

Avinor

Oppdrag 5111861: Gjenfylling Lønningstjern

Beregning av Lønningsbekkens hydrauliske kapasitet

2012-02-29 Oppdragsnr.: 5111861



02	2012-03-13	Vannlinjeberegninger Lønningsbekken med alternativ (utvidet geometri), basert på innmålinger februar 2012.	Irene Stabell Holvik	Einar Markhus	Einar Markhus
01	2011-11-14	Foreløpige vannlinjeberegninger Lønningsbekken, basert på innmålinger november 2011	Irene Stabell Holvik	Trond H Hanssen	Trond H Hanssen
Rev.	Dato:	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Innhold

1	Innledning/bakgrunn	5
2	Vannlinjeberegning	7
2.1	Beregningsprogram	7
2.2	Område for vannlinjeberegninger	7
2.3	Innmåling av tverrprofiler	7
2.4	Kulverter i området for vannlinjeberegningene	9
2.5	Vurdering av friksjonsforhold	10
2.6	Grensebetingelser	10
2.7	Sensitivitetsanalyse	10
3	Resultat av vannlinjeberegningene	12
3.1	Kriterier og forutsetninger	12
3.2	resultater, eksisterende geometri	12
3.3	Resultater, utvidet geometri	13
4	Referanser og grunnlagsmateriale	15
5	Vedlegg	16
	Vedlegg 1: Innmålte Tverrsnitt, oversiktskart	17
	Vedlegg 2: Valg av friksjonskoeffisienter (Manningstall)	17
	V2.1 Øvre del	18
	V2.2 Nedre del	19
	Vedlegg 3: Tverrsnitt med beregnede vannstander	22
	V 3.1 Tegnforklaring	22
	Vedlegg 4 - Beregnede vannlinjer	30
	V4.1 Tegnforklaring	30
	V4.2 Vannlinjer	30

Sammendrag

Det er gjennomført vannlinjeberegninger for Lønningsbekken med bakgrunn i at Lønningstjern, hvor bekken har sitt utløp, skal fylles igjen i forbindelse med Avinors utbygging av ny terminal T-3 på Flesland lufthavn.

Det etableres fangdam med kontrollert utslipp til Lønningsbekken. Størrelsen på utslippet til Lønningsbekken (maks l/s) er avhengig av den hydrauliske kapasiteten til bekken.

Teoretisk kapasitet er beregnet for eksisterende geometri og for en tenkt situasjon der noen av tverrsnittene utvides.

Som grunnlag for beregningene er det målt opp tverrsnitt i bekken, og Manningsverdier er valgt ut fra befaring og litteratur. Det er utført en sensitivitetsanalyse hvor M-verdi er justert med +/- 20 %, og hvor resultatene indikerer at friksjon ikke er styrende for kapasiteten i bekken.

De viktigste resultatene fra beregningene er følgende:

- ❖ Lønningsbekkens kapasitet (eksisterende geometri), teoretisk: ca 450 l/s i trangeste tverrsnitt.
- ❖ Kulvert under Fleslandsveien: teoretisk kapasitet ca 800 l/s.
- ❖ Lønningsbekkens kapasitet (geometri med utvidelse), teoretisk: Øker til mer enn kapasiteten til kulvert under Fleslandsveien for strekk der tverrsnitt utvides (P10-P5).

1 Innledning/bakgrunn

I forbindelse med gjenfylling av Lønningstjern ønsker Avinor å infiltrere overvann fra utbyggingsområde i sør, dvs. ny terminal T-3 med tilhørende bygninger, takseområder, flyoppstillingsplasser etc. i steinfyllinger som skal plasseres der Lønningstjern i dag ligger. Utfyllingen vil bli omfattende og er foreløpig beregnet til ca. 750.000 m³.

Nedstrøms dagens utløp fra Lønningstjern bygges en fangdam med rørgjennomføringer for regulering av utslippet av magasinert overvann. Beregninger viser at alt overvann fra sør kan infiltreres i en steinfylling med volum ca. 170.000 m³. Fangdammens høyde er beregnet til ca. 4 meter over kt. +32 som er Lønningstjerns vannspeil i dag. Volumet av steinfyllingen mellom kt. +30 og +36 er foreløpig beregnet til ca. 130.000 m³. Mellom kt. +32 og kt. +36 er volumet ca. 90.000 m³.

Kontrollert utslipp av overvann ledes til Lønningsbekken via biologiske rensetrinn/dammer og kulper før vannet kommer til åpent bekkeløp. Det er viktig at Lønningsbekken har tilstrekkelig hydraulisk kapasitet til mottak av vann fra fangdammen og det biologiske rensetrinnet.

Lønningstjern har et nedbørfelt på 0,36 km². Feltet har etter hvert blitt mer og mer utbygd med økende andel tette flater og delvis med forurensende arealbruk. Vannstanden i tjernet ligger på ca. kt. +32 og vannet har en overflate på ca. 30 000 m². Årlig middelavrenning på Flesland er ca. 60 l/s.km², noe som tilsier en gjennomsnittlig vannføring ut av tjernet på vel 20 l/s.

Dimensjonerende avrenning (Q₅₀) fra Bergen lufthavn Flesland sør til Lønningsvassdraget er beregnet teoretisk til å være

- ❖ 7000 l/s (sum avrenning for nedbør 10 minutt)
- ❖ 1100 l/s (sum gjennomsnittlig avrenning nedbør 6 timer)
- ❖ 800 l/s (sum gjennomsnittlig avrenning nedbør 12 timer).

(hentet fra plan for overvannshåndtering, Norconsult 2012). Beregningene er resultater av rasjonal metode, som er svært robust. Beregningene inkluderer en sikkerhetsfaktor på 1,4 for å ta høyde for klimaendringer. Tallene er vannmengder inn til fordrøyningsmagasin, slik at flomtoppen vil reduseres betydelig før utløp til Lønningsbekken, og fordrøyningen dimensjoneres ut fra Lønningsbekkens beregnede kapasitet. Det blir dermed lav fare for flom som kan føre til skade etter inngrep (gjenfylling av Lønningstjern).

Det er ikke registrert problemer med flom i Lønningsbekken i dag, men at vannstanden i Lønningstjern stiger ved mye nedbør. Oppstuvning i Lønningstjern fungerer som fordrøyning og hindrer flom i Lønningsbekken. Det vises til plan for overvannshåndtering (Norconsult 2012) for nærmere beskrivelse av overvannssituasjonen i Lønningsvassdragets nedbørfelt.

Etterfølgende beregninger er resultater fra en beregningsmodell hvor oppmåling av Lønningsbekken i høyde, bredde og dybde inngår som grunnlagsdata.

Beregningene tar for seg den hydrauliske kapasiteten i Lønningsbekken i dag, og ser kort på effekt av utvidelse av deler av strømningsarealet. Det er utført en sensitivitetsanalyse av manningstallene (ruhetskoeffisientene) for å vurdere usikkerheter i beregningene.

2 Vannlinjeberegning

2.1 BEREGNINGSPROGRAM

Oppmålte profiler av bekkeløpet og bekkeløpets egenskaper benyttes i en hydraulisk modell som beregner hvor høy vannstand ulike vannføringer gir langs bekken (vannlinjeberegning). Vannlinjene er beregnet ved hjelp av verktøyet HEC-RAS 4.1.0. (Hydraulic Engineering Center - River Analysis System) fra US Army Corps of Engineers. HEC-RAS er et hydraulisk analysesystem for vannlinjeberegninger i kunstige kanaler og naturlige elver, primært for åpen kanalstrømning.

Modellen er basert på en endimensjonal hydraulisk strømningsanalyse, og beregnede vannhastigheter er derfor gjennomsnittlige hastigheter i et snitt på tvers av strømningsretningen. Modellen kan beregne underkritisk og overkritisk strømning, samt en kombinasjon av disse. For nærmere beskrivelse av programmets muligheter og virkemåte, henvises det til HEC-RAS Hydraulic Reference Manual (HEC, 2010b).

