra 30 til 5 m³/s varierer stort sett fra 40 til 70 cm på de fire strekningene, og med maks differanse på 90 cm.

Emneord: Vannlinjeberegninger, minstevannføring, Otta

Hydrateam AS

Cort Adelersgate 17

Postboks 2512 Solli

0202 Oslo

Telefon: 905 53 197/ 977 53 999

E-post: Post@hydrateam.no

Internett: www.hydrateam.no

Forord

På oppdrag fra Eidsiva Vannkraft og GLB har Hydrateam AS utført oppmålinger av tverrprofiler samt vannlinjeberegninger i nedre del av Otta i samband med planlagt kraftverk. Prosjektområdet strekker seg fra Eidefoss kraftverk ned til Lågen ved Otta sentrum. Området er delt opp i fire strekninger hvor det er gjort vannlinjeberegning på lavvann, samt innmålt vannlinjer ved forskjellige vannføringer.

Oslo, desember 2009

Kai Fjelstad

Innhold

Forord	3
Innhold	4
1 Innledning.....	5
1.1 Bakgrunn.....	5
1.2 Avgrensning av prosjektet	5
1.3 Oppmåling av tverrprofiler	8
2 Beregningsmodellen – HEC-RAS.....	9
2.1 HEC-RAS	9
2.2 Kalibrering av modellen	9
2.2 Grensebetingelser.....	9
3 Resultater.....	11
3.1 Resultater av vannlinjeberegningene	11
3.2 Usikkerhet	15
REFERANSER.....	16
VEDLEGG.....	16

1 Innledning

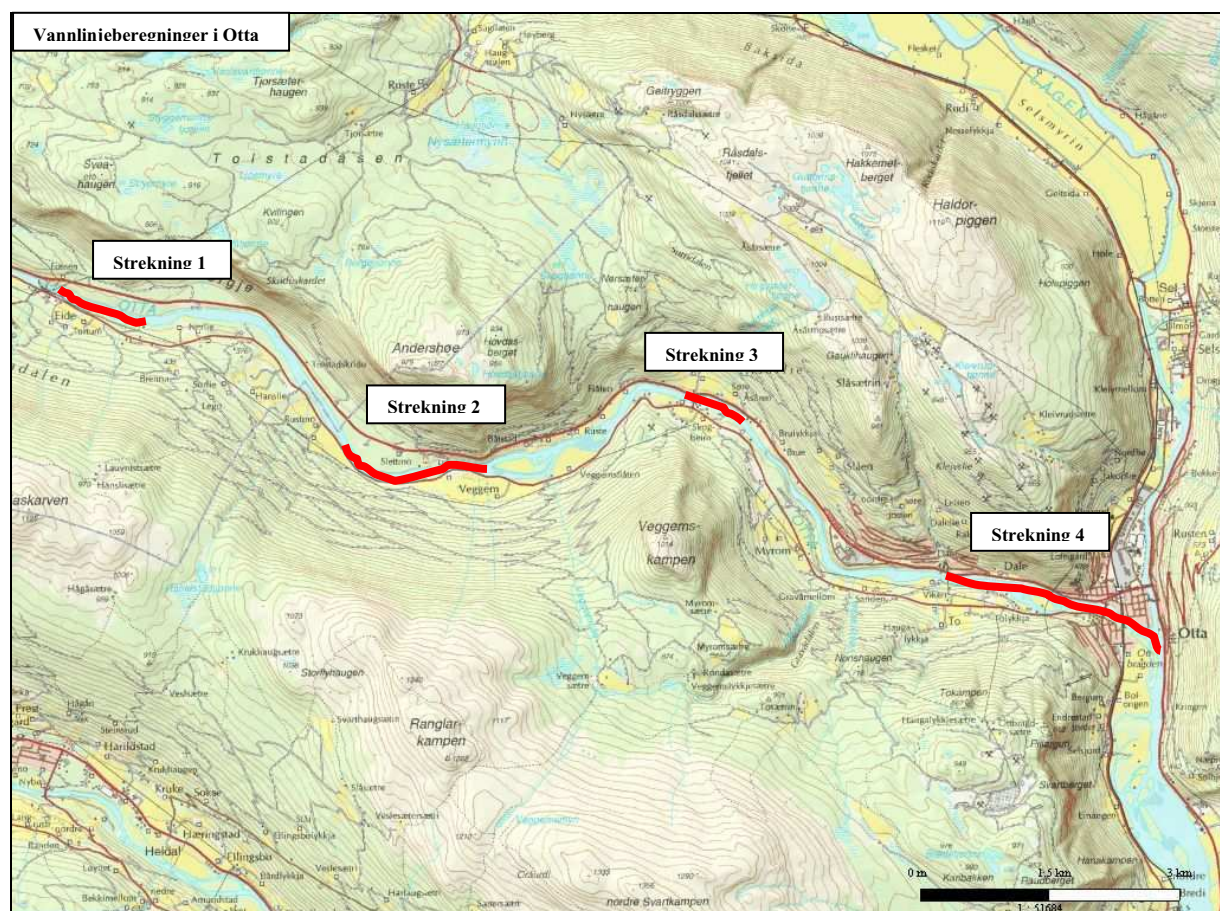
1.1 Bakgrunn

Formålet med vannlinjeberegningene i denne rapporten er å kartlegge vannstander ved ulike vannføringer med tanke på minstevannføring forbi planlagt kraftverk i nedre Otta. I dag er vannføringen sjelden under 20 m³/s i nedre del av Otta på grunn av at de 4 magasinene oppstrøm Otta vanligvis har tapping fram til månedsskiftet april/mai. Resultatene fra vannlinjeberegningen vil kunne brukes for å besvare spørsmål om forholdene langs Otta ved lave vannføringer og bestemmelse av minstevannføring. Rapporten tar ikke for seg miljøkonsekvenser eller andre ulemper som liten vannføring i nedre del av Otta kan medføre.

Prosjektet ble gjennomført av Hydroteam AS. Oppmålingsarbeidet og etterarbeid av data ble utført av Geir Gautun og Kai Fjelstad. I tillegg har både GLB og personell fra Eidefoss kraftverk bidratt i felt og innspill til rapporten. GLB har i tillegg bistått med opplysninger om vannstands- /vannføringsdata for nedre del av Otta og i Lågen ned til Kringen.

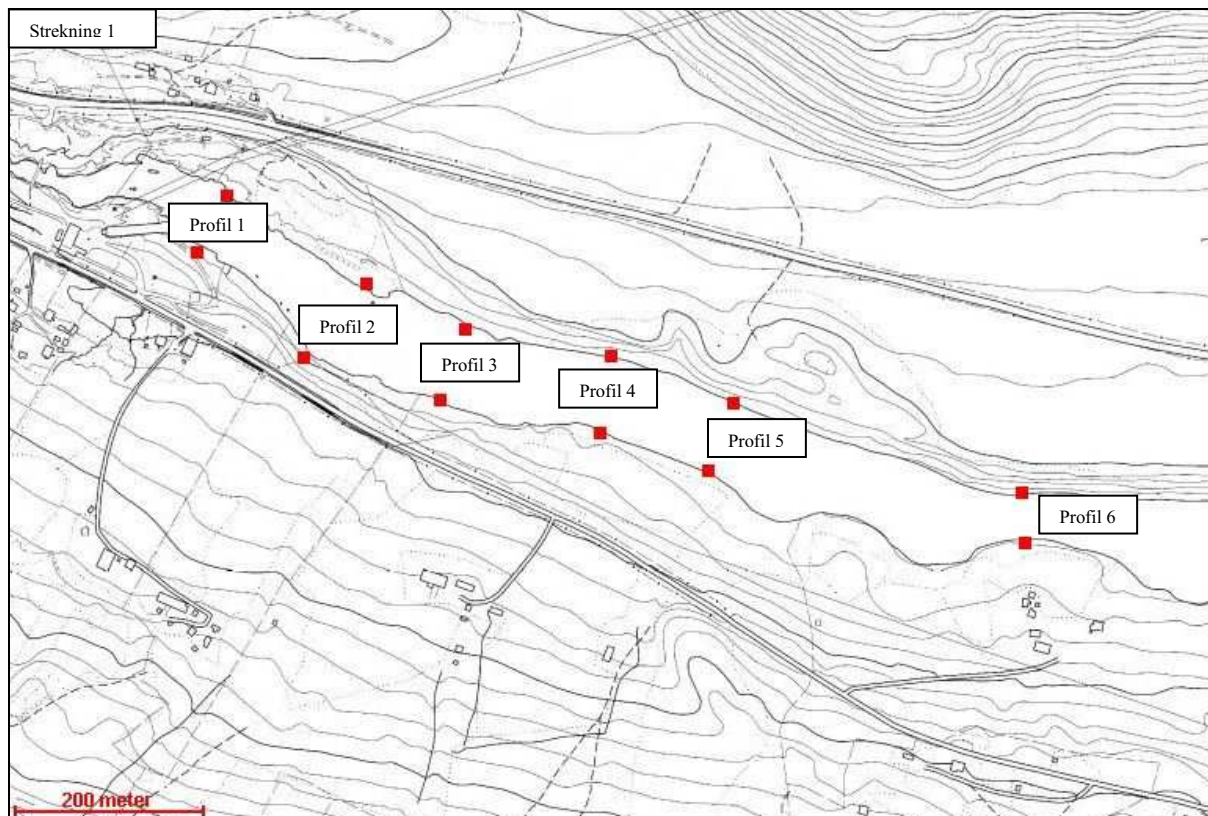
1.2 Avgrensning av prosjektet

Det er utført vannlinjeberegninger på fire strekninger mellom Eidefoss kraftverk og Lågen ved Otta sentrum. Figur 1.1 viser alle fire strekningene. Generelt består elvebunnen av mye grove og store steiner med mye stryk og sterk strøm i enkelte partier. Tverrprofilene ble forsøkt målt inn i viktige partier mht. vannlinjeberegning. Enkelte steder var det for sterk strøm, og på grunne partier var det vanskelig å måle. Stort sett ligger profilene så tett opp til de vanskelige partiene at dette lett kunne kalibreres i vannlinjemodellen.



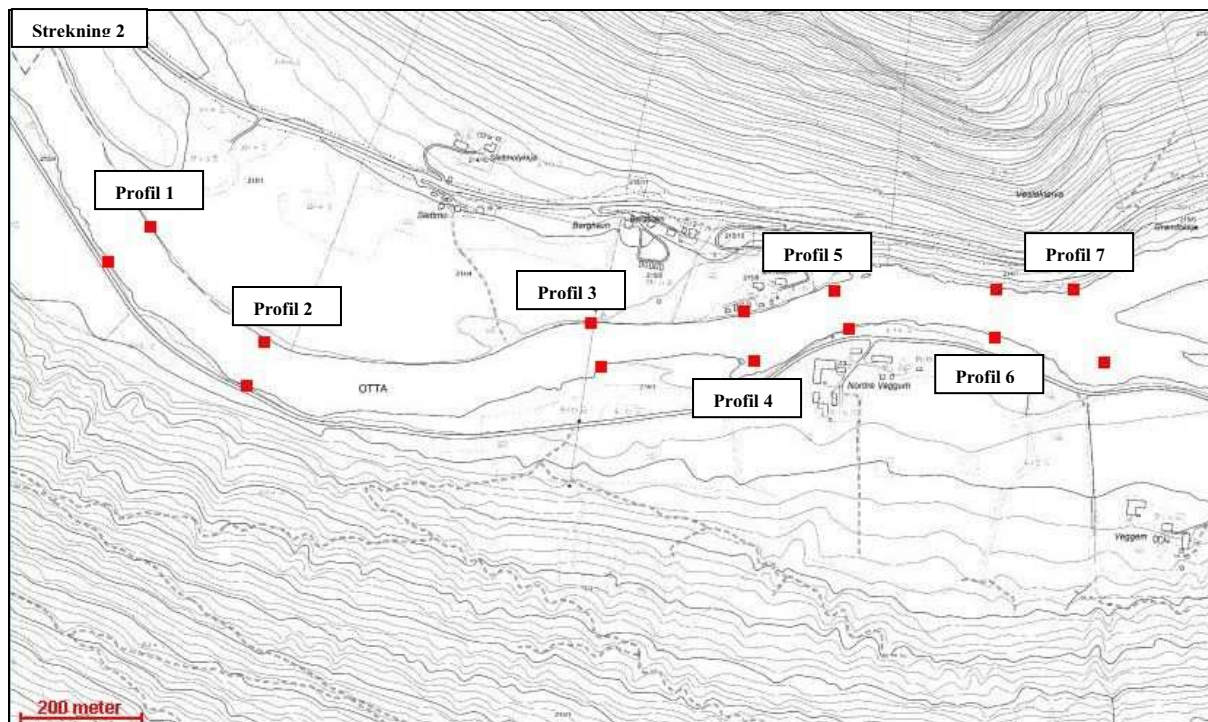
Figur 1.1 Prosjektområde – Vannlinjeberegninger på fire steder i nedre Otta

Første strekningen starter ved undervann Eidefoss kraftverk og går ned mot Nerlien, en strekning på ca 950 meter. Se fig 1.2. Etter undervann Eidefoss kraftverk faller elven mye hele veien og består av store og grove steiner. Til sammen ble det målt inn 6 profiler på denne strekningen. Total fallhøyde fra øverste til nederste profil er ca 4 meter.



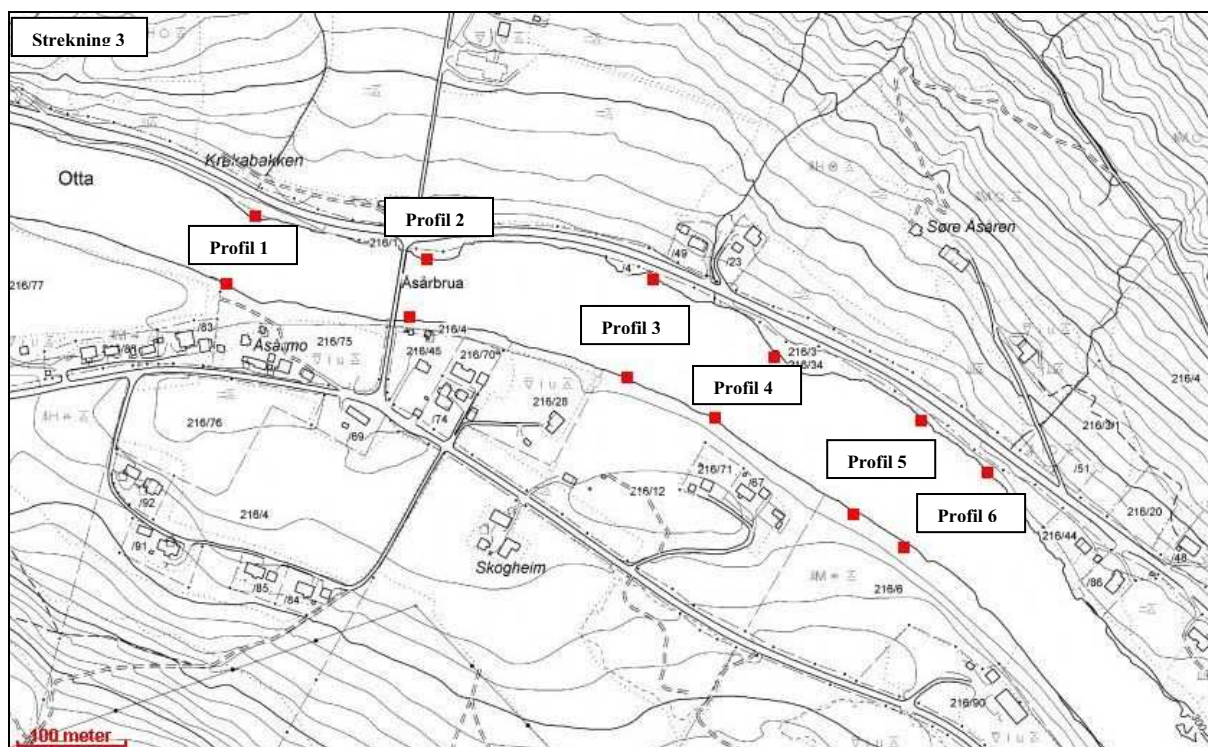
Figur 1.2 Strekning 1 – Eidefoss kraftverk til ca Nerlie

Strekning nummer 2 starter like nedenfor Rustmo og går ned til Veggem der hvor elven deles av en stor elvebanke. Se fig 1.3. Strekningen er på litt over 1,6 km og har en total fallhøyde på ca 7 meter. Elvestrekningen består av store og mindre steiner og faller mye den første kilometeren før den nederst flater ut i et rolig parti. Det ble målt inn færre profiler i øvre delen pga sterk strøm og grunne partier enn i nedre delen. Totalt ble det målt inn 7 profiler.