2.2 OMRÅDE FOR VANNLINJEBEREGNINGER

Området for vannlinjeberegningene ble valgt ut fra antatt område som kan bli påvirket (økt flomfare) dersom vanntilførslene øker, fra utløpet fra Lønningstjern og nedover. På strekket fra det nederste innmålte tverrsnittet og ned til sjøen er fallet så stort at det ikke er fare for oppstuvning (fritt utløp), fra dette området og opp til området som er analysert.

2.3 INNMÅLING AV TVERRPROFILER

NVE-veiledningen *Retningslinjer for vannlinjeberegninger-flomsonekart* (Bævre og Stokseth, 2005) er lagt til grunn ved innmåling av tverrprofiler i bekkeløpet. Tverrprofiler må tas ut i representative punkt i en elvestrekning. Det er viktig å fange opp endringer i elven, samtidig som man ikke kan ta med alle detaljer. Plassering må vurderes ut fra hvordan strømningsbildet er under flomforhold, dermed er det ikke fokusert på strekk med godt fall.

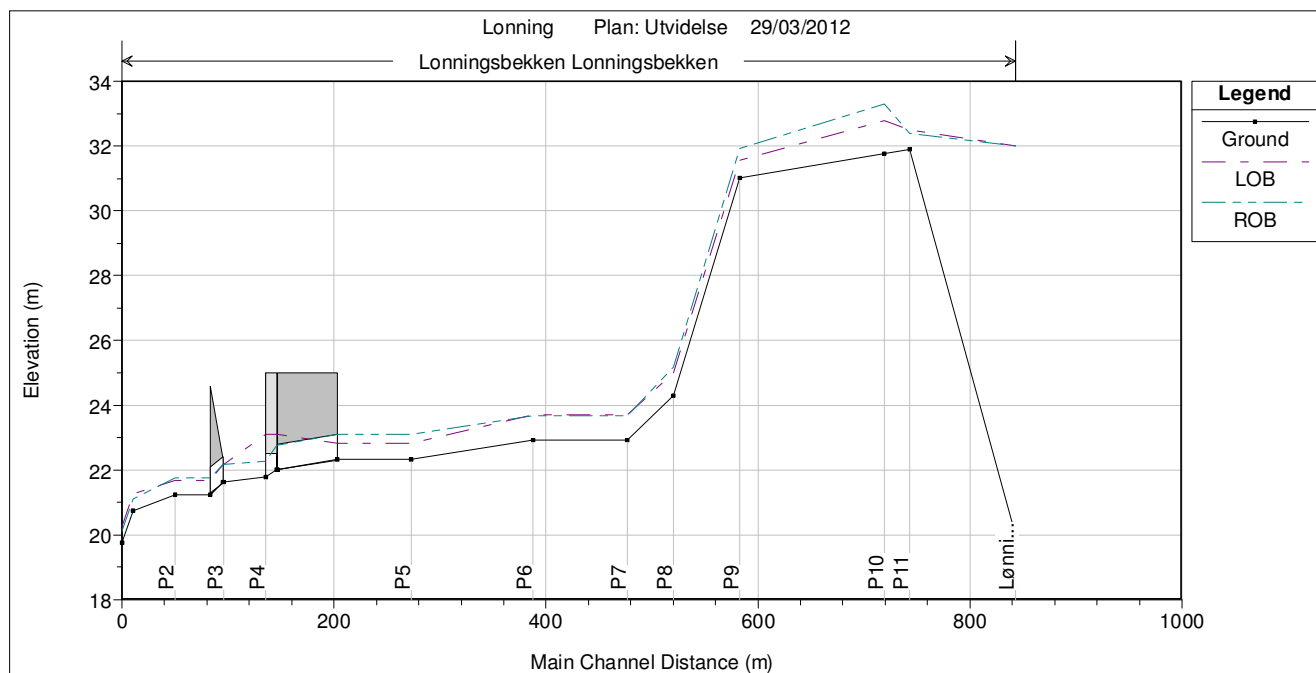
Følgende er vurdert når tverrsnitt er valgt:

- ❖ Endringer i bunnhelling i elven
- ❖ Variasjoner i elvegeometrien må beskrives tilstrekkelig, inkludert innsnevring og utvidelser.
- ❖ Variasjoner i elveløpets og elveslettenes motstand skal beskrives tilstrekkelig.

Tverrprofilene er målt inn med GNSS landmålingsutstyr (nøyaktighet +/- 1 cm) og nivelleringskikkert.

Figur 1 og Figur 2 viser lengdeprofilen og plan av Lønningsbekken slik den er lagt inn i HEC-RAS. Tverrsnittene er nummerert P1 til P12 der 1 er det innmålte snittet lengst nedstrøms og 12 er Lønningstjernet.

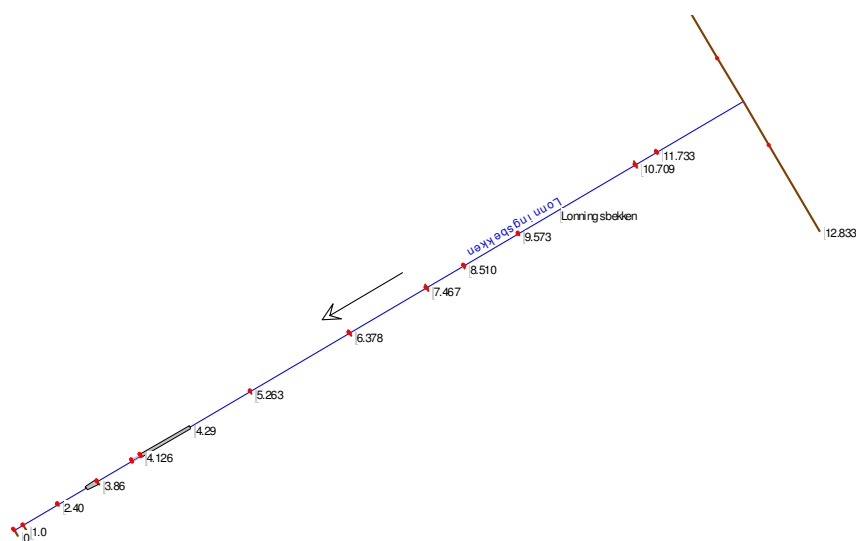
Det er laget to geometriske modeller i HEC-RAS, en for eksisterende forhold i bekken og en for bekk der tverrsnittene P10- P5 og strekkene mellom er utvidet for å beregne effekt på hydraulisk kapasitet av en utvidelse. Profiler av de innmålte tverrsnittene finnes i Vedlegg 3.



Figur 1: Lengdeprofil Lønningsbekken. Ground= bunnlinje. LOB og ROB er hhv venstre og høyre elvebredd. 2 stk kulverter DN800BTG med overdekning er med.

Profilnavn	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Avstand (m) fra nedstrøms ende	0	40	86	126	263	378	467	510	573	709	733	833
Bunnkote (m.o.h.)	20,76	21,24	21,63	21,79	22,33	22,92	22,92	24,31	31,01	31,76	31,90	20,00

Tabell 1: Plassering av innmålte tverrsnitt, avstand i m fra profil lengst nedstrøms.



Figur 2: Lønningsbekken, plantegning HEC-RAS. Merking: Profilnummer (før punktum) og avstand fra nedstøms ende (etter punktum).

2.4 KULVERTER I OMRÅDET FOR VANNLINJEBEREGNINGENE

Det er lagt inn kulverter mellom oppmålt profil P4 og P5 samt mellom P2 og P3. Disse er betongkulverter DN800 mm. De er lagt inn med overdekning til målt terrenghøyde, se Figur 1.

Kulverten mellom P4 og P5 er 56 m lang og krysser under Fleslandsveien. Fleslandsveien ligger på kt. +25 på stedet. Store steiner i vegfyllingen skjuler deler av utløpstverrsnittet slik at maksimal tilgjengelig vanddybde ut av kulverten er 0,45 m, se Figur 3. Det er tatt høyde for denne begrensningen i modellen ved at det er lagt inn et lokk over bekken ved kulvertutløpet med plass til 0,45 m vanddybde.



Figur 3: Utløp av kulvert under Fleslandsveien

Kulverten mellom P2 og P3 er 12 m lang og går under en grusvei med høyde kt. +24,59.

2.5 VURDERING AV FRIKSJONSFORHOLD

Friksjonsforholdene ble evaluert ut fra befarings av vassdragsområdet og relevant litteratur:

- USGS, 1967: *Roughness Characteristics of Natural Channels* (Barnes, 1967)
- USGS, 1984: *Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains* (Arcement Jr. og Schneider, 1984)
- HEC-RAS *Hydraulic Reference Manual*

Vurdering og bestemmelse av friksjonskoeffisienter (Manningstall) er gitt i Vedlegg 2 –valg av friksjonskoeffisienter.

2.6 GRENSEBETINGELSER

Den modellerte strekningen er hovedsakelig underkritisk, men med noen partier med kritisk/overkritisk strømning.

Nedstrøms grensebetingelse er kritisk dybde. Det er etablert et fiktivt tverrsnitt nedstrøms profil P1, der det er antatt fritt utløp. I den nederste delen av Lønningsbekken ned mot sjøen, der det ikke er målt inn noen tverrsnitt, er det så bratt at det ikke er fare for oppstuvning i en flomsituasjon.

Øvre grensebetingelse er normalstrømning ut av Lønningstjern. Her er det lite fall og lav hastighet, slik at strømningsforholdene ikke vil bli overkritiske.

2.7 SENSITIVITETSANALYSE

Det er ikke utført kalibrering av manningsverdiene for bekken, altså friksjonsparametrene i beregningene. For å ta hensyn til eventuelle feil i manningsverdiene uten kalibrering, er det gjort analyser for å se hvordan usikkerhet i manningsverdier påvirker beregnet vannlinje. Denne sensitiviteten for endret ruhet sier noe om usikkerheter i beregningene. I analysen er manningsverdiene (M) for hele elveløpet justert med +/- 20 %. Resultatene er sammenlignet med resultater for de foreslåtte M-verdiene. Geometrien i analysen er den eksisterende, men uten kulverter lagt inn i bekkeløpet. Se Vedlegg 2 hvilke manningsverdier som er valgt.

I sensitivitetsanalysen er en vannføring på 450 l/s valgt, da dette er funnet å være dimensjonerende vannføring (konservativ). P9 er begrensende tverrsnitt da vannstrømmen går gjennom kritisk her. Strekningen mellom P9 og P11 vil være med på å bestemme vannstanden i Lønningstjern. Vannstand noen cm over breddene tillates, da høydene av disse er noe usikre (+/- noen cm) og at noe høyere vannstand ikke har noe skadepotensiale.

Resultatet av sensitivitetsanalysen med hensyn på endring i vannnivå ved variasjon av M-verdier er oppsummert i Tabell 2. Økt friksjon gir reduksjon i M-verdi og omvendt. Vannlinjeendringene er gjennomgående små, i størrelsesorden 10 % endring i vannnivå ved 20 % endring av ruhetstallet M for de tverrsnittene der det er noen endring. Verdier lik null er markert med grå skriftfarge. Resultatene tyder på at friksjon (manningsverdi) ikke er kritisk/styrende for kapasiteten i bekken, det er snarere trange tverrsnitt som styrer nivået. Man kan se at det ikke er endring i vannstand

ved de tverrsnittene der vannstanden går gjennom kritisk strøm. Manningstallene har større betydning i de slake delene av bekken.

Basert på resultatene fra sensitivitetsanalysen er foreslåtte manningsverdier beholdt videre i vannlinjeberegningene.

Profil	Bunnkote	Vannlinje m	M +20 % Endring i vannlinje (m)	M - 20 % Endring i vannlinje (m)
P12	4.00			
P11	31.90	32.46	-0.05	0.07
P10	31.76	32.31	-0.05	0.06
P9	31.01	31.44	0.00	0.00
P8	24.31	24.69	-0.16	0.05
P7	22.92	23.67	-0.06	0.06
P6	22.92	23.45	-0.06	0.06
P5	22.33	22.65	0.00	0.00
P4	21.79	22.32	-0.05	0.05
P3	21.63	21.94	0.00	0.00
P2	21.24	21.7	-0.06	0.06
P1	20.76	21.07	0.00	0.00

Tabell 2: Sensitivitet for variasjon av Mannings M-verdier med +/- 20 %.

3

Resultat av vannlinjeberegningene

3.1 KRITERIER

Siden HEC-RAS beregner vannlinjer, er simuleringer av kanalstrømningen utført for en rekke ulike vannføringer. Det er beregnet vannlinjer for to ulike geometrier:

1. Ved eksisterende forhold i bekken, med kulverter lagt inn i modellen.
2. Ved utvidelse av tverrsnittene i deler av bekkeløpet (P10-P5).

Kriteriet for eksisterende geometri er at bekkeløpet skal gå fullt, uten at vannet går over breddene. Dette settes som maksimal kapasitet. Ved utvidelse av noen av tverrsnittene, er det kapasitet i kulvert under Fleslandsveien som blir avgjørende.

Det er ingen bygninger, veier eller andre konstruksjoner som ligger nært bekken. Det er dermed ikke noe skadepotensiale om vannet stiger over nivået som er definert som elvebredder. Først når vannet stiger langt opp på flomslettene kan det skape problemer. Dette er det ikke tatt høyde for i modellen da det anses for å være lav sannsynlighet for slike situasjoner (tverrsnitt er ikke innmålt til toppen av Fleslandsveien, for eksempel). Fordrøyning skal dimensjoneres med utgangspunkt i bekkens kapasitet.

For vannlinjer (lengdesnitt med beregnet vannstand), se Vedlegg 4.

3.2 RESULTATER, EKSISTERENDE GEOMETRI

Kapasiteten settes som vannføringen der vannlinjen når elvebredden i det mest kritiske tverrsnittet (tverrsnittet med minst kapasitet). Maksimal vanddybde korresponderer med kotehøyden på elvebredden ved det aktuelle tverrsnittet. Det er gitt noen cm slingeringsmonn, da overgang elvebredde-flomslette for de fleste tverrsnitt er glidende.

Tallene er rundet av til nærmeste 50 l/s. Tabell 3 viser at det er tverrsnitt P10 som er kritisk for kapasiteten ved dagens geometri, med en kapasitet på 400 l/s. Her tåles en del oppstuvning, derfor settes dagens kapasitet til 450 l/s som er kapasitet ved flere tverrsnitt lenger ned.

Profil	Maksimal vanndybde	Kapasitet (m ³ /s)
		Eksisterende geometri
P12	-	
P11	32.5	0.50
P10	32.26	0.40
P9	31.54	0.70
P8	24.96	1.05
P7	23.62	0.45
P6	23.42	0.45
P5	22.93	0.45
P4	22.29	0.45
P3	22.18	0.50
P2	21.75	0.55
P1	21.26	0.80

Tabell 3: Beregningsresultater/teoretisk kapasitet.

3.3 RESULTATER, UTVIDET GEOMETRI

Det er beregnet vannlinjer for geometri der tverrsnittene P10-P5 er tenkt gravd ut slik at bunn er flat og 2 m bred, med sidehelling 1:2. I Vedlegg 3 er eksisterende geometri og teoretisk utvidelse vist i samme figur for de enkelte tverrsnitt.

Ved denne teoretiske utvidelsen blir begrensning for kapasiteten i bekken den vannføringen der kulvertene forlater frspeilstrømning (går fulle), da særlig for kulverten som går under Fleslandsveien. I følge beregningene går kulverten under Fleslandsveien (P4.29) full ved en vannføring på ca 800 l/s. Dette skyldes til en viss grad at utløpet er delvis sperret, se Figur 3.

Man kan evt. øke kapasiteten der kulvertene er plassert ved å anlegge en ekstra kulvert ved siden av eksisterende.

Den lave kapasiteten ved P5 skyldes oppstuvning over elvebredder (lite fall på kanalen her, inn mot kulvert under Fleslandsveien), men dette anses som uproblematisk med tanke på fare for flomskade.