Figur 1.3 Strekning 2 – Nedenfor Rustmo og ned til Veggem.

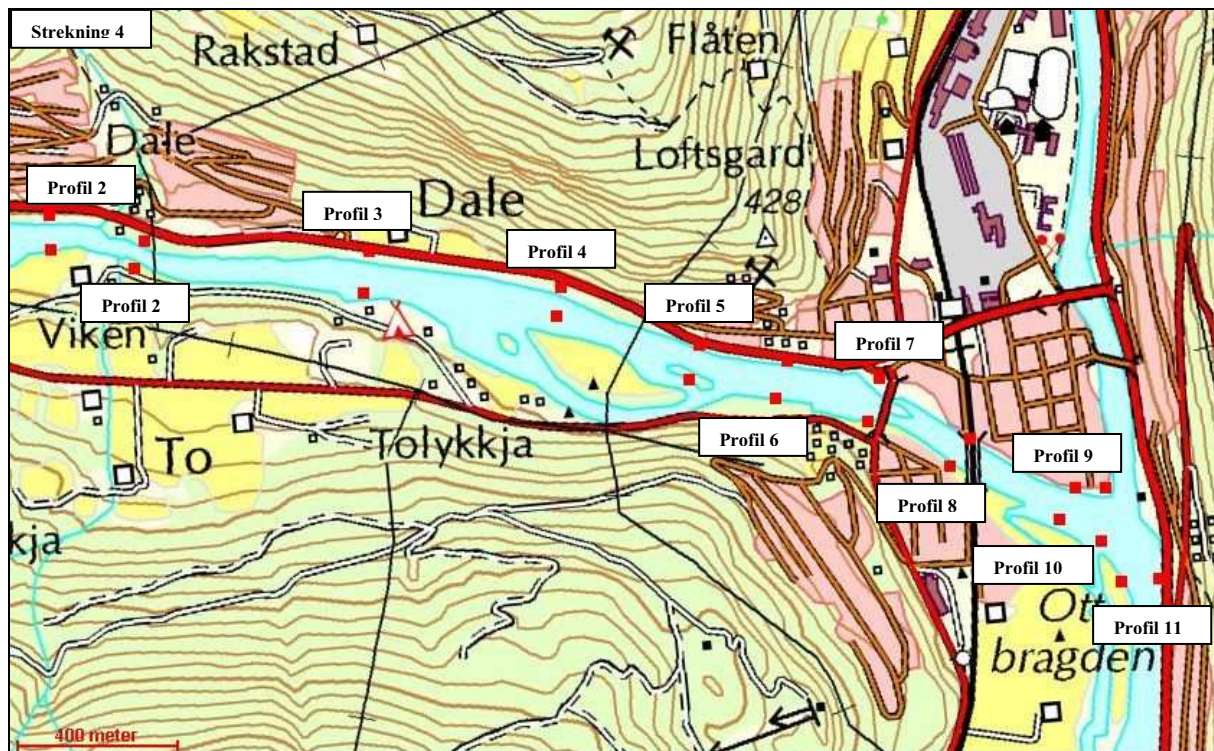
Strekning 3 nedenfor starter like ovenfor Åsåren bru og avsluttes ved avkjøringen til Sør Åsåren gård. Se fig. 1.4. Dette er det korteste partiet for hele prosjektet, kun 700 meter og en fallhøyde på snaut 1,5 meter. Elven går rolig på hele strekningen, stryker bare litt ved brua og spesielt ved flom. 6 tverrprofiler ble målt opp med en god fordeling langs strekningen.



Figur 1.4. Strekning 3 – Ovenfor Åsåren bru og ned til Søndre Åsåren

Nederste strekning 4 starter ved Dale og går helt ned til Lågen, se fig. 1.5. Hele lengden er på nesten 3 km. Strekningen består av flere stryk og har en total fallhøyde på litt over 7 meter før

den munner ut i Lågen. Det ble målt opp 11 profiler, der det siste er i Lågen ca 100 meter nedenfor samløpet med Otta.



Figur 1.5 Strekning 4 – Dale tettsted og ned til Lågen

1.3 Oppmåling av tverrprofiler

En viktig del av prosjektarbeidet er å måle opp tverrprofiler på representative steder langs de aktuelle strekningene. Tverrprofilene bør måles inn der hvor betydning for vannstanden oppstrøms er størst, slik som terskler og trange partier, eller partier med stor fallhøyde, slik som ovenfor og nedenfor stryk. Ofte er det vanskelig å måle der hvor man ønsker på grunn av sterk strøm eller grunne partier. Selv med utfordringer som dette innebærer, ble det målt like i nærheten av viktige partier, og totalt sett har man klart å få til en bra plassering av profilene i Otta. Totalt for hele prosjektet ble det målt 30 tverrprofiler.

Oppmåling av terrenget på land ble utført med Geodimeter (GDM 620) med utgangspunkt i kjente høydebolter langs vassdraget. Arealer som ligger under vann ble målt inn ved hjelp av et dopplerinstrument (ADCP) med GPS utstyr. GPS utstyret måler posisjon i X,Y-plan ved hjelp av EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) navigeringssystem. Systemet gir posisjonsnøyaktighet på +/- 1 meter. Ved gode mottakerforhold vil nøyaktigheten være betydelig bedre. Dopplerinstrumentet brukes vanligvis til å måle vannføring i elver, men måler også bunnen med en meget god presisjon. Bunndataene eller "bottom tracking" fra instrumentet, blir brukt til å komplettere hele tverrprofilet. Metoden går ut på å måle elvebunnen først med dopplerinstrumentet, for så måle terrenget på land på begge sider av elven i etterkant. Bunndataene fra dopplerinstrumentet refereres til vannstanden. Vannstanden ble målt inn fra et lokalt referansepunkt samtidig med profileringsarbeidet, som senere ble målt inn i en kotehøyde. Posisjonen er i UTM-koordinater Sone 32 og høydegrunnlaget er i NN 54.

2 Beregningsmodellen – HEC-RAS

2.1 HEC-RAS

Vannlinjeberegningene er utført ved hjelp av HEC-RAS, versjon 4.0.0. Programmet er utviklet ved US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, og er en av de mest anvendte modellene innen hydrauliske beregninger i naturlige og kanaliserte elver. De viktigste inngangsdataene i modellen er representative tverrprofiler fra elven. Godheten på disse er avgjørende for hvor god modellen blir. Det er lagt inn ekstra profiler som er interpolert mellom de oppmålte tverrprofilene i modellen for å få bedre hydraulisk kontroll med de beregnede vannlinjene.

2.2 Kalibrering av modellen

Modellen er kalibrert etter nivellerte vannstandshøyder i hvert profil med tilhørende vannføring. Vannstandshøyden ble målt inn samtidig med oppmålingsarbeidet. Senere ble det også nivellert inn vannstander på tre ulike vannføringer på alle fire strekningene i Otta. Modellen ble spesielt finjustert etter vannføringen på 31,6 m³/s, som til slutt danner grunnlaget for kalibreringen av alle fire strekningene. Resultatet fra kalibreringene er vist i tabell 2.1.

Strekning 1 ble også kontrollert mot vannføringskurven for undervannet til Eidefoss kraftverk. Beregnet vannlinje stemte meget godt med kurven på 5 og 10 m³/s. Avviket ble 5 – 8 cm ved hhv. 20 og 30 m³/s. Dette vil være en naturlig nivåforskjell siden første vannlinjeprofil ligger 50 – 100 meter nedstrøms undervannsregistreringen der vannføringskurven gjelder. Ved Otta sentrum – strekning 4, ble modellen kontrollert mot en vannføring i Otta på 27,5 m³/s i profil 8 og 11. Det var så å si ingen avvik mellom observert og beregnet vannlinje.

Tabell 2.1 Observasjoner og simulerte vannstander ved 31,6 m³/s på alle 4 strekningene.

	Nivellert vannstand ved 31,6 m ³ /s				Vannstand - beregnet i HEC-RAS			
Strekning	4	3	2	1	4	3	2	1
Profil 1	288,25	300,65	316,69	331,60	288,240	300,641	316,687	331,605
Profil 2	287,50	300,31	315,30	331,55	287,500	300,313	315,295	331,542
Profil 3	286,66	300,05	311,45	331,10	286,660	300,040	311,447	331,100
Profil 4	284,53	299,87	310,92	330,07	284,530	299,871	310,907	330,073
Profil 5	284,14	299,61	310,06	329,44	284,140	299,608	310,060	329,435
Profil 6	283,41	299,21	309,80	327,57	283,400	299,210	309,793	327,570
Profil 7	283,09		309,68		283,090		309,680	
Profil 8	282,35				282,350			
Profil 9	281,6				281,580			
Profil 10	281,23				281,220			
Profil 11	281,14				281,140			

2.2 Grensebetingelser

Å fastsette en grensebetingelse er avgjørende for modellen. I modellen kan man sette en vannstand som en kjent funksjon av en bestemt observert vannføring i det øverste eller

nederste profilet. Man kan også la modellen beregne ut fra kritisk strømning oppstrøms eller nedstrøms et profil. Kriteriet er at vannet går i overkritisk strømning, for eksempel over en foss eller en dam. I Otta går vannet i strykpartier, men det er et problem at det ofte ikke går i overkritisk tilstand ved liten vannføring. Det er også vanskelig å måle inn tverrprofilet ned i stryket der det kan nærme seg kritisk tilstand. Derfor er det beste alternativet i Otta å bruke de nivellerte vannstandshøydene til å konstruere en vannføringskurve i det nederste profilet. Vedlagt ligger alle vannføringskurvene.

På strekning 3 og 4 er det noen bruer, men disse har ingen betydning når det er lite vann i Otta og er derfor ikke lagt inn i modellen.

3 Resultater

3.1 Resultater av vannlinjeberegningene

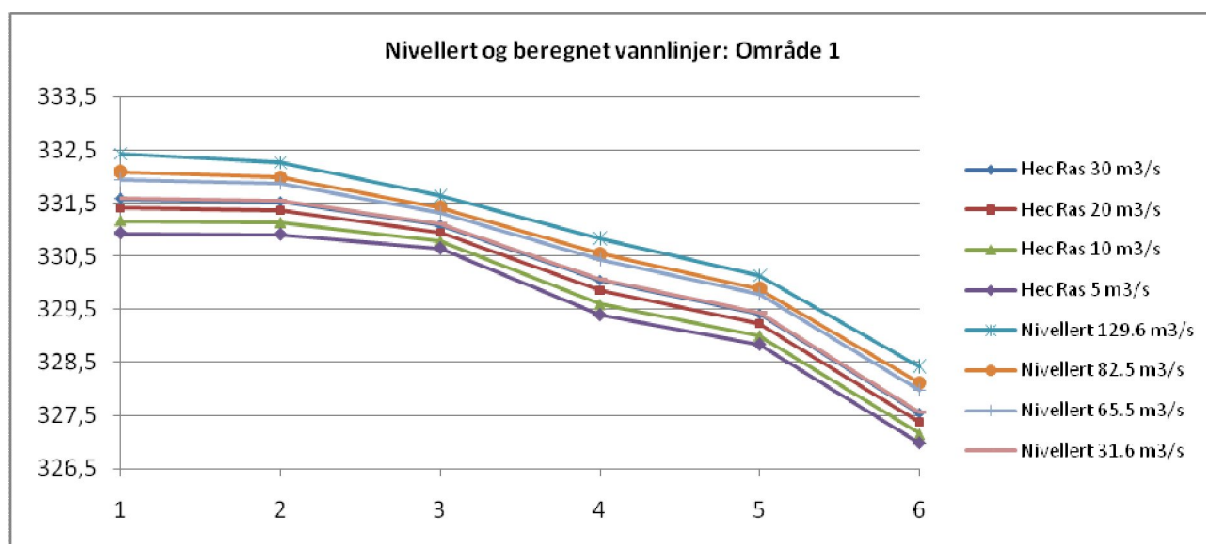
Vannlinjeberegningene er gjort under stasjonær tilstand og tar derfor ikke hensyn til magasinerings effekten langs strekningene. Det er gjort beregning for 5, 10, 20 og 30 m³/s for alle strekningene. Resultatene er presentert både i tabell og plott. Alle nivellerte vannlinjer som er gjort på strekningen i september og oktober 2009, er også presentert sammen med resultatene fra vannlinjeberegningene.

Strekning 1 – Nedenfor Eidefoss kraftverk

I tabell 3.1 og fig. 3.1 vises resultatene fra vannlinjeberegningene samt innmålte vannstandshøyder for strekningen etter Eidefoss kraftverk. Fra plottet ser man at vannstanden synker nokså jevnt nedover fra 30 til 5 m³/s langs strekningen, og at vannstandsendingen ligger i området 50 – 65 cm langs strekningen.