Også tverrsnittene og P4-P1 kan utvides for å øke kapasiteten i bekkefare. Det er ikke vurdert i beregningene, men det antas at det er praktisk mulig (basert på vurdering av terreng/atkomst observert ved befaring av området).

Profil	Maksimal vanndybde	Kapasitet (m ³ /s)
		Utvidet geometri p10-p5
P12	-	
P11	32.5	1.30
P10	32.26	1.85
P9	31.54	>2.5
P8	24.96	>2.5
P7	23.62	1.10
P6	23.42	1.00
P5	22.93	0.45
P4	22.29	0.45
P3	22.18	0.45
P2	21.75	0.45
P1	21.26	0.80

Tabell 4: Beregningsresultater/teoretisk kapasitet, utvidete tverrsnitt markert med gult

4 Referanser og grunnlagsmateriale

Arcement Jr. og Schneider (1984). *Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains*. U.S. Geological survey water-supply paper 2339. Hentet fra: <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/wsp2339.pdf>

Barnes Jr., Harry H. (1967). *Roughness Characteristics of Natural Channels*. U.S. Geological survey water-supply paper 1849. United States government printing office, Washington 1967

Bævre og Stokseth, 2005. *Retningslinjer for vannlinjeberegninger-flomsonekart*. NVE.

HEC (2010a). US Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center. HEC-RAS RiverAnalysis System, *User's Manual*. Version 4.1.

HEC (2010b). US Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center. HEC-RAS River Analysis System, *Hydraulic Reference Manual*. Version 4.1.

HEC (2010c). US Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center. HEC-RAS River Analysis System, *Applications Guide*. Version 4.1.

Norconsult (2011) Bergen Lufthavn Flesland-Terminalområde sør. Avrenning til Lønningsbekken. Prinsipplan for overvannshåndtering.

5 Vedlegg

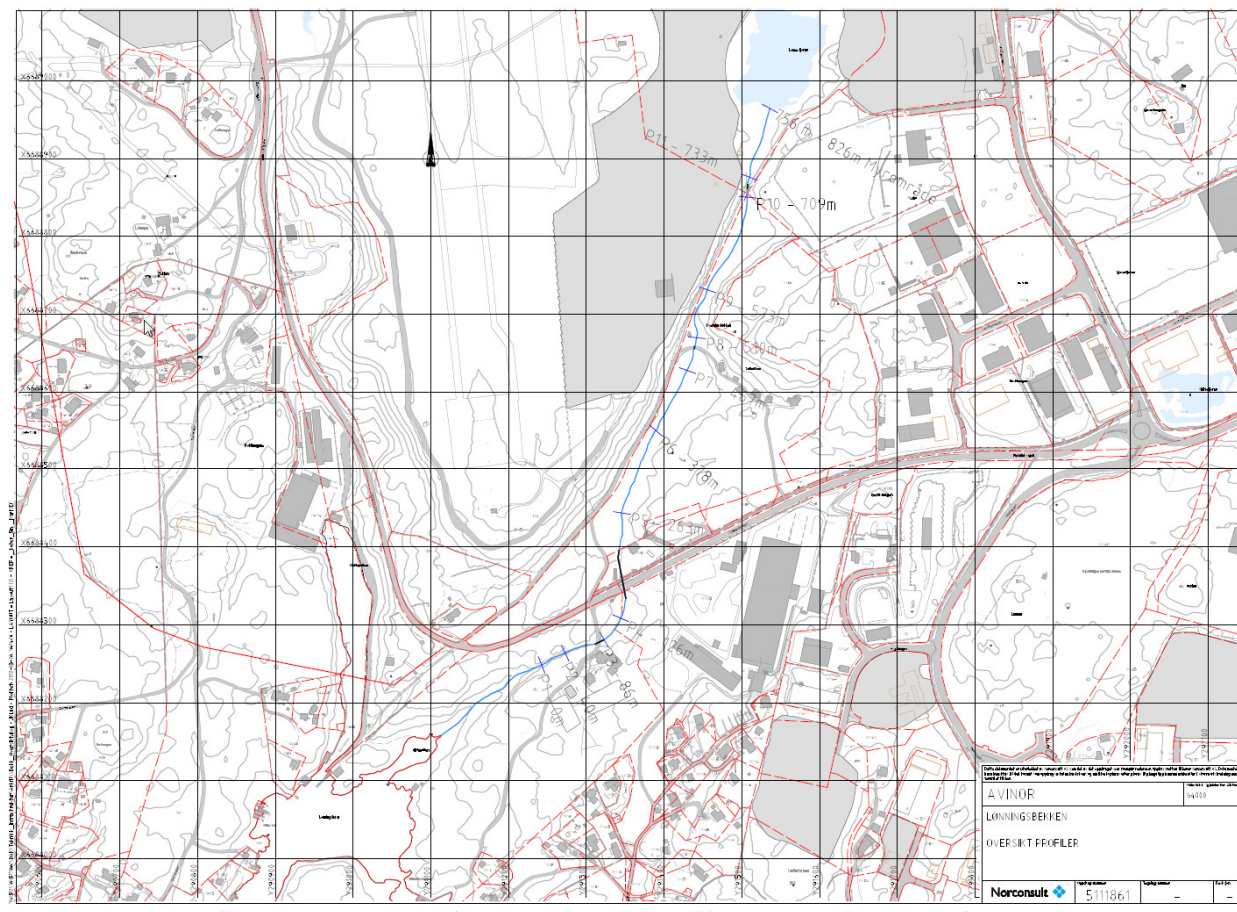
Vedlegg 1 – Tverrsnitt, oversiktskart

Vedlegg 2- Valg av friksjonskoeffisienter (Manningstall)

Vedlegg 3- Tverrsnitt med beregnede vannstander

Vedlegg 4- Beregnede vannlinjer

VEDLEGG 1: INNMÅLTE TVERRSNITT, OVERSIKTSKART



Figur V1.1: Oversiktskart (se også trykt vedlegg).

VEDLEGG 2: VALG AV FRIKSJONSKOEFFISIENTER (MANNINGSTALL)

Grunnlaget for valg av friksjonstall (Manningsverdier) for Lønningsbekken er befaring av bekkefarete 24.02.2012, studier av bilder tatt ved innmåling 30.01.2012, og sammenligning med referanser (Arcement og Schneider, 1984 og Barnes, 1967). Stein/partikkelstørrelser, vegetasjon, form og fallforhold i bekkeløpet og på flomslettene er vurdert.

I vurderingen av hydraulisk ruhet er bekken delt i øvre (P11-P8) og nedre del (P7-P1), basert på at bekken består av to hovedtyper når det gjelder størrelse på partiklene i kanalen og vegetasjon langs bekkanten.

V2.1 Øvre del

Utløpet fra Lønningstjern er ikke klart definert, ved enden av vannet smalner området med permanent vannspeil inn, og breddene er slake, gressklede myrområder med tidvis oversvømmelse. Første innmålte tverrsnitt nedstrøms Lønningstjern er ca. 100 m fra utløpet (P11).



Figur V2.1: P11, hhv i oppstrøms retning (Lønningstjern skimtes i bakgrunnen) og nedstrøms retning.

I øvre del av Lønningsbekken (P11- P8) er det relativt store steiner på bunnen og sidene, størrelse omtrent 50-200 mm. Det er store (moseklede og gressklede) steiner langs bekkekanten, og overhengende kratt og trær. Strekningen er relativt rett, men noe varierende fallforhold: Lite fall fra Lønningstjern og ned til P9, deretter et strekk med overkritisk strømning, stryk og små fossefall.

Manningstall:

- Sider/flomsletter: $n = 0,105$ ($M=9,5$) (Trær, kratt, gress, mose, noe stor stein).
- Kanal: $n = 0,051$ ($M=\text{ca. } 20$) (Steiner, noe vegetasjon)



Figur V2.2: P10



Figur V2.3: P9



Figur v2.4: P8

V2.2 Nedre del

I nedre del av Lønningsbekken (P8-P1) er bunnen dekket av sand/mudder, enkelte strekk store mengder mudder (opp til 0,5 m løst mudder er registrert på befaring) og sporadisk større partikler. Breddene er dekket av grovt gress deler av strekket, og der bekken renner gjennom skog er det typisk barskogsbunn langs bekken med lite vegetasjon.