Tabell 3.1 Vannlinjeberegninger og nivellerte vannstandshøyder for strekning 1

	Hec Ras				Nivellert			
	Vannlinjeberegninger Område 1. Ndf. Eidefoss krv.				25.9.09	8.10.09	16.10.09	28.10.09
Vannføring(m ³ /s)	30,00	20,00	10,00	5,00	129,6	82,5	65,5	31,6
Profil 1	331,58	331,41	331,16	330,93	332,43	332,09	331,95	331,60
Profil 2	331,52	331,36	331,13	330,91	332,27	331,98	331,87	331,55
Profil 3	331,08	330,95	330,78	330,64	331,63	331,42	331,32	331,10
Profil 4	330,05	329,85	329,59	329,39	330,84	330,54	330,43	330,07
Profil 5	329,41	329,23	329,01	328,84	330,14	329,89	329,79	329,44
Profil 6	327,55	327,38	327,16	326,99	328,43	328,12	327,98	327,57



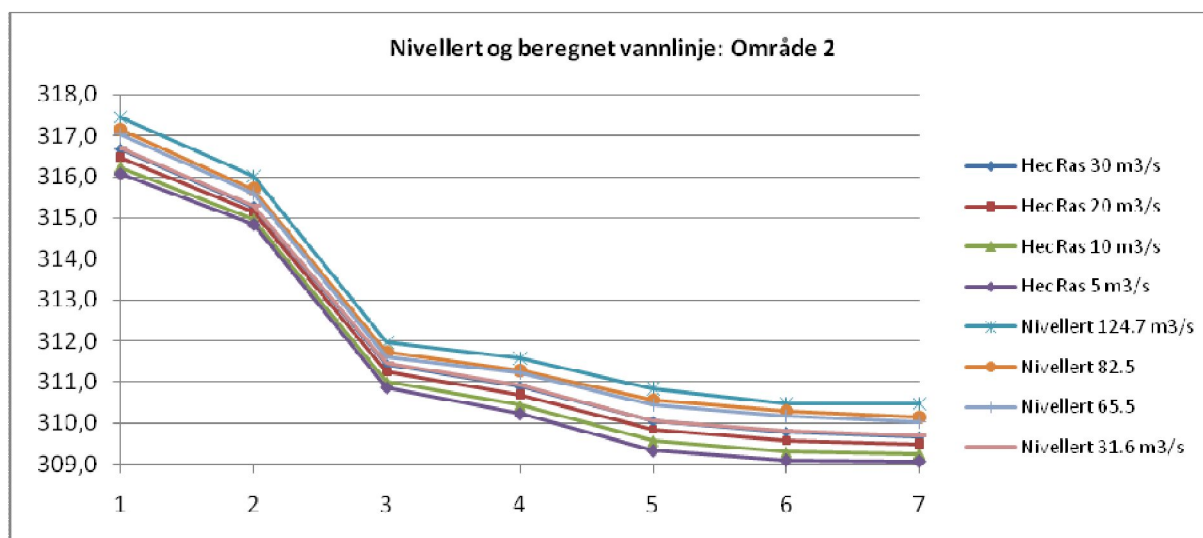
Figur 3.1 Beregnet og nivellert vannstandshøyder i profil 1 til 6 for strekning 1

Strekning 2 – Rustmo/Veggem

I tabell 3.2 og fig. 3.2 vises resultatene fra vannlinjeberegningene og med nivellerte vannstandshøyder for strekningen etter Rustmo og ned til Veggem. Områdene ovenfor og nedenfor stryket viser en vannstandsending mellom 60 – 70 cm med vannføringsvariasjon fra 30 m³/s til 5 m³/s. I selve strykpartiet er naturlig nok litt mindre pga. hastighetshøydeeffekten og ligger i område 40 – 50 cm.

Tabell 3.2 Vannlinjeberegninger og nivellerte vannstandshøyder for strekning 2

	Hec Ras				Nivellert			
	Vannlinjeberegninger. Område 2				24.9.09	8.10.09	16.10.09	28.10.09
Vannføring(m ³ /s)	30,00	20,00	10,00	5,00	124,7	82,5	65,5	31,6
Profil 1	316,66	316,48	316,24	316,07	317,46	317,15	317,02	316,69
Profil 2	315,28	315,14	314,97	314,84	316,02	315,70	315,60	315,30
Profil 3	311,42	311,26	311,02	310,85	311,97	311,73	311,60	311,45
Profil 4	310,88	310,69	310,43	310,21	311,57	311,28	311,23	310,92
Profil 5	310,03	309,84	309,56	309,32	310,84	310,55	310,44	310,06
Profil 6	309,77	309,57	309,30	309,08	310,46	310,29	310,17	309,80
Profil 7	309,66	309,49	309,25	309,06	310,46	310,14	310,01	309,68



Figur 3.2 Beregnet og nivellert vannstandshøyder i profil 1 til 7 for strekning 2

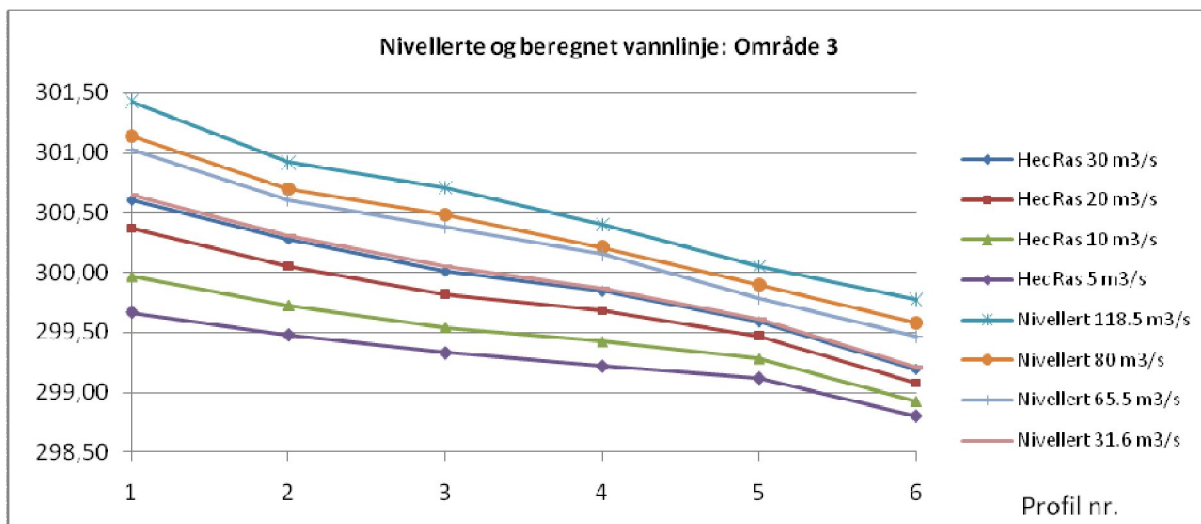
Strekning 3 – Åsåren bru

I tabell 3.3 og fig. 3.3 vises resultatene fra vannlinjeberegningene sammen med de innmålte vannstandshøyder for strekningen like ovenfor Åsåren bru og ned til Sør Åsåren gård.

Vannstandsvariasjonen på strekningen ved vannføringer fra 30 m³/s til 5 m³/s er størst i det øverste profilet med 90 cm og avtar jevnt ned til 40 cm i profil 6. Det betyr at det stryker ganske jevnt etter bruene og nedover, slik at hastighetshøyden på vannet har en større betydning for vannstanden. Området ovenfor bruene blir bestemt av det trange partiet ved bruene.

Tabell 3.3 Vannlinjeberegninger og nivellerte vannstandshøyder for strekning 3

	Hec Ras				Nivellerte vannlinjer			
	Vannlinjeberegning; Område 3				23.9.09	9.10.09	16.10.09	28.10.09
Vannføring(m ³ /s)	30,0	20,0	10	5	118,5	80,0	65,5	31,6
Profil 1	300,61	300,37	299,97	299,67	301,43	301,14	301,03	300,65
Profil 2	300,28	300,05	299,73	299,48	300,92	300,70	300,61	300,31
Profil 3	300,01	299,82	299,54	299,33	300,71	300,48	300,38	300,05
Profil 4	299,85	299,68	299,42	299,22	300,40	300,21	300,15	299,87
Profil 5	299,59	299,47	299,28	299,12	300,05	299,90	299,79	299,61
Profil 6	299,20	299,08	298,92	298,81	299,77	299,58	299,47	299,21



Figur 3.3 Beregnet og nivellert vannstandshøyder i profil 1 til 6 for strekning 3i Otta

Strekning 4 – Otta sentrum

For den siste strekningen ned mot Otta sentrum er det gjort vannlinjeberegninger med ulike vannføringer i Lågen. Grensebetingelsen i modellen er satt i profil 11 i Lågen etter samløp med Otta. Total vannføring i profil 11 blir summen av vannføring i Lågen og i Otta. Det er valgt ut en liten vintervannføring på 3 m³/s i Lågen for å se virkningen på vannstanden oppover i Otta om vinteren. Videre er det for øvrige årstider gjort beregninger for 10, 50 og 100 m³/s i Lågen. Ved større vannføring/flomvannføring vil det også antagelig gå vann forbi planlagt inntak i Otta, som dermed ikke er en så aktuell problemstilling i denne sammenheng.

Tabell 3.4 til 3.5 viser vannlinjeberegninger med en vannføring på 30, 20, 10 og 5 m³/s i Otta og med fire ulike vannføringer i Lågen. Resultatene viser at påvirkningen fra Lågen er forholdsvis moderat selv ved 100 m³/s og strekker seg kun opp til jernbanebrua, profil 8.

Tabell 3.4 Vannlinjeberegninger ved 30 og 20 m³/s i Otta og med 4 ulike vannføringer i Lågen.

	Hec Ras				Hec Ras			
	Strekning 4 - Otta sentrum				Strekning 4 - Otta sentrum			
Q (m³/s) Lågen + Otta	33,0	40,0	80,0	130,0	23,0	30,0	70,0	120,0
Q (m³/s) i Otta	30,0	30,0	30,0	30,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Profil 1	288,21	288,21	288,21	288,21	288,06	288,06	288,06	288,06
Profil 2	287,47	287,47	287,47	287,47	287,27	287,27	287,27	287,27
Profil 3	286,63	286,63	286,63	286,63	286,47	286,47	286,47	286,47
Profil 4	284,50	284,50	284,50	284,50	284,31	284,31	284,31	284,31
Profil 5	284,12	284,12	284,12	284,12	283,99	283,99	283,99	283,99
Profil 6	283,38	283,38	283,38	283,38	283,24	283,24	283,24	283,24
Profil 7	283,07	283,07	283,07	283,07	282,95	282,95	282,95	282,95
Profil 8	282,32	282,32	282,33	282,33	282,14	282,14	282,14	282,15
Profil 9	281,56	281,56	281,63	281,77	281,41	281,42	281,50	281,68
Profil 10	281,14	281,19	281,44	281,69	280,99	281,06	281,36	281,63
Profil 11	281,05	281,11	281,41	281,67	280,93	281,01	281,35	281,62

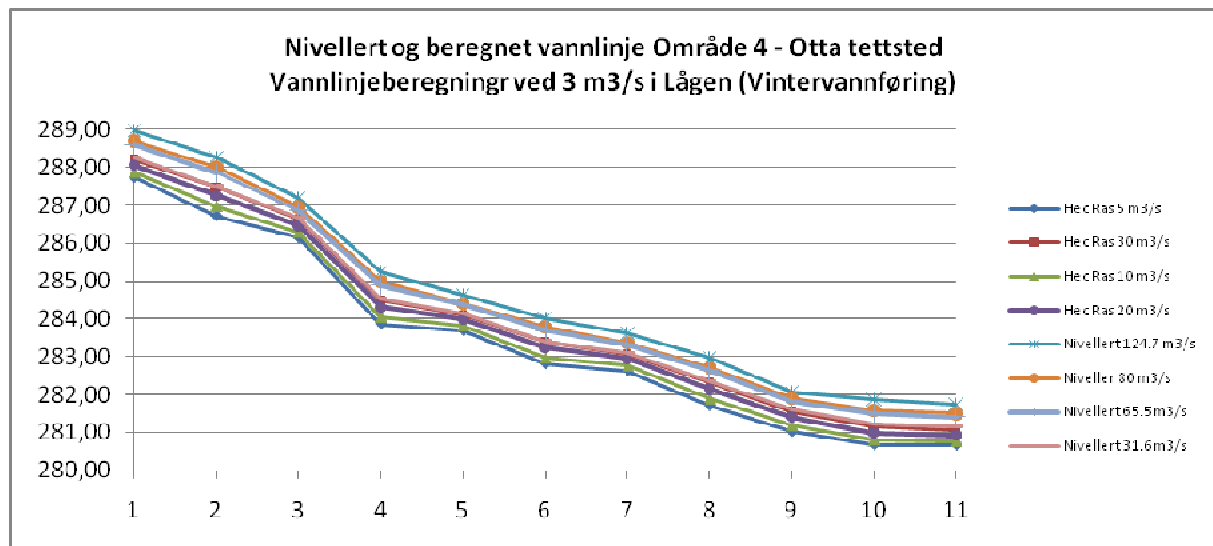
Tabell 3.5 Vannlinjeberegninger ved 10 og 5 m³/s i Otta og med 4 ulike vannføringer i Lågen.

	Hec Ras				Hec Ras			
	Strekning 4 - Otta sentrum				Strekning 4 - Otta sentrum			
Q (m ³ /s) Lågen + Otta	13,0	20,0	60,0	110,0	8,0	15,0	55,0	105,0
Q (m³/s) i Otta	10,0	10,0	10,0	10,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Profil 1	287,87	287,87	287,87	287,87	287,73	287,73	287,73	287,73
Profil 2	286,98	286,98	286,98	286,98	286,72	286,72	286,72	286,72
Profil 3	286,29	286,29	286,29	286,29	286,14	286,14	286,14	286,14
Profil 4	284,05	284,05	284,05	284,05	283,86	283,86	283,86	283,86
Profil 5	283,82	283,82	283,82	283,82	283,69	283,69	283,69	283,69
Profil 6	282,98	282,98	282,98	282,98	282,80	282,80	282,80	282,80
Profil 7	282,76	282,76	282,76	282,76	282,62	282,62	282,62	282,62
Profil 8	281,89	281,89	281,89	281,91	281,70	281,70	281,70	281,73
Profil 9	281,18	281,20	281,35	281,60	281,01	281,00	281,03	281,56
Profil 10	280,80	280,91	281,29	281,58	280,67	280,81	280,35	281,55
Profil 11	280,77	280,89	281,28	281,58	280,66	280,80	280,24	281,55

Tabell 3.6 viser de nivellerte vannstandene som ble gjort i september oktober 2009 sammen med vannlinjeberegninger når det går 3 m³/s i Lågen. Maks vannstandsending ligger mellom 40 – 75 cm med en vannføringsending fra 30 m³/s til 5 m³/s. Men stort sett vil vannstandsendingen ligge på rundt 55 cm i området ved Otta sentrum. I figur 3.4 vises vannlinjene i et plott.

Tabell 3.6 Vannlinjeberegninger og nivellerte vannstandshøyder for strekning 4.

	Hec Ras				Nivellerte høyder med tilhørende vannføring			
	Strekning 4 - Otta sentrum				24.9.09	9.10.09	16.10.09	28.10.09
Q (m ³ /s) Lågen + Otta	33,0	23,0	13,0	8,0	147,2	96,3	83,5	43,0
Q (m³/s) i Otta	30,0	20,0	10,0	5,0	124,7	80,0	65,5	31,6
Profil 1	288,21	288,06	287,87	287,73	288,97	288,70	288,59	288,25
Profil 2	287,47	287,27	286,98	286,72	288,27	288,00	287,86	287,50
Profil 3	286,63	286,47	286,29	286,14	287,20	286,95	286,86	286,66
Profil 4	284,50	284,31	284,05	283,86	285,25	284,98	284,88	284,53
Profil 5	284,12	283,99	283,82	283,69	284,63	284,41	284,37	284,14
Profil 6	283,38	283,24	282,98	282,80	284,01	283,78	283,70	283,41
Profil 7	283,07	282,95	282,76	282,62	283,62	283,37	283,32	283,09
Profil 8	282,32	282,14	281,89	281,70	282,96	282,72	282,64	282,35
Profil 9	281,56	281,41	281,18	281,01	282,06	281,90	281,83	281,60
Profil 10	281,14	280,99	280,80	280,67	281,87	281,58	281,51	281,23
Profil 11	281,05	280,93	280,77	280,66	281,74	281,50	281,41	281,14



3.2 Usikkerhet

Det er flere forhold som bidrar til den resulterende usikkerheten i beregnede vannlinjer i modellen. Det viktigste er å ha et godt profilgrunnlag som gir en god beskrivelse av elven. Det er vanskelig å kunne anslå en kvantitativ usikkerhet på representativiteten til profilene. Ut fra kart og flyfoto av elven vil man kunne danne et bilde hvor god profilet er plassert. Kontrollmålinger av vannstanden med en tilhørende vannføring er nesten en forutsetning for å kunne kalibrere modellen. Kalibreringsdata er også viktig for å bestemme friksjonsfaktoren i modellen. Noe usikkerhet ved innmåling av vannstand, som kan pendle, eller for vannføringen, vil selvfølgelig alltid være der. Generelt bør usikkerheten til målte vannføringer ligge innenfor 2 %, og maks 5 % av vannføringen.