Manningstall:

- Sider/flomsletter: $n = 0,074$ ($M = 13,5$)
- Kanal: $n = 0,040$ ($M = 25$) (mudderbunn, noe vegetasjon/grovt gress)



Figur V2.5: P7 (nedstrøms retning) og P5 (oppstrøms retning)



Figur V2.6: P4 (oppstrøms retning).



Figur V2.7: P3



Figur V2.8: P2

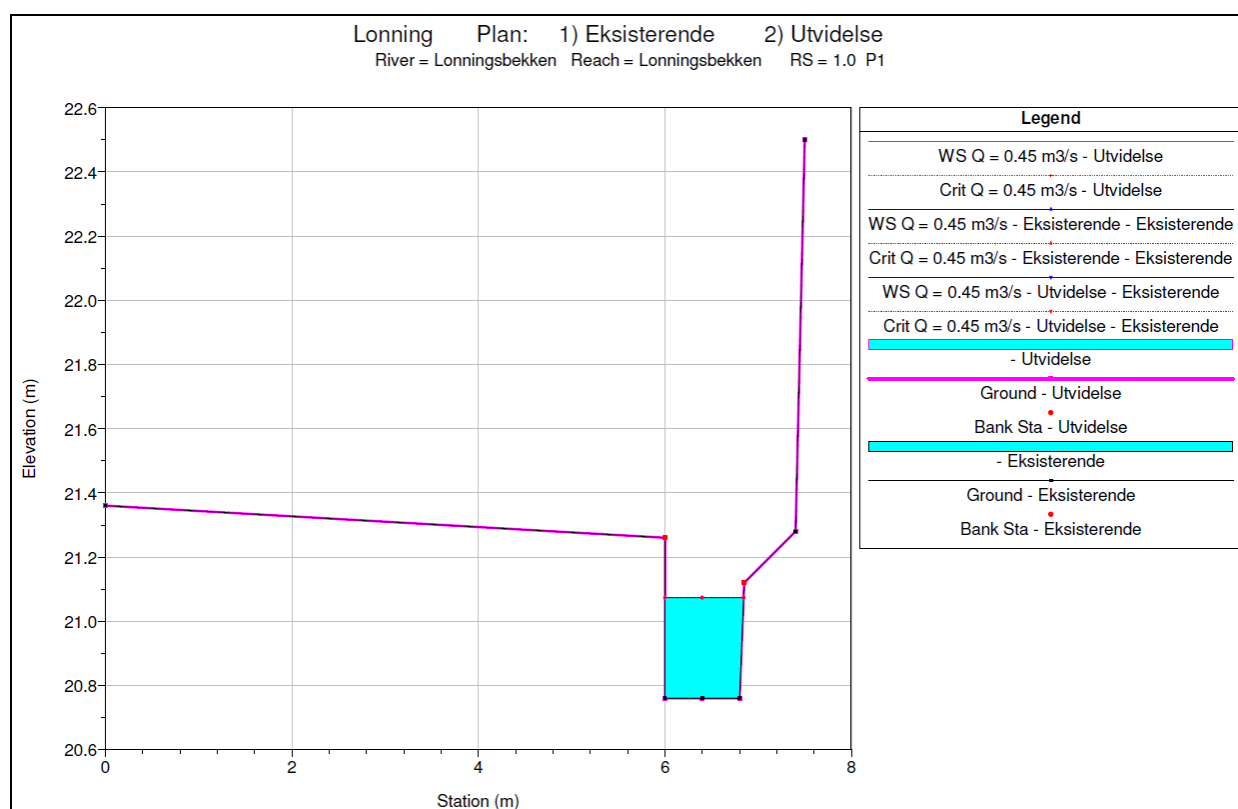


Figur V2.9: P1 (medstrøms retning), ved «fritt utløp» av bekken.

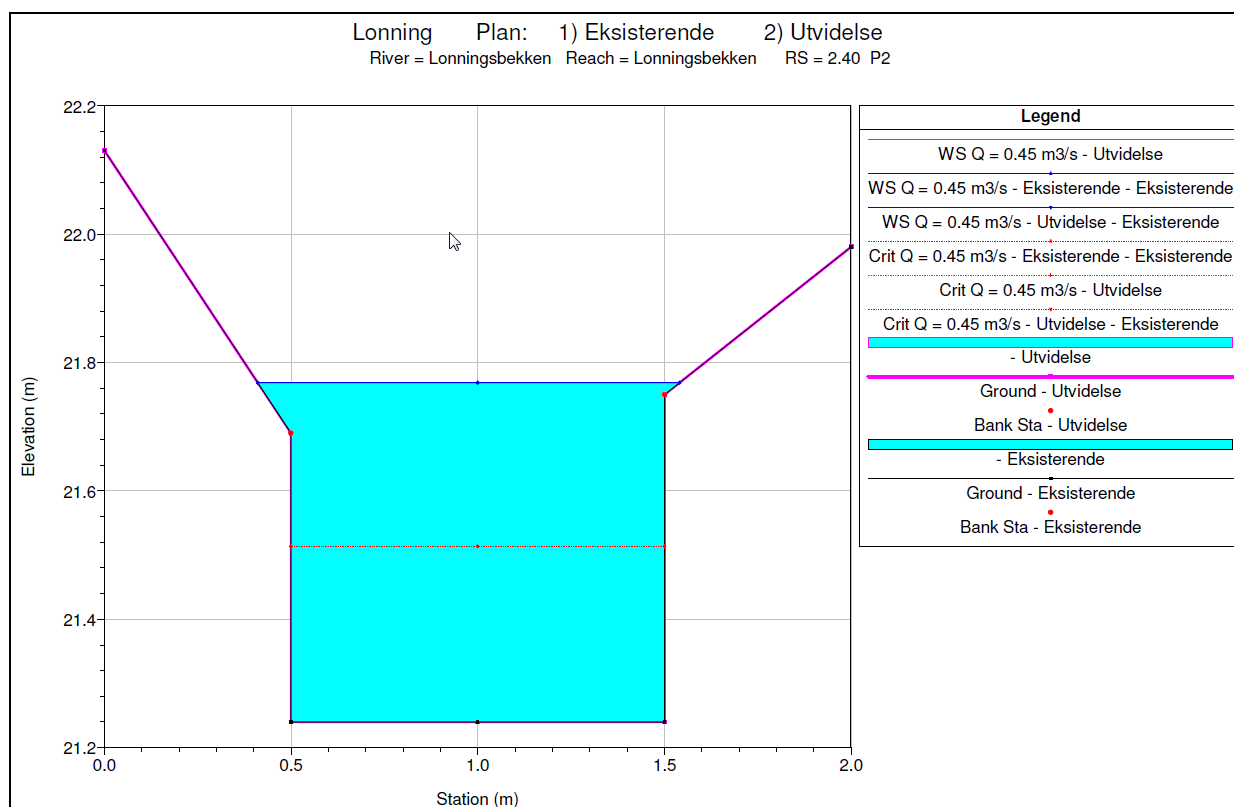
VEDLEGG 3: TVERRSNITT MED BEREGNEDE VANNSTANDER

V 3.1 Tegnforklaring

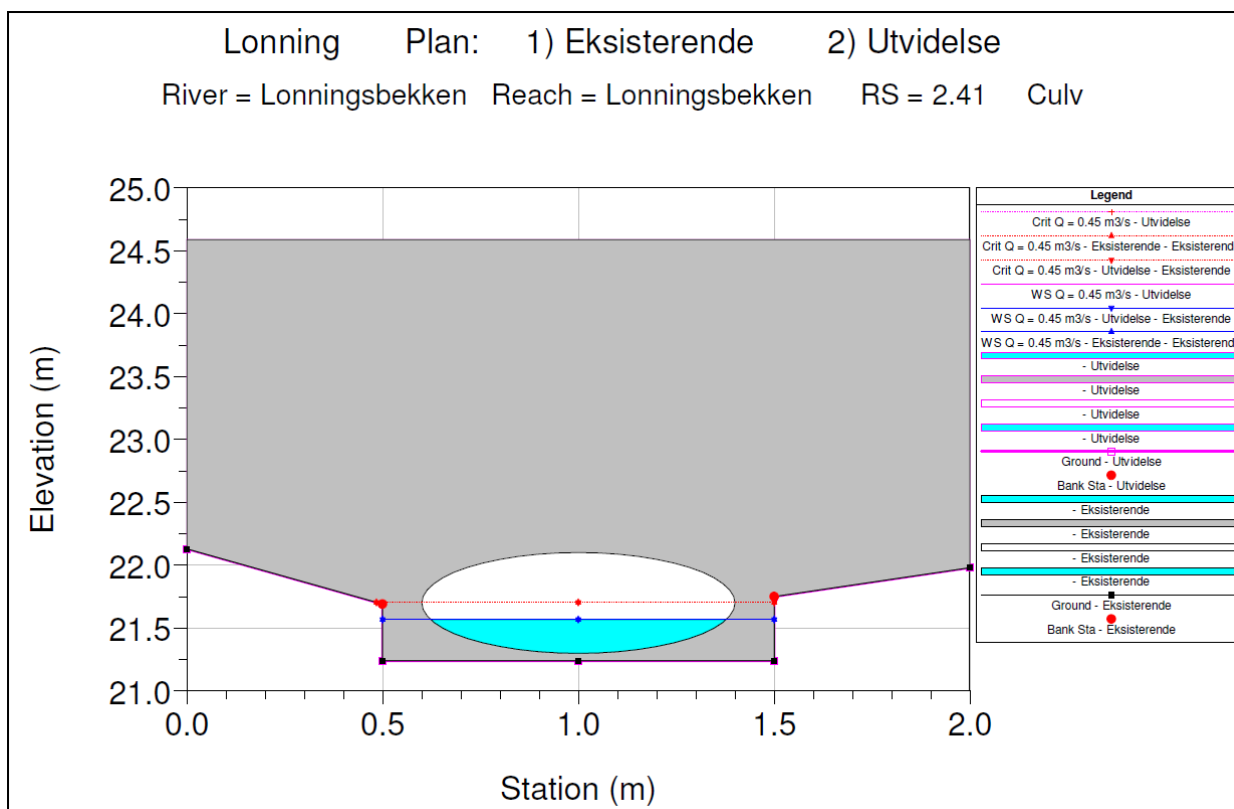
WS Q= 0.45 m ³ /s –Utvidelse:	Beregnet vannstand ved en vannføring på 0,45 m ³ /s for tilfellet der en del tverrsnitt er utvidet
Crit Q= 0.45 m ³ /s – Utvidelse:	Beregnet kritisk vanndybde, utvidet geometri.
WS Q= 0.45 m ³ /s –Eksisterende:	Beregnet vannstand ved en vannføring på 0,45 m ³ /s, nåværende geometri.
Crit Q= 0.45 m ³ /s – Eksisterende:	Beregnet kritisk vanndybde, eksisterende geometri.
Ground-Utvidelse:	Bunnivå i tverrsnittet for tilfellet med utgravde tverrsnitt
Ground- Eksisterende:	Bunnivå i tverrsnitt, eksisterende geometri.
Bank sta:	Markering av skille mellom hovedkanal og flomsletter.