Ut fra erfaringer fra arbeidet med vannlinjeberegninger og flomsoneberegninger ved Otta antydes usikkerheten i vannlinjer til $\pm 10 - 20$ cm i vertikal høyde. Ved lavvannsberegninger vil den antagelig være betydelig mindre.

REFERANSER

Vassdragshåndboka, NVE 1998

HEC-RAS River Analysis System: "Users Manual" Versjon 4.0.0

Flomsonekart – Delprosjekt Otta, Øyvind A. Høydal, NVE Flomsonekart nr. 5/2000

VEDLEGG

Output Tabeller fra HEC RAS for strekning 1 til 4. *Kolonnene i tabellen viser profil nummer, Vannføring, laveste punkt i profilet, beregnet vannlinje, energilinjen, energigradienten, gjennomsnittshastighet, vanndekket areal og bredde på vannflaten i profilet.*

Tverrprofiler – plott fra HEC RAS. *Tverrprofilplottene viser vannstand ved 5, 10, 20 og 30 m³/s.*

Vannføringskurver. *Kurvene ble brukt til å sette nedstrøms grensebetingelse i modellen.*

Output tabell fra HEC RAS. Strekning 1 - Nedenfor Eidefoss kraftverk

Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)
1	5	328.97	330.93	330.93	0.00001	0.11	46.96	46.69
1	10	328.97	331.16	331.16	0.000022	0.17	58.18	49.10
1	20	328.97	331.41	331.41	0.000047	0.28	70.42	49.80
1	30	328.97	331.58	331.59	0.000074	0.38	79.04	50.29
2	5	329.87	330.91	330.91	0.000746	0.35	14.23	27.32
2	10	329.87	331.13	331.14	0.001402	0.45	22.32	47.90
2	20	329.87	331.36	331.38	0.001582	0.58	34.39	54.69
2	30	329.87	331.52	331.54	0.002012	0.67	44.46	67.73
3	5	330.12	330.64	330.65	0.006306	0.46	10.84	45.29
3	10	330.12	330.78	330.79	0.006642	0.56	17.74	57.01
3	20	330.12	330.95	330.98	0.006349	0.72	27.91	60.46
3	30	330.12	331.08	331.12	0.006311	0.84	35.91	61.48
4	5	328.68	329.39	329.40	0.002325	0.35	14.42	40.04
4	10	328.68	329.59	329.60	0.002261	0.44	22.90	43.99
4	20	328.68	329.85	329.87	0.002452	0.58	34.66	46.53
4	30	328.68	330.05	330.07	0.002623	0.69	43.73	47.52
5	5	328.19	328.84	328.84	0.003374	0.38	13.21	42.68
5	10	328.19	329.01	329.02	0.003393	0.48	21.05	48.57
5	20	328.19	329.23	329.25	0.003437	0.62	32.40	50.94
5	30	328.19	329.41	329.44	0.003507	0.72	41.47	52.09
6	5	325.39	326.99	326.99	0.000205	0.18	28.16	34.07
6	10	325.39	327.16	327.16	0.000451	0.29	34.00	34.72
6	20	325.39	327.38	327.39	0.000941	0.48	41.97	35.98
6	30	325.39	327.55	327.57	0.001404	0.63	47.98	36.90

Output tabell fra HEC RAS. Strekning 2 - Rustmo/Veggem

Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)
1	5	315.31	316.07	316.07	0.000605	0.22	22.58	47.95
1	10	315.31	316.24	316.24	0.000924	0.32	31.00	51.40
1	20	315.31	316.48	316.49	0.001356	0.45	44.47	59.74
1	30	315.31	316.66	316.68	0.001744	0.53	56.36	71.01
2	5	314.38	314.84	314.85	0.004887	0.41	12.11	50.77
2	10	314.38	314.97	314.98	0.005074	0.53	18.86	55.82
2	20	314.38	315.14	315.17	0.005243	0.69	29.11	59.85
2	30	314.38	315.28	315.31	0.005333	0.81	37.24	61.01
3	5	310.25	310.85	310.87	0.004032	0.56	8.86	34.76
3	10	310.25	311.02	311.04	0.003414	0.67	14.98	40.25
3	20	310.25	311.26	311.29	0.002833	0.75	26.79	52.82
3	30	310.25	311.42	311.46	0.002548	0.84	35.60	54.03
4	5	309.61	310.21	310.22	0.003317	0.45	11.13	28.72
4	10	309.61	310.43	310.44	0.003816	0.55	18.32	39.19
4	20	309.61	310.69	310.71	0.003956	0.66	30.46	50.63
4	30	309.61	310.88	310.91	0.003821	0.74	40.47	54.62
5	5	308.70	309.32	309.34	0.005746	0.72	6.97	18.27
5	10	308.70	309.56	309.60	0.005652	0.82	12.14	25.51
5	20	308.70	309.84	309.88	0.006344	0.87	22.93	48.27
5	30	308.70	310.03	310.07	0.005147	0.91	32.81	54.99
6	5	307.38	309.08	309.08	0.000034	0.10	49.80	52.97
6	10	307.38	309.30	309.30	0.00007	0.16	61.30	54.32
6	20	307.38	309.57	309.57	0.000143	0.26	76.73	57.55
6	30	307.38	309.77	309.77	0.000213	0.34	88.19	59.57
7	5	308.09	309.06	309.06	0.000448	0.27	18.23	34.66
7	10	308.09	309.25	309.26	0.00069	0.40	25.25	38.26
7	20	308.09	309.49	309.51	0.001107	0.57	35.07	43.83
7	30	308.09	309.66	309.68	0.001634	0.69	43.64	55.19

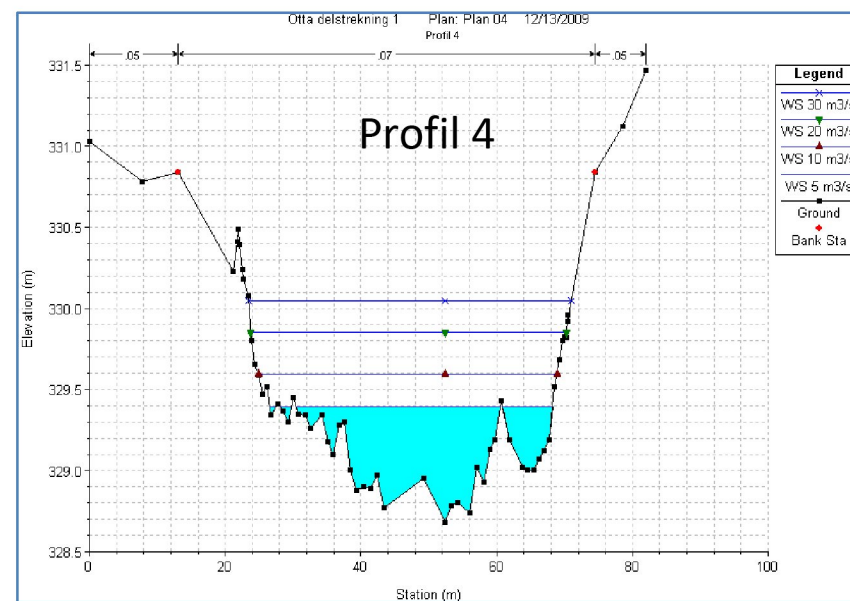
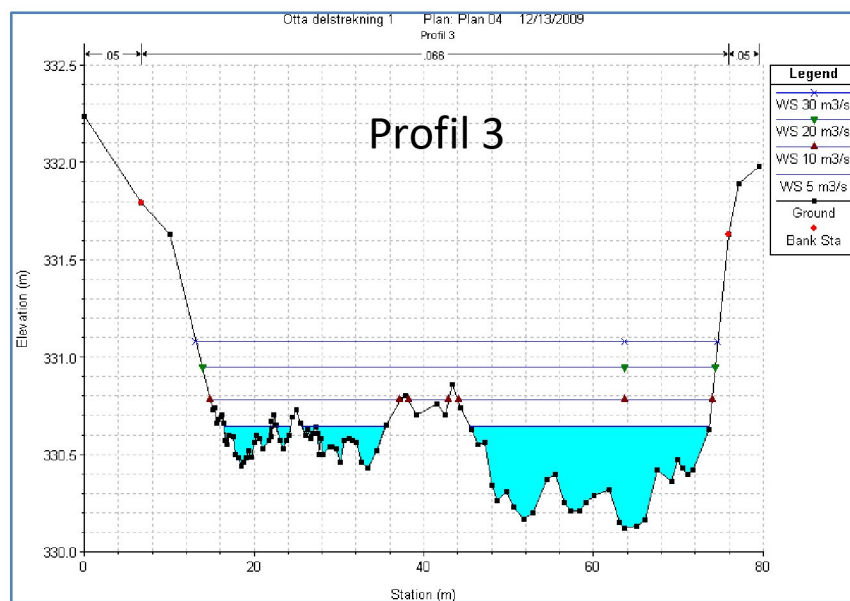
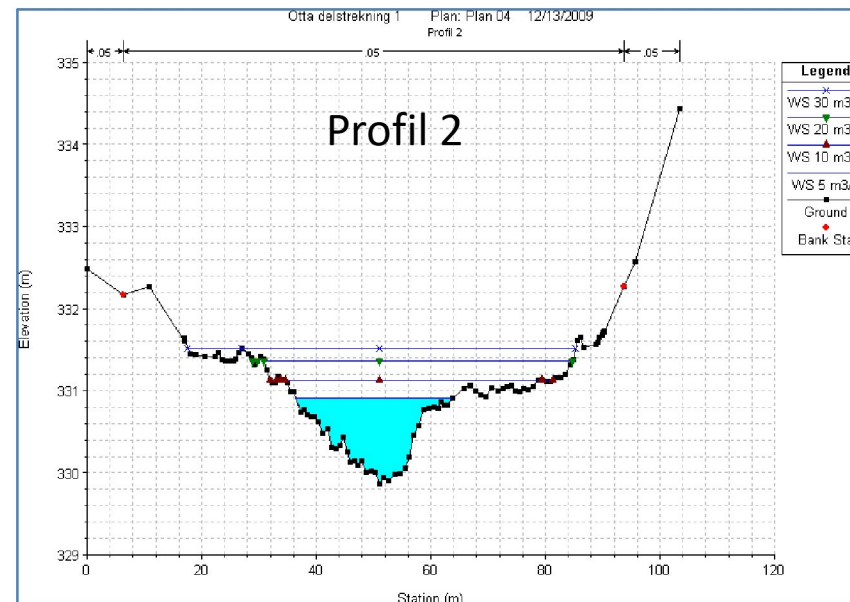
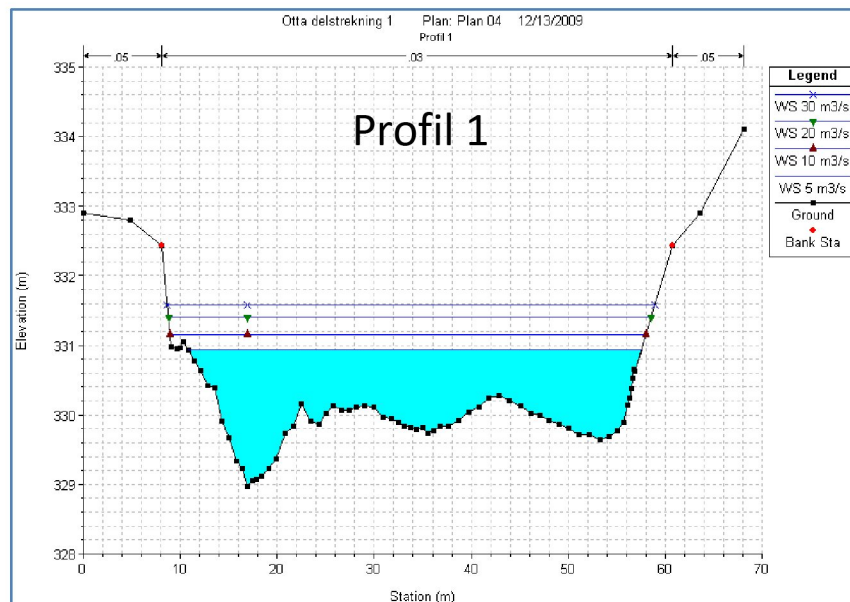
Output tabell fra HEC RAS. Strekning 3 - Åsåren bru

Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)
1	5	298.57	299.67	299.67	0.001011	0.33	15.35	23.02
1	10	298.57	299.97	299.98	0.001496	0.42	23.92	33.13
1	20	298.57	300.37	300.38	0.001819	0.49	40.87	51.87
1	30	298.57	300.61	300.62	0.001821	0.55	54.17	57.11
2	5	298.22	299.48	299.48	0.000327	0.20	24.59	32.79
2	10	298.22	299.73	299.73	0.000565	0.30	33.30	37.01
2	20	298.22	300.05	300.06	0.000877	0.44	45.72	39.92
2	30	298.22	300.28	300.30	0.00112	0.54	55.09	41.59
3	5	298.69	299.33	299.33	0.000781	0.20	25.26	66.45
3	10	298.69	299.54	299.55	0.00073	0.25	39.65	68.87
3	20	298.69	299.82	299.83	0.000834	0.34	59.70	74.74
3	30	298.69	300.01	300.02	0.000945	0.40	74.21	76.96
4	5	297.83	299.22	299.22	0.000613	0.24	21.26	40.65
4	10	297.83	299.42	299.43	0.000953	0.33	30.09	47.64
4	20	297.83	299.68	299.69	0.001356	0.46	43.87	56.13
4	30	297.83	299.85	299.86	0.001664	0.56	53.44	58.33
5	5	298.59	299.12	299.12	0.002201	0.31	16.21	51.79
5	10	298.59	299.28	299.29	0.002588	0.38	25.99	67.38
5	20	298.59	299.47	299.48	0.003161	0.48	41.26	87.83
5	30	298.59	299.59	299.61	0.003395	0.58	51.87	89.40
6	5	298.30	298.81	298.81	0.003471	0.32	15.52	65.42
6	10	298.30	298.92	298.93	0.004175	0.42	24.00	78.97
6	20	298.30	299.08	299.09	0.00423	0.55	36.68	81.39
6	30	298.30	299.20	299.22	0.004518	0.65	46.23	82.96

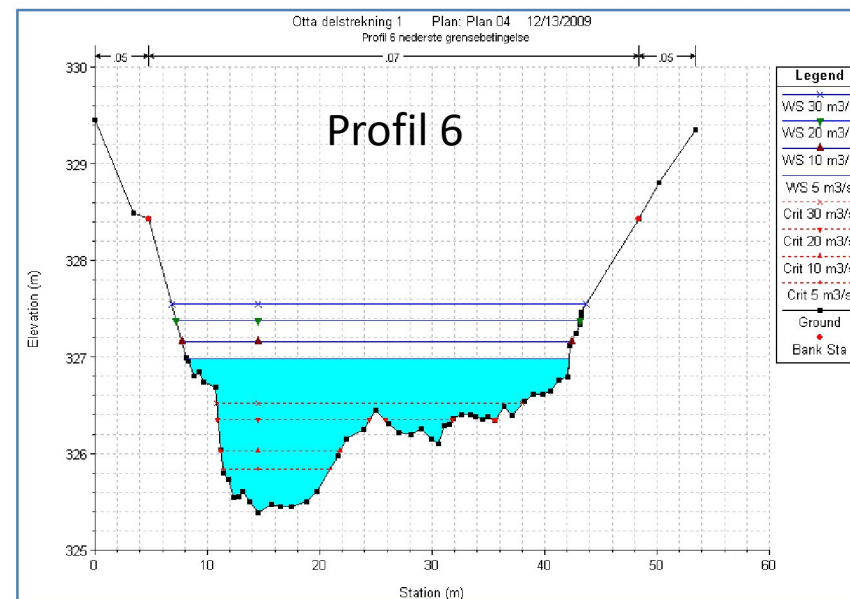
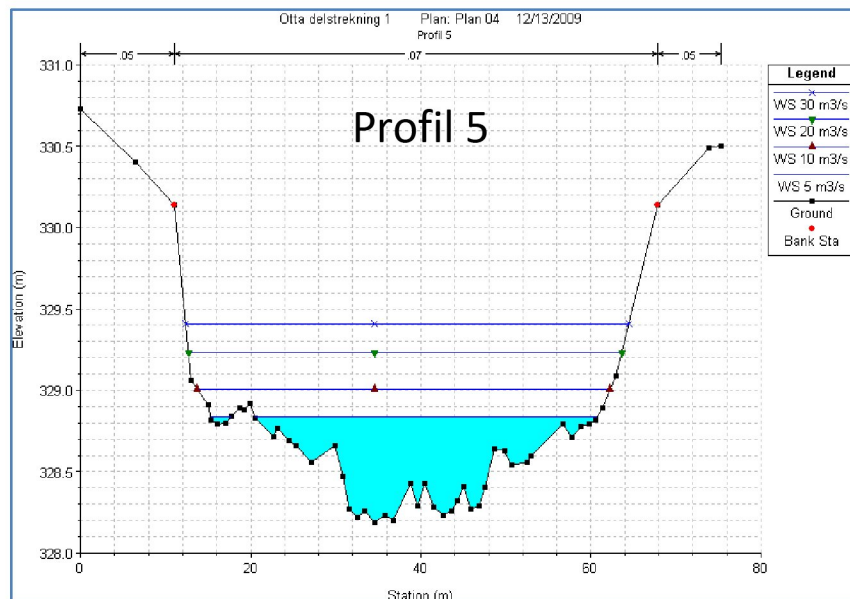
Output tabell fra HEC RAS. Strekning 4 - Otta sentrum

Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)
1	5	287.25	287.73	287.74	0.01	0.38	13.10	56.42
1	10	287.25	287.87	287.89	0.00	0.46	21.55	62.30
1	20	287.25	288.06	288.08	0.00	0.60	33.43	64.74
1	30	287.25	288.21	288.24	0.00	0.69	43.51	66.99
2	5	285.86	286.72	286.72	0.00	0.26	19.26	33.80
2	10	285.86	286.98	286.98	0.00	0.35	28.32	38.68
2	20	285.86	287.27	287.28	0.00	0.49	40.65	44.13
2	30	285.86	287.47	287.49	0.001077	0.60	50.34	49.98
3	5	285.58	286.14	286.15	0.004973	0.44	11.28	45.02
3	10	285.58	286.29	286.30	0.004849	0.54	18.62	54.59
3	20	285.58	286.47	286.49	0.005413	0.67	29.65	67.28
3	30	285.58	286.63	286.66	0.005465	0.72	41.61	86.64
4	5	282.75	283.86	283.86	0.00008	0.17	30.18	39.02
4	10	282.75	284.05	284.05	0.000162	0.26	37.82	41.34
4	20	282.75	284.31	284.32	0.000325	0.41	48.93	46.90
4	30	282.75	284.50	284.51	0.000462	0.51	58.30	51.52
5	5	283.19	283.69	283.69	0.003923	0.33	15.02	65.91
5	10	283.19	283.82	283.83	0.00353	0.41	24.33	71.93
5	20	283.19	283.99	284.00	0.003929	0.55	36.65	76.71
5	30	283.19	284.12	284.14	0.004042	0.64	46.63	78.71
6	5	282.09	282.80	282.81	0.000203	0.29	17.01	34.59
6	10	282.09	282.98	282.98	0.00036	0.43	23.49	42.10
6	20	282.09	283.24	283.25	0.00049	0.54	36.70	57.16
6	30	282.09	283.38	283.40	0.000723	0.65	46.29	74.45
7	5	282.16	282.62	282.64	0.004548	0.51	9.83	42.28
7	10	282.16	282.76	282.78	0.004284	0.61	16.36	51.19
7	20	282.16	282.95	282.97	0.004767	0.74	26.96	68.56
7	30	282.16	283.07	283.11	0.004996	0.81	37.04	86.27
8	5	281.03	281.70	281.71	0.001303	0.29	17.36	51.95
8	10	281.03	281.89	281.89	0.001297	0.36	27.75	59.13
8	20	281.03	282.14	282.15	0.001326	0.45	44.21	68.36
8	30	281.03	282.32	282.34	0.001326	0.53	56.86	71.09
9	5	280.40	281.01	281.03	0.01109	0.58	8.66	32.28
9	10	280.40	281.18	281.21	0.010668	0.67	14.84	42.65
9	20	280.40	281.41	281.44	0.008765	0.73	27.29	59.87
9	30	280.40	281.56	281.59	0.008284	0.83	36.36	64.04
10	5	279.45	280.67	280.67	0.000227	0.15	32.57	60.32
10	10	279.45	280.80	280.80	0.000493	0.25	40.68	66.44
10	20	279.45	280.99	281.00	0.001024	0.36	55.50	88.41
10	30	279.45	281.14	281.15	0.001285	0.43	69.67	100.68
11	5	279.58	280.66	280.66	0.00003	0.09	56.39	78.13
11	10	279.58	280.77	280.77	0.000078	0.15	65.09	79.88
11	20	279.58	280.93	280.93	0.000174	0.26	77.92	81.32
11	30	279.58	281.05	281.06	0.000266	0.34	87.98	82.37

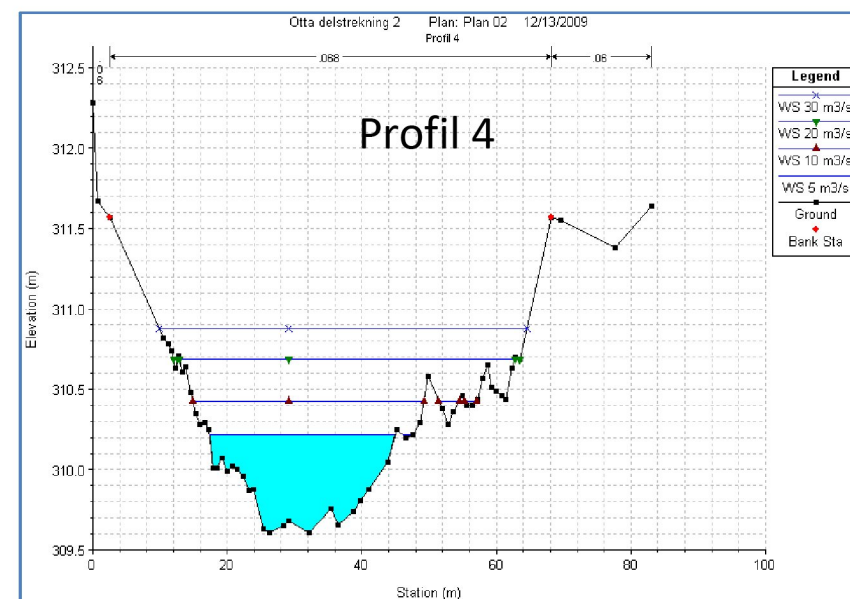
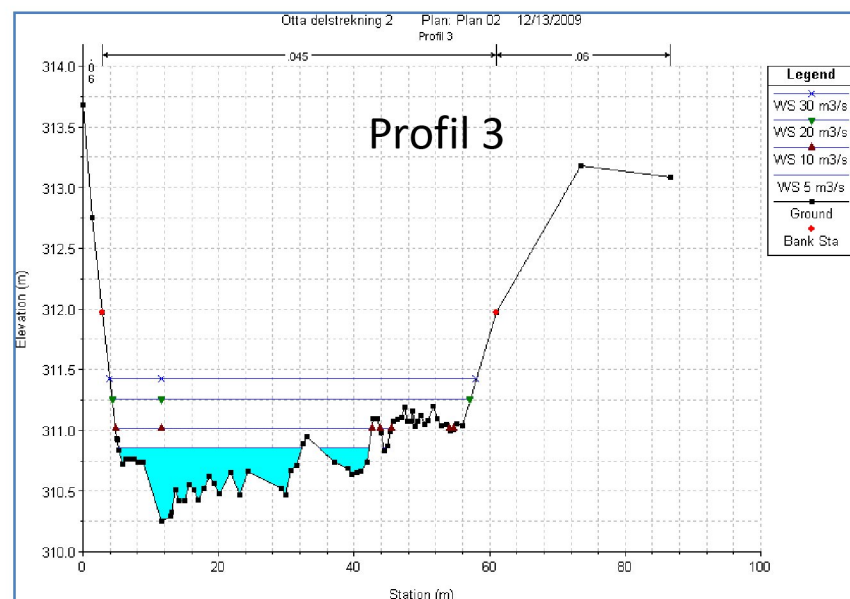
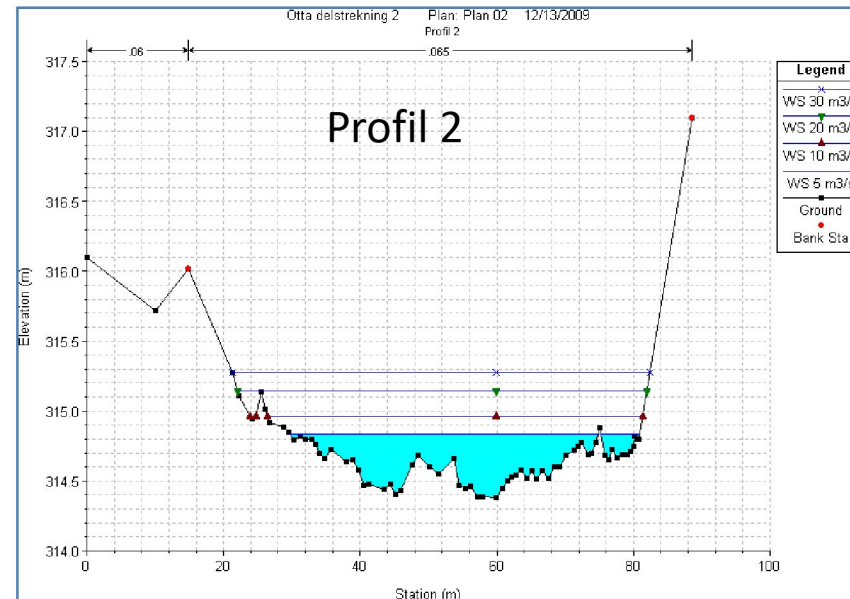
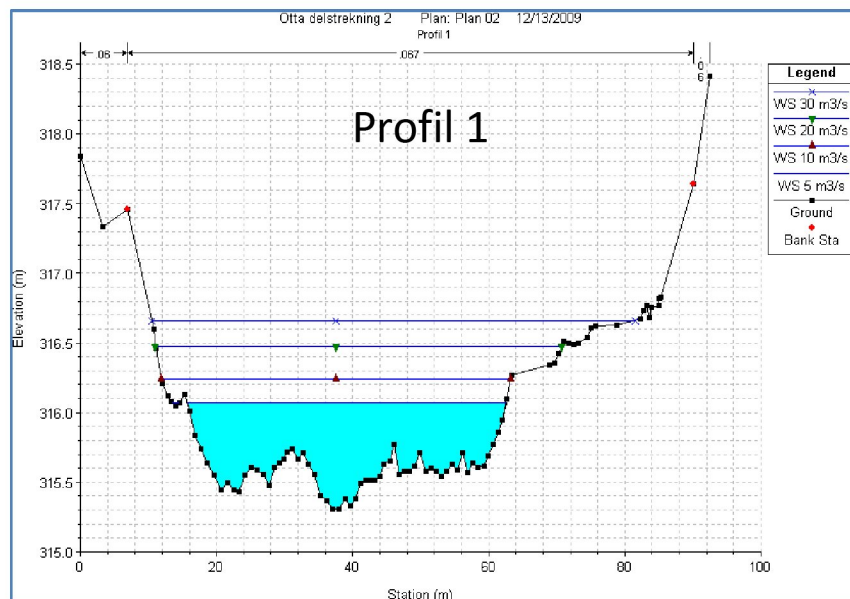
Vannlinjeberegninger Otta. Strekning 1