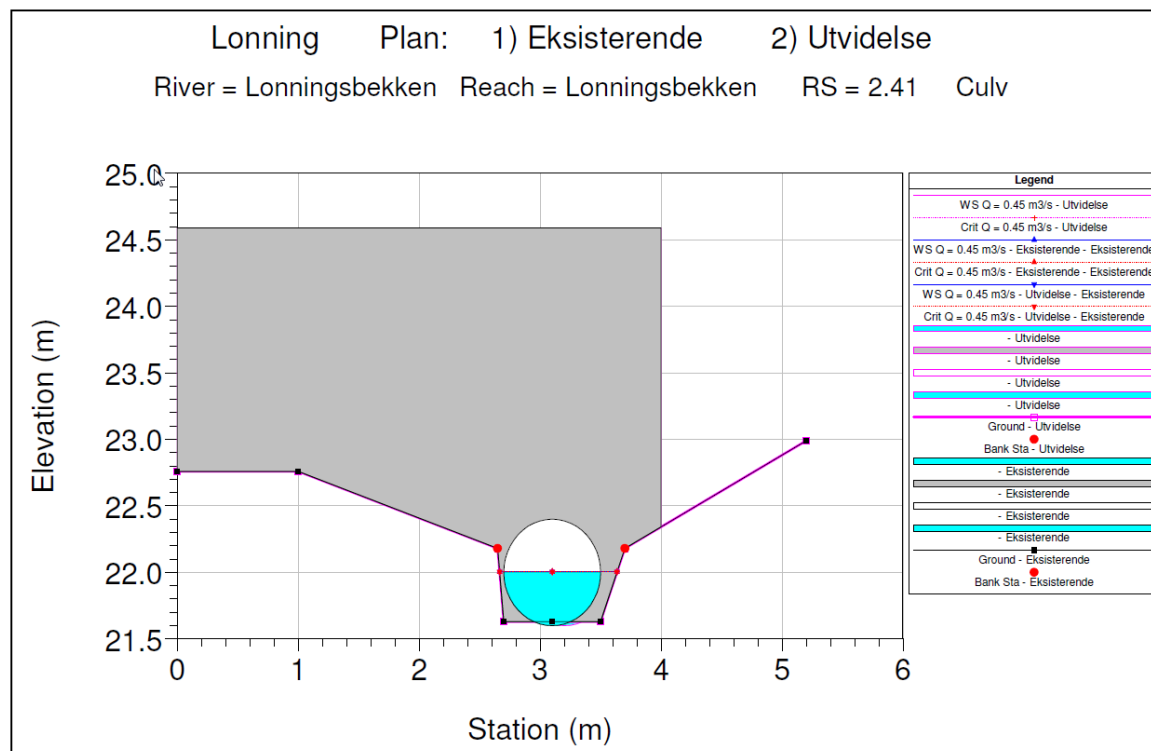
Figur V3.1 P1



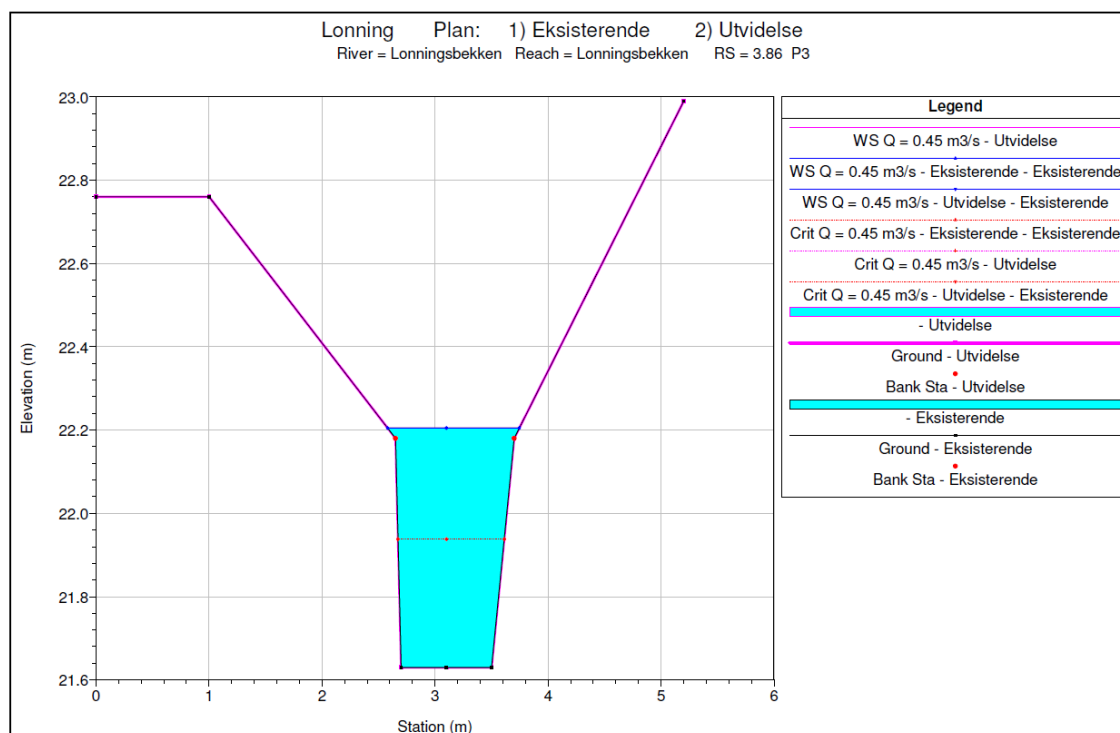
Figur V3.2 P2



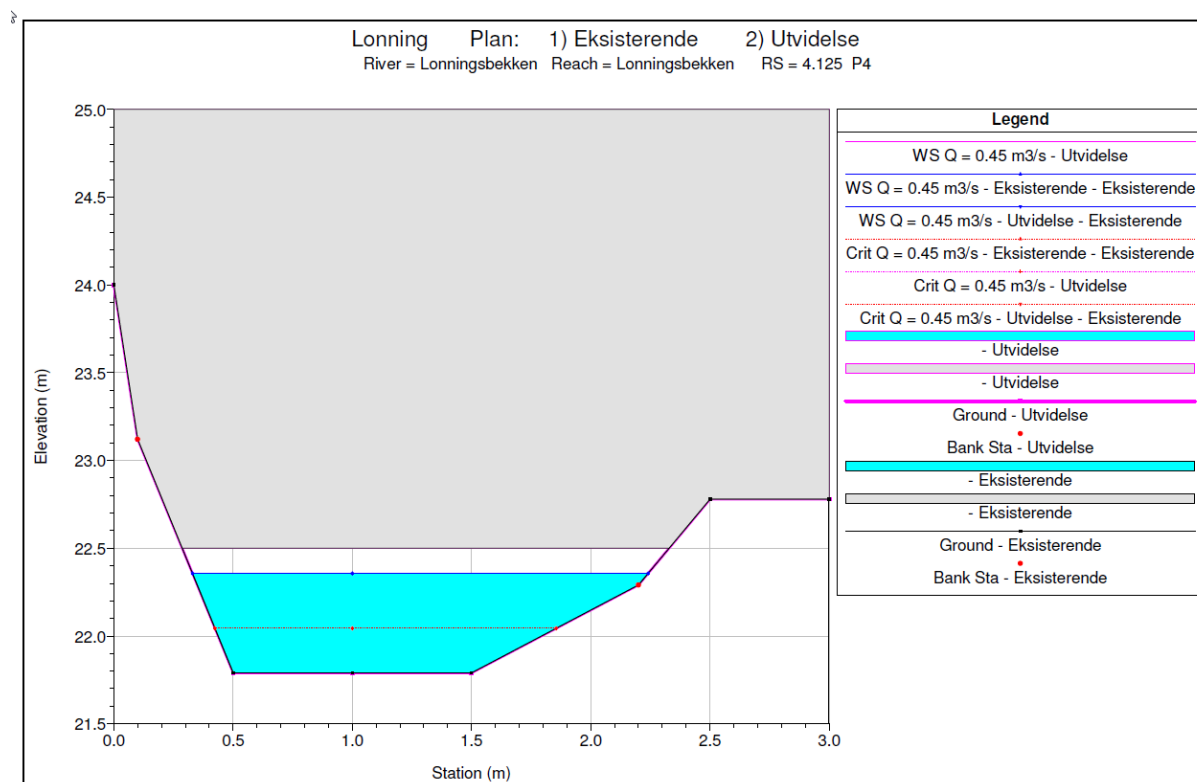
Figur V3.3 Nedstrøms kulvertåpning



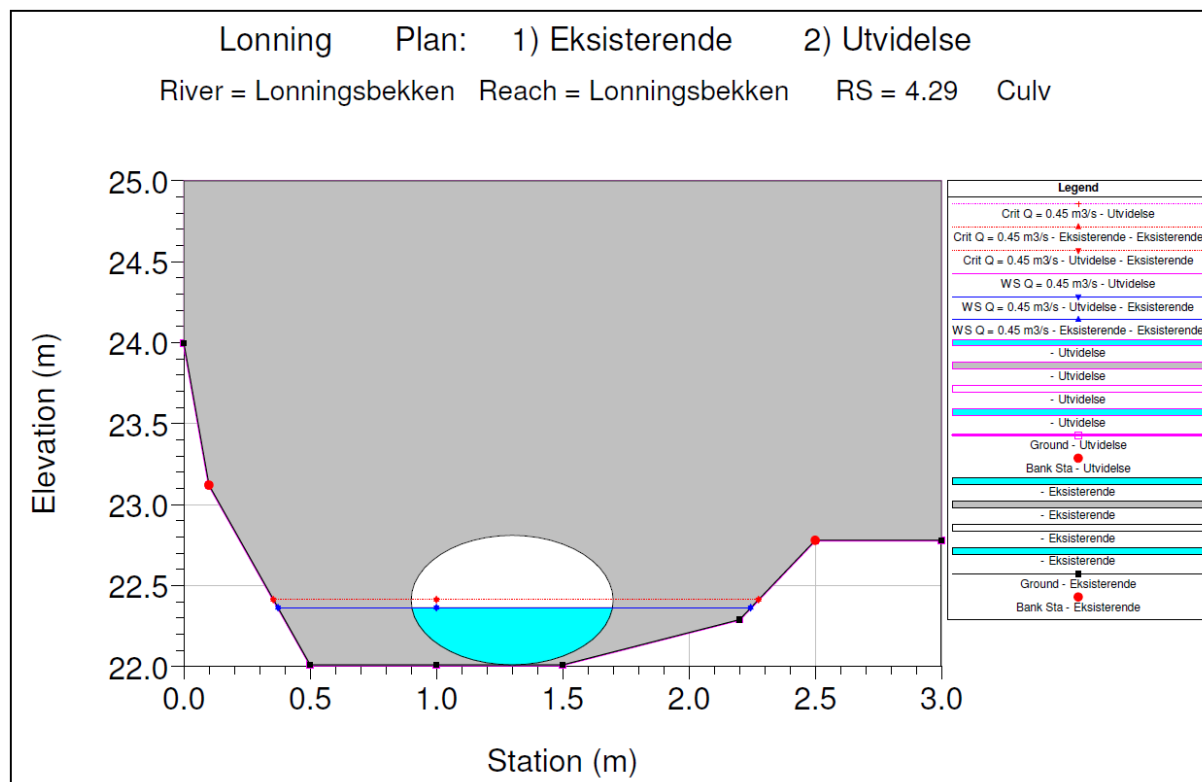
Figur V3.4 Oppstrøms kulvertåpning