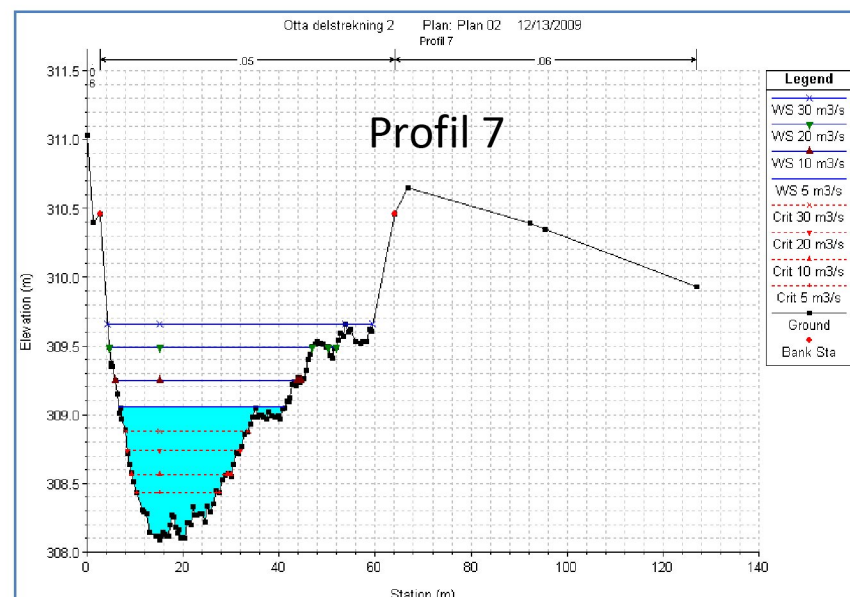
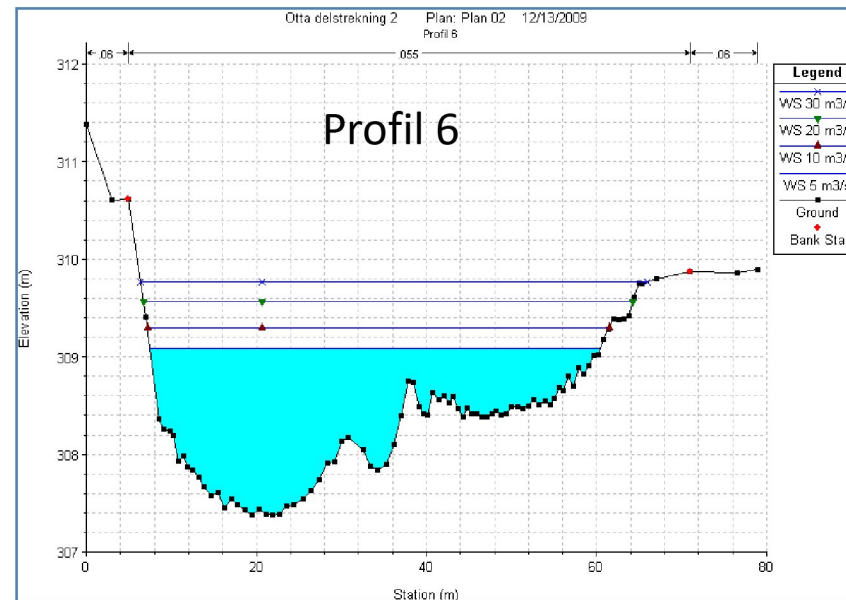
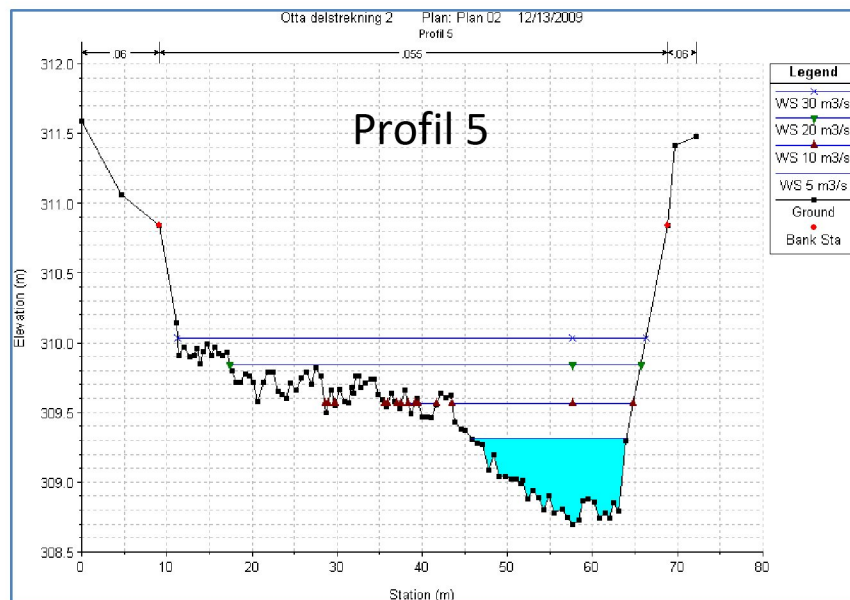
Vannlinjeberegninger Otta. Strekning 1



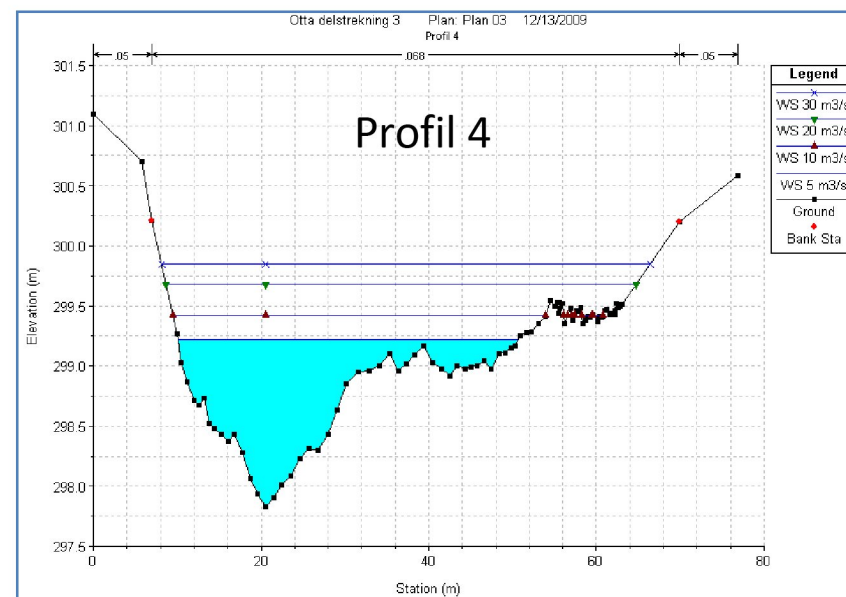
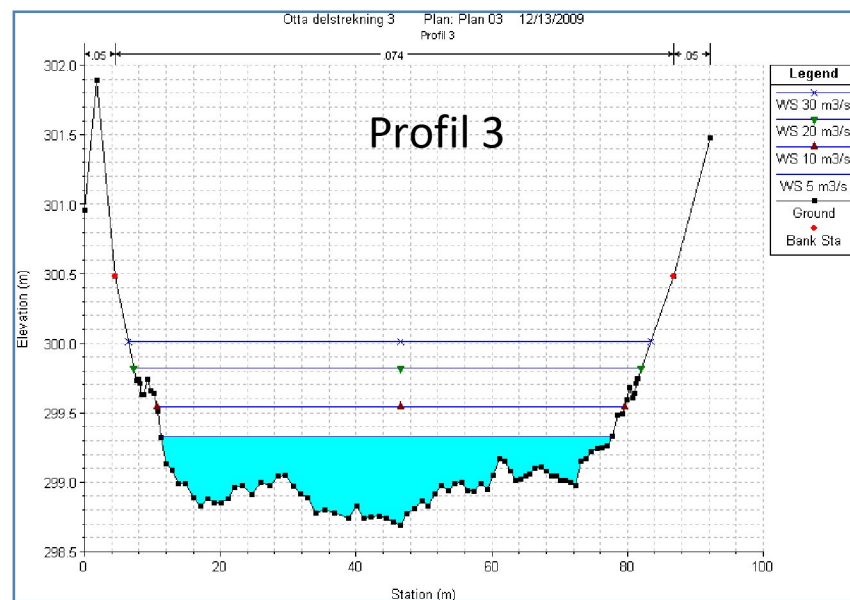
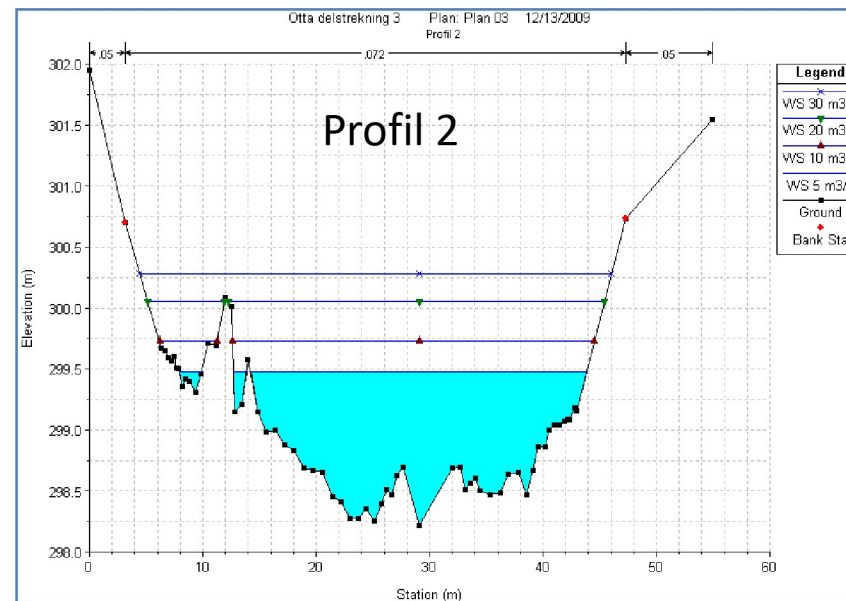
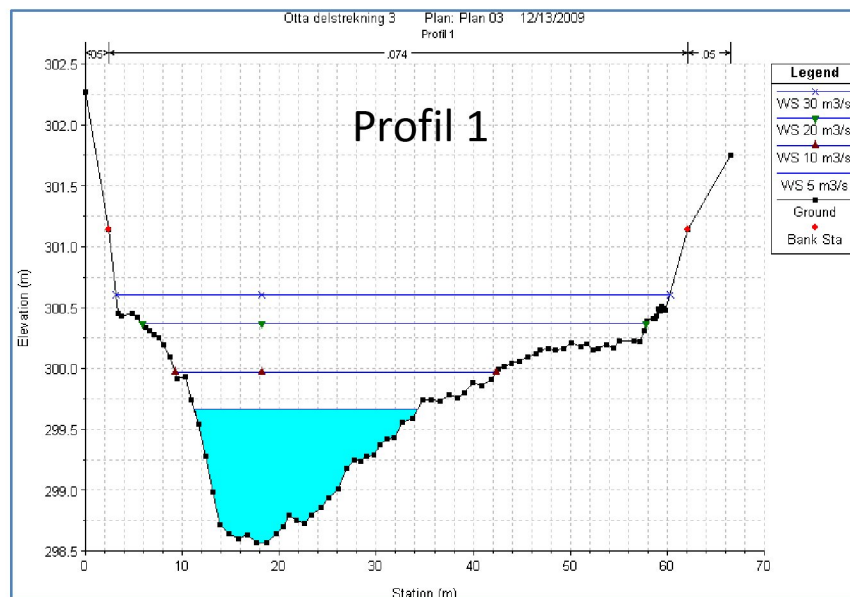
Vannlinjeberegninger Otta. Strekning 2



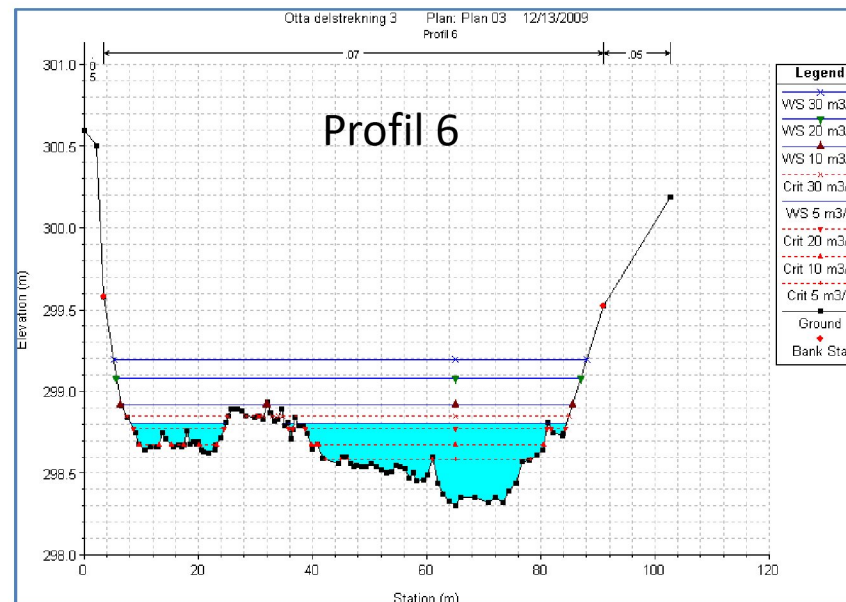
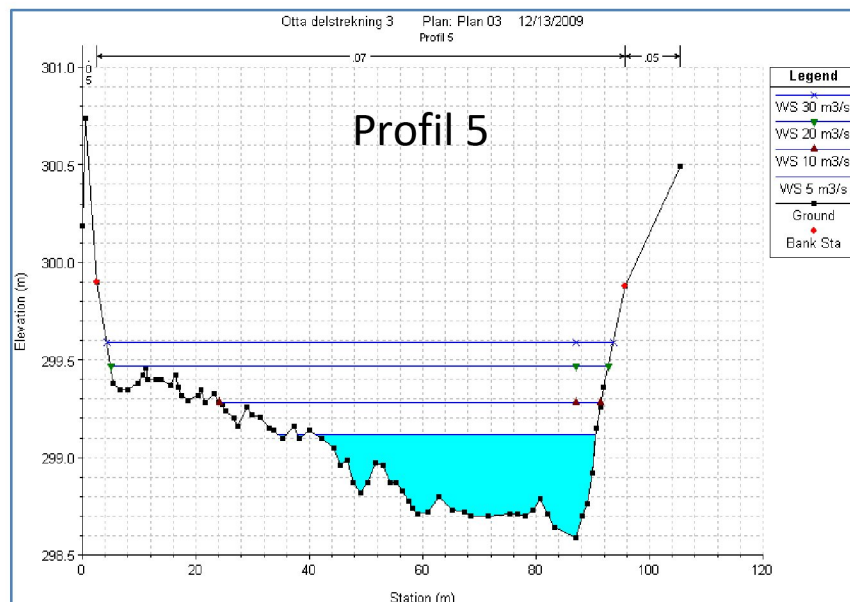
Vannlinjeberegninger Otta. Strekning 2



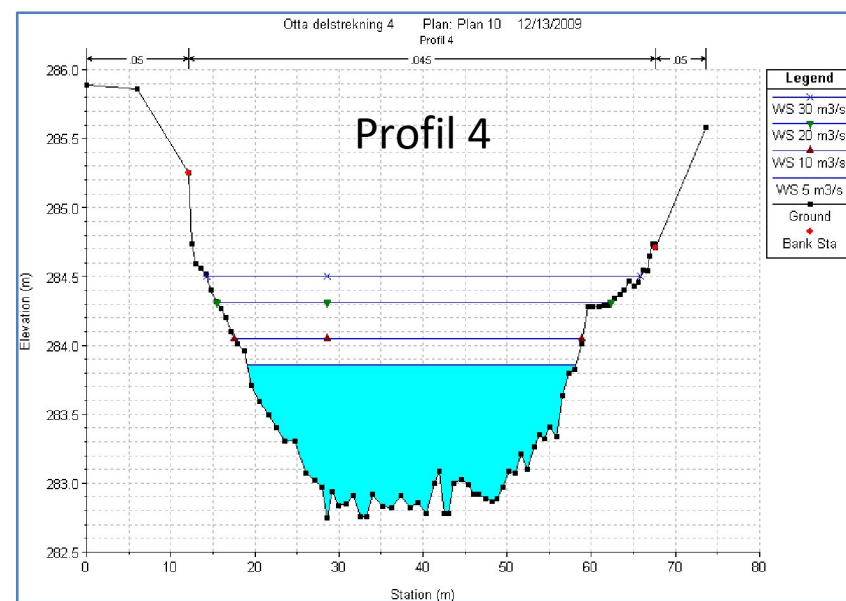
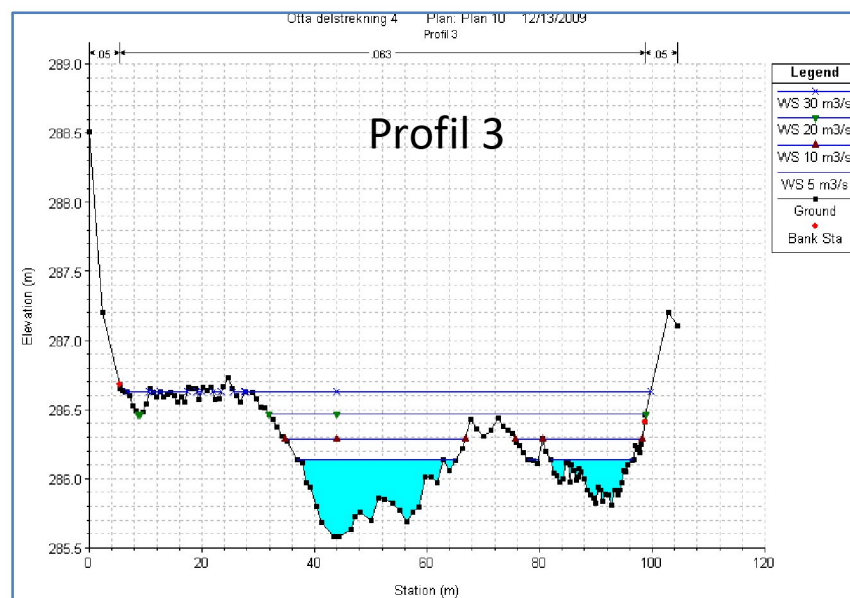
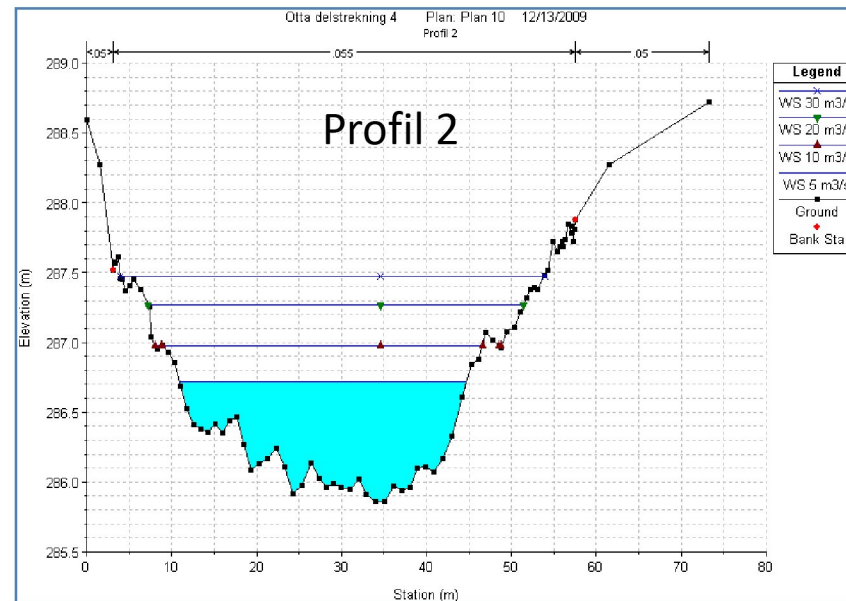
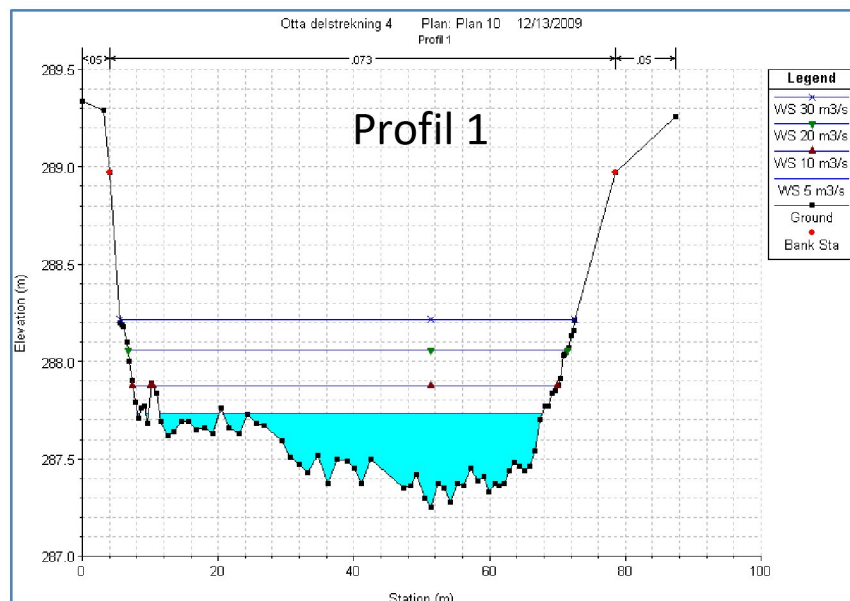
Vannlinjeberegninger Otta. Strekning 3



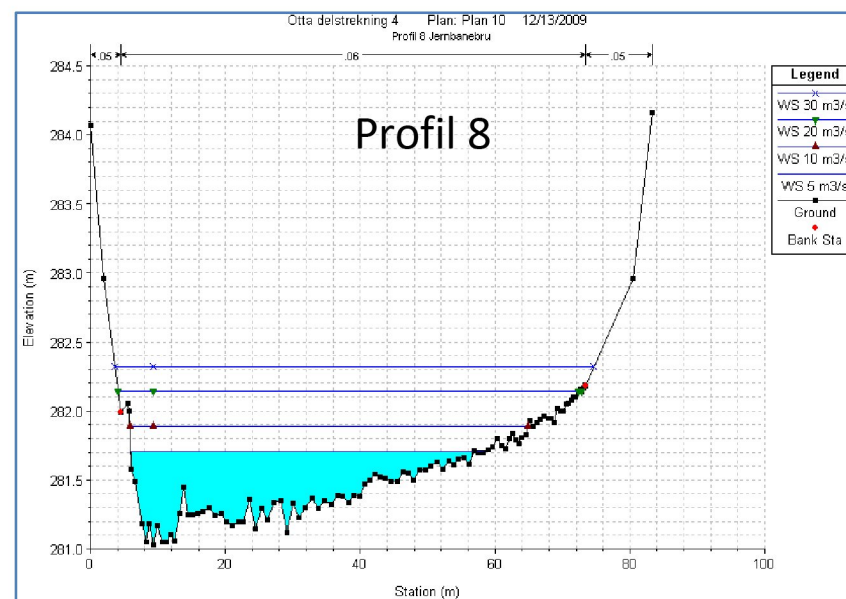
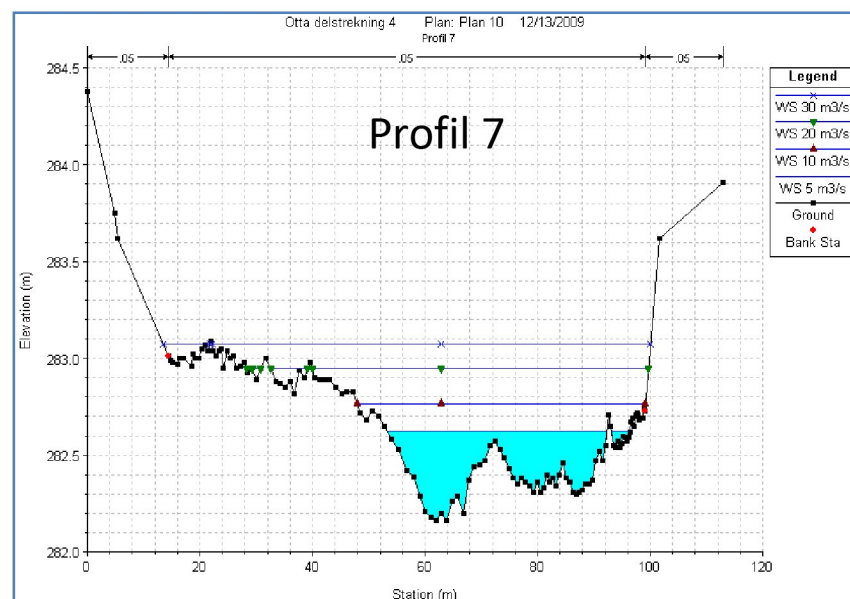
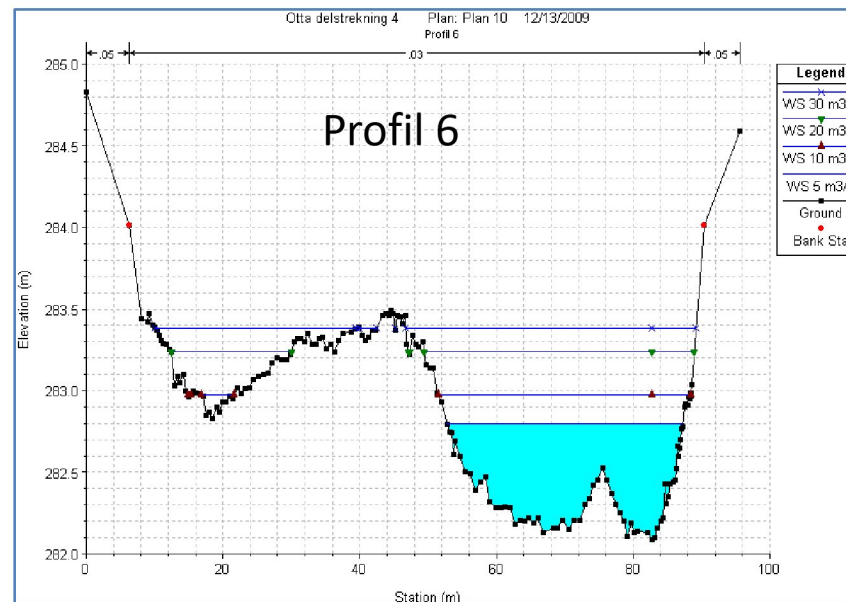
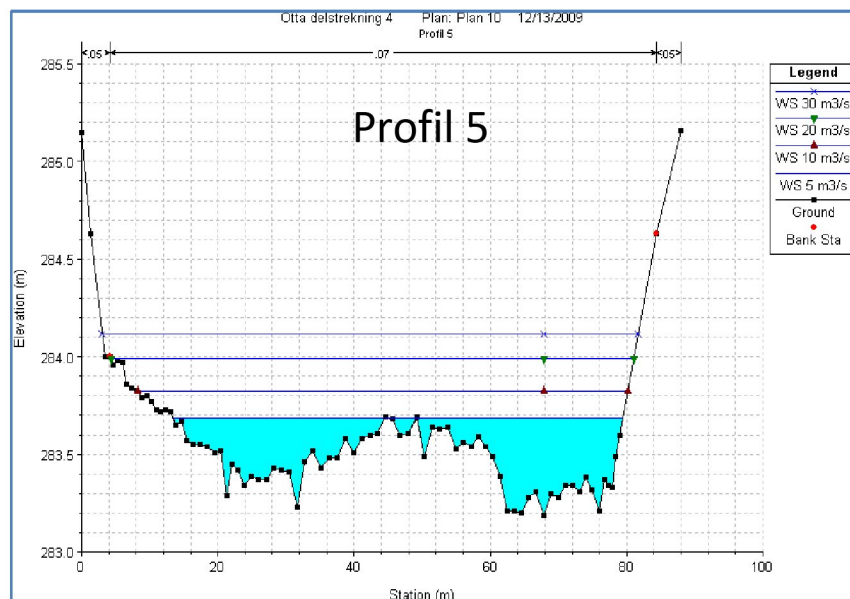
Vannlinjeberegninger Otta. Strekning 3



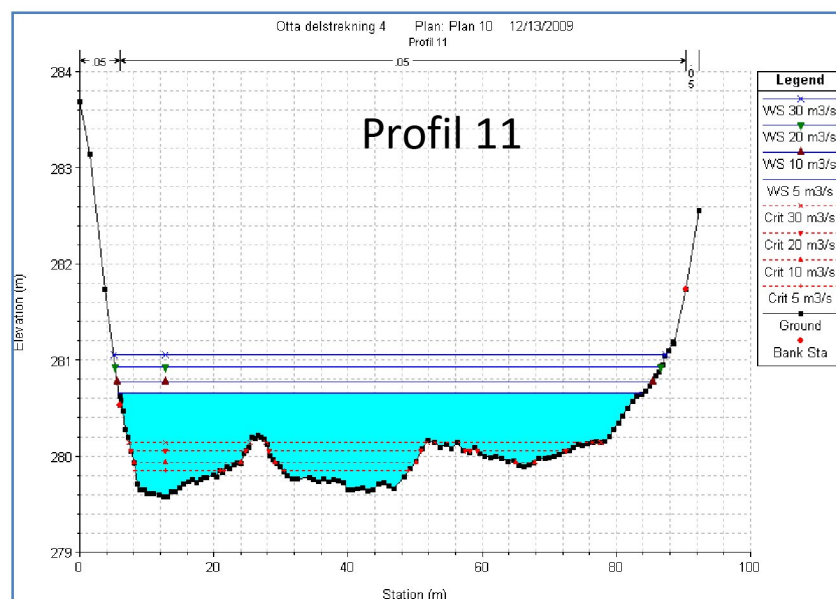
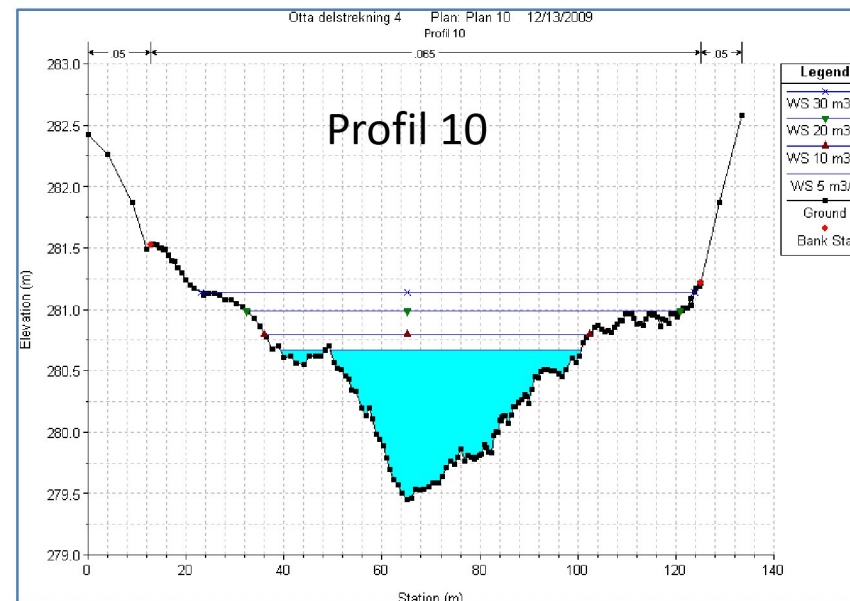
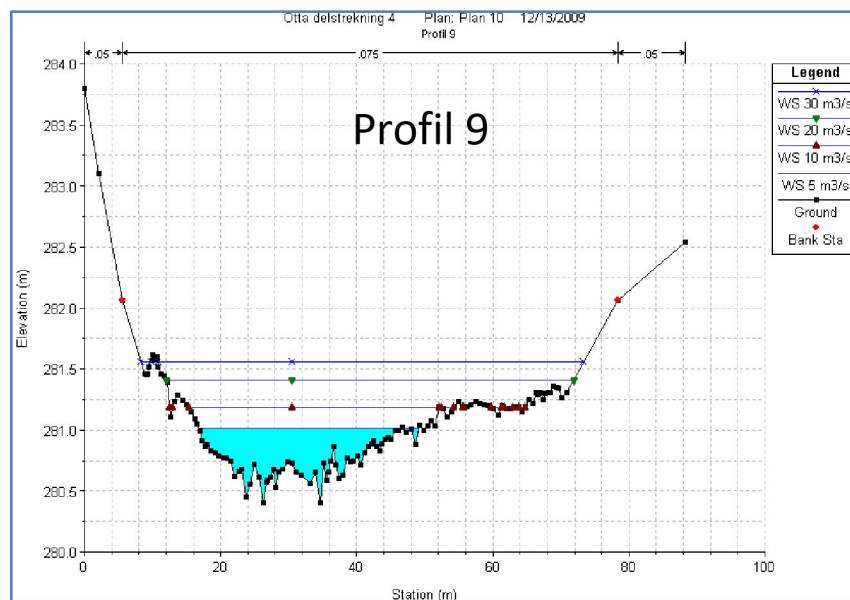
Vannlinjeberegninger Otta. Strekning 4



Vannlinjeberegninger Otta. Strekning 4



Vannlinjeberegninger Otta. Strekning 4



Vannføringsmålinger

Dato	Kl.	Vst.	Vf.	Målested/kommentar
		326.50	0	Beregnet terskel ut fra målt profil
10/28/2009		327.57	31.6	Otta
10/16/2009		327.98	65.5	Otta
10/9/2009		328.12	82.5	Otta
9/24/2009		328.43	129.6	Otta

K-verdi:	27.000	326.500	0.000
eksponent:	2.330	326.550	0.025
Sadelpunkt	326.500	326.600	0.126
		326.650	0.325
		326.700	0.635
		326.750	1.068
		326.800	1.633
		326.850	2.339
		326.900	3.193
		326.985	5.002
		327.000	5.370
		327.050	6.705
		327.100	8.212
		327.155	10.074
		327.200	11.761
		327.250	13.812

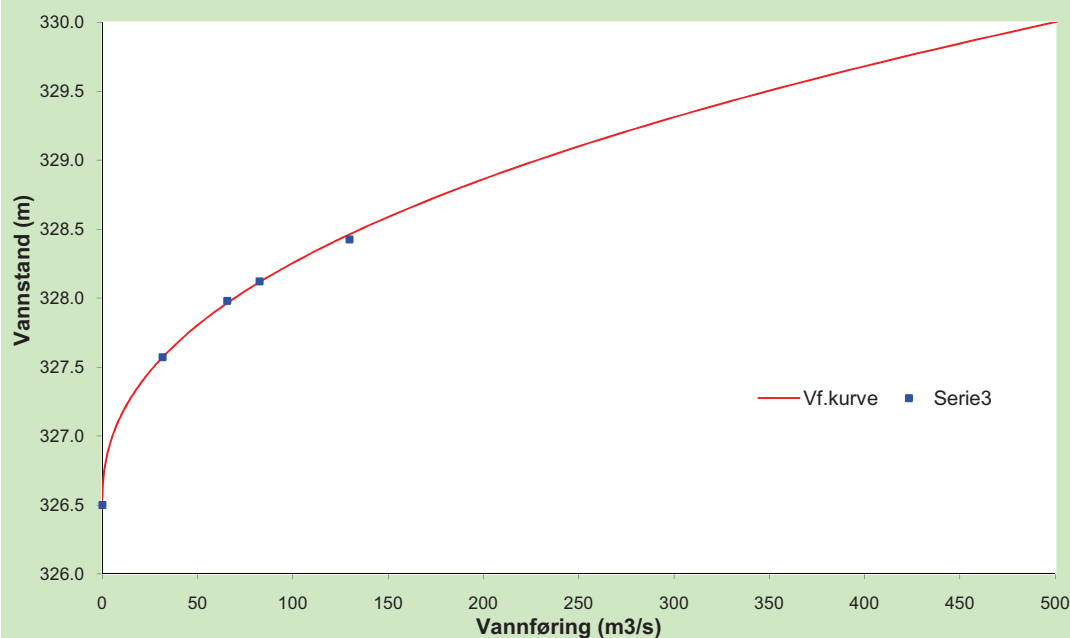
Vannføringskurve

Otta Strekning 1

$$Q1 = 27.000 * (H + -326.500)^{2.330}$$

Gyldig fra 1.11.2009

Vannføringskurve etablert 14.06.2008 (midlertidig)



327.300	16.053
327.380	20.045
327.400	21.123
327.450	23.959
327.500	27.000
327.545	29.916
327.600	33.714
327.650	37.393
327.700	41.291
327.750	45.411
327.800	49.757
327.850	54.330
327.900	59.135
327.980	67.309
328.000	69.447
328.050	74.961
328.100	80.717
328.150	86.716
328.200	92.963
328.250	99.459
328.300	106.206
328.350	113.207
328.400	120.465
328.430	124.943
328.500	135.757
328.550	143.797
328.600	152.102
328.650	160.674
328.700	169.515
328.750	178.628
328.800	188.014
328.850	197.675

Vannføringsmålinger

Dato	Kl.	Vst.	Vf.	Målested/kommentar
		308.30	0	Beregnet terskel ut fra målt profil
10/28/2009		309.68	31.6	Otta
10/16/2009		310.01	65.5	Otta
10/9/2009		310.14	82.5	Otta
9/24/2009		310.46	124.7	Otta

K-verdi:	11.800
eksponent:	3.060
Sadelpunkt	308.300

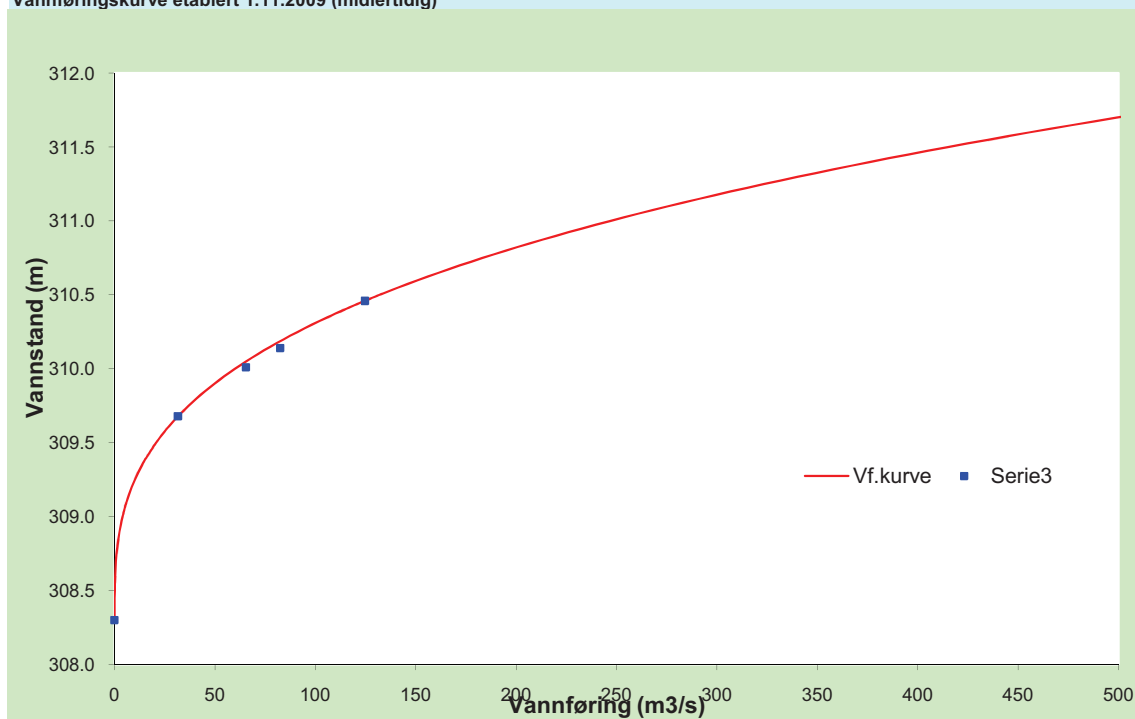
Vannføringskurve

Otta Strekning 2

$$Q1 = 11.800 * (H + -308.300)^{3.060}$$

Gyldig fra 1.11.2009

Vannføringskurve etablert 1.11.2009 (midlertidig)



	308.300	0.000
	308.350	0.001
	308.400	0.010
	308.450	0.036
	308.500	0.086
	308.550	0.170
	308.600	0.296
	308.650	0.475
	308.700	0.715
	308.750	1.025
	308.800	1.415
	308.850	1.894
	308.900	2.472
	308.950	3.158
	309.000	3.962
5 m3/s =	309.056	5.014
	309.100	5.961
	309.150	7.176
	309.200	8.548
10 m3/s =	309.250	10.086
	309.300	11.800
	309.350	13.700
	309.400	15.796
20 m3/s =	309.490	20.094
	309.500	20.615
	309.550	23.358
	309.600	26.336
30 m3/s =	309.658	30.099
	309.700	33.040
	309.75	36.785
	309.80	40.806
	309.85	45.113
	309.90	49.715
	309.95	54.624
	310.00	59.849
	310.05	65.400
	310.10	71.288
	310.15	77.522
	310.20	84.114
	310.25	91.073

Vannføringsmålinger

Dato	Kl.	Vst.	Vf.	Målested/kommentar
		298.40	0	Beregnet terskel ut fra målt profil
10/28/2009		299.21	31.60	Otta
10/16/2009		299.47	65.50	Otta
10/9/2009		299.58	80.00	Otta
9/24/2009		299.77	118.50	Otta

K-verdi:	61.000	298.450	0.000
eksponent:	2.400	298.500	0.046
Sadelpunkt	298.450	298.550	0.243

Vf.tabell-vst Vf.tabell-vf

	298.600	0.643
	298.650	1.282
	298.700	2.190
	298.750	3.392
5 m3/s =	298.805	5.080
	298.850	6.765
	298.900	8.975
10 m3/s =	298.921	10.013
	299.000	14.528
	299.050	17.902
20 m3/s =	299.079	20.049
	299.150	25.916
30 m3/s =	299.195	30.096
	299.250	35.706
	299.300	41.299
	299.350	47.371
	299.400	53.934
	299.450	61.000
	299.500	68.578
	299.550	76.678
	299.600	85.311
	299.650	94.485
	299.700	104.211
	299.750	114.497
	299.800	125.352
	299.850	136.785
	299.900	148.803
	299.950	161.417
	300.000	174.633
	300.050	188.459
	300.100	202.904
	300.150	217.975
	300.200	233.680
	300.250	250.025
	300.300	267.019
	300.350	284.668
	300.400	302.979
	300.450	321.960
	300.500	341.617
	300.550	361.956
	300.600	382.985
	300.650	404.710
	300.700	427.138
	300.750	450.274
	300.800	474.125

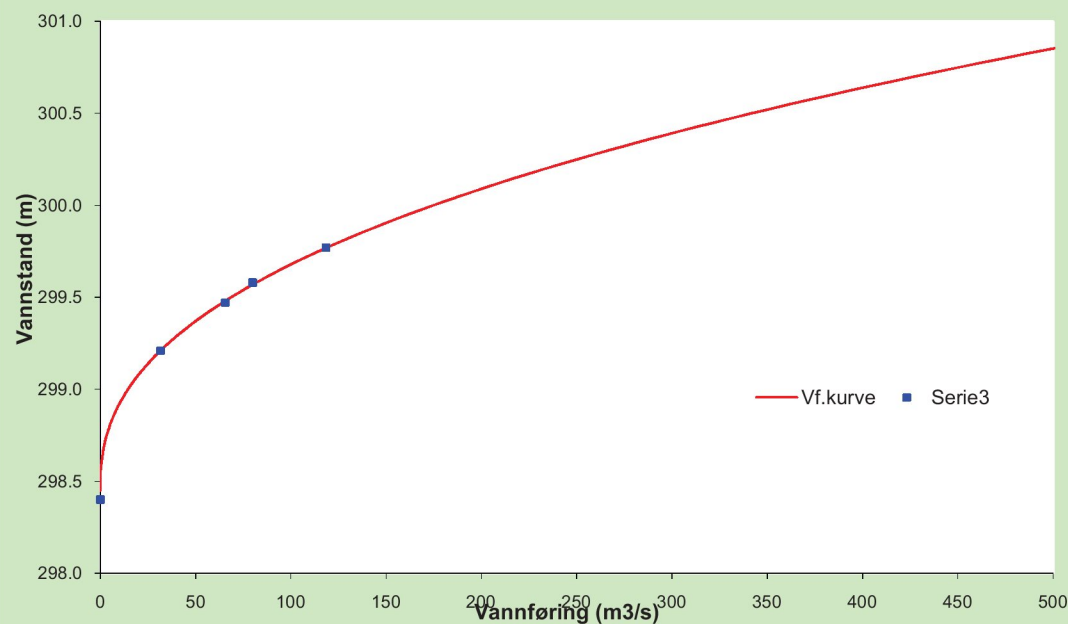
Vannføringskurve

Otta Strekning 3

$$Q1 = 61.000 * (H + -298.450)^{2.400}$$

Gyldig fra 1.11.2009

Vannføringskurve etablert 1.11.2009 (midlertidig)



Vannføringsmålinger

Dato	Kl.	Vst.	Vf.	Målested/kommentar
		280.10	0	antatt
10/28/2009		281.14	43	Otta + Rosten
10/16/2009		281.41	83.5	Otta + Rosten
10/9/2009		281.50	96.3	Otta + Rosten
9/24/2009		281.74	147.2	Otta + Rosten

K-verdi:	38.800
eksponent:	2.700
Sadelpunkt	280.100

Vf.tabell-vst Vf.tabell-vf

280.100	0.000
280.150	0.012
280.200	0.077
280.250	0.231
280.300	0.503
280.350	0.919
280.400	1.503
280.450	2.279
280.500	3.269
280.550	4.493
280.600	5.971
Otta + Lågen 8 m3/s =	280.658 8.031
280.710	10.215
Otta + Lågen 13 m3/s =	280.768 13.054
280.800	14.811
280.850	17.844
280.900	21.241
Otta + Lågen 23 m3/s =	280.927 23.233
281.000	29.194
Otta + Lågen 33 m3/s =	281.050 33.782
281.10	38.800
281.15	44.263
281.20	50.187
281.25	56.587
281.30	63.478
281.35	70.874
281.40	78.791
281.45	87.243
281.50	96.245
281.55	105.810
281.60	115.952
281.65	126.686
281.70	138.024
281.75	149.982
281.80	162.571
281.85	175.806
281.90	189.700
281.95	204.266
282.00	219.516
282.05	235.464
282.10	252.123
282.15	269.505
282.20	287.623
282.25	306.489
282.30	326.117
282.35	346.517
282.40	367.703

Vannføringskurve

Lågen - Profil 11 Strekning 4

$$Q1 = 38.800 * (H + -280.100)^{2.700}$$

Gyldig fra 1.11.2009

Vannføringskurve etablert 1.11.2009