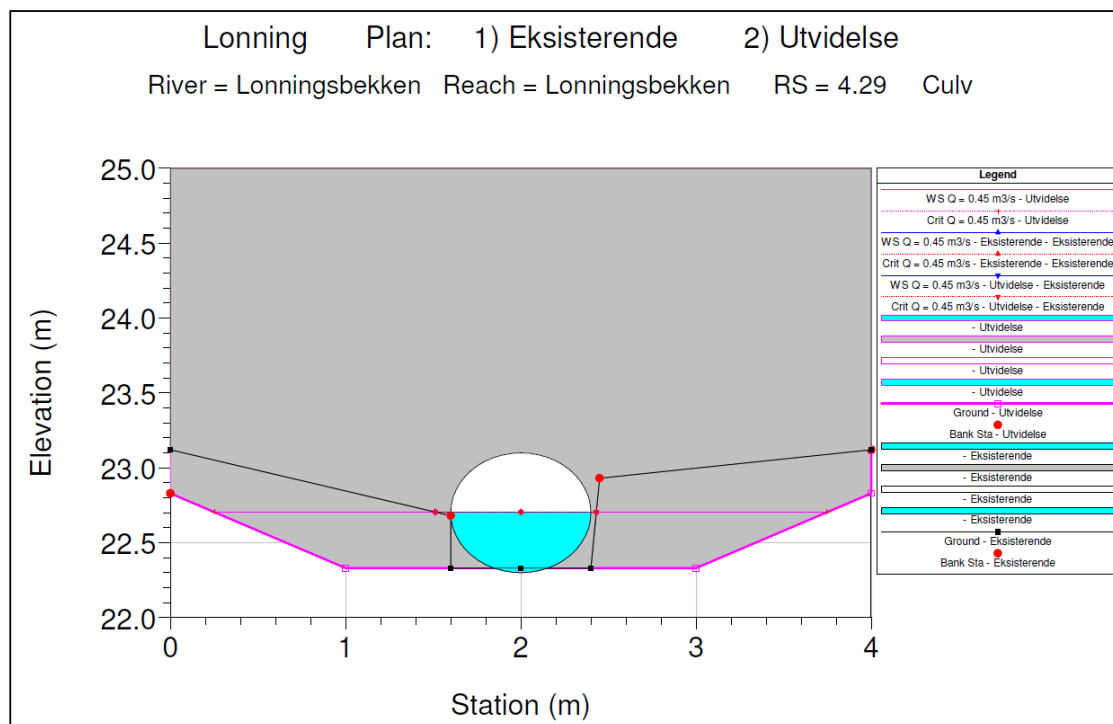
Figur V3.5 P3



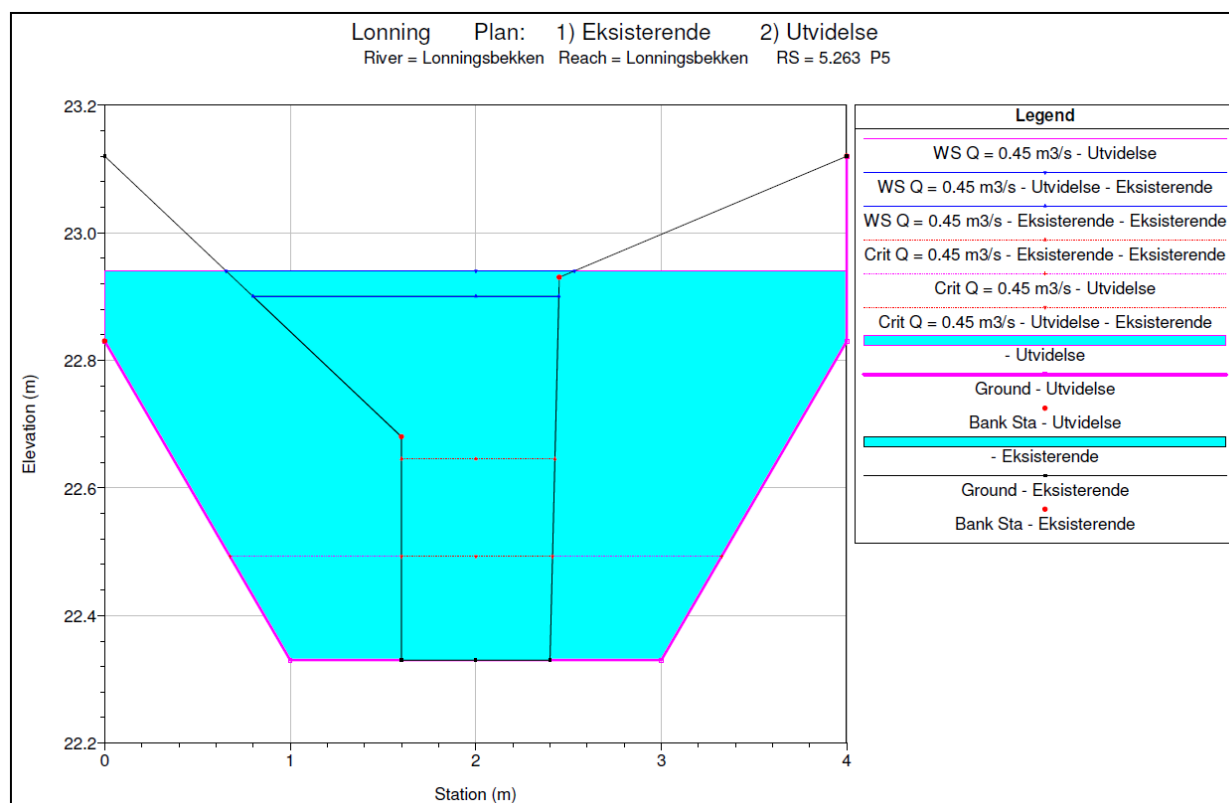
Figur V3.6 P4 (med lokk (grått) som starter ved utløpet fra kulvert under Fleslandsveien)



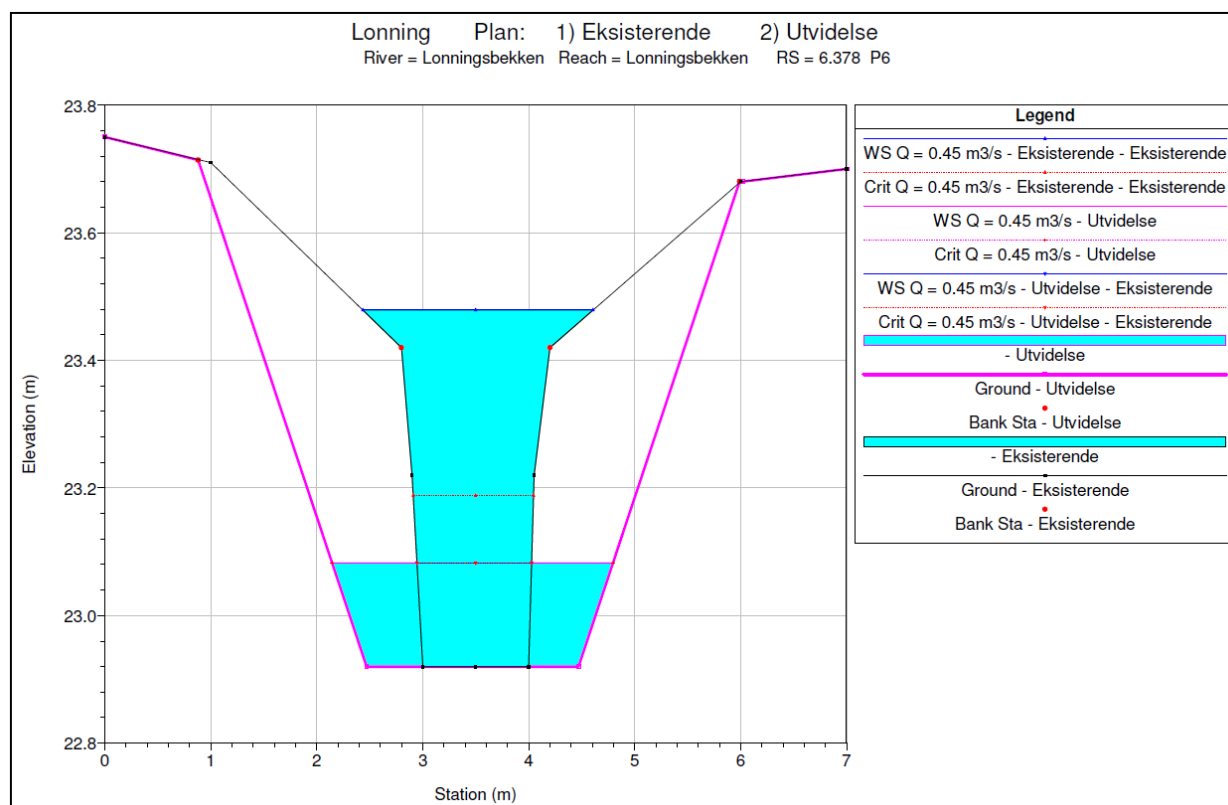
Figur V3.7 Nedstrøms kulvertåpning (under Fleslandsveien)



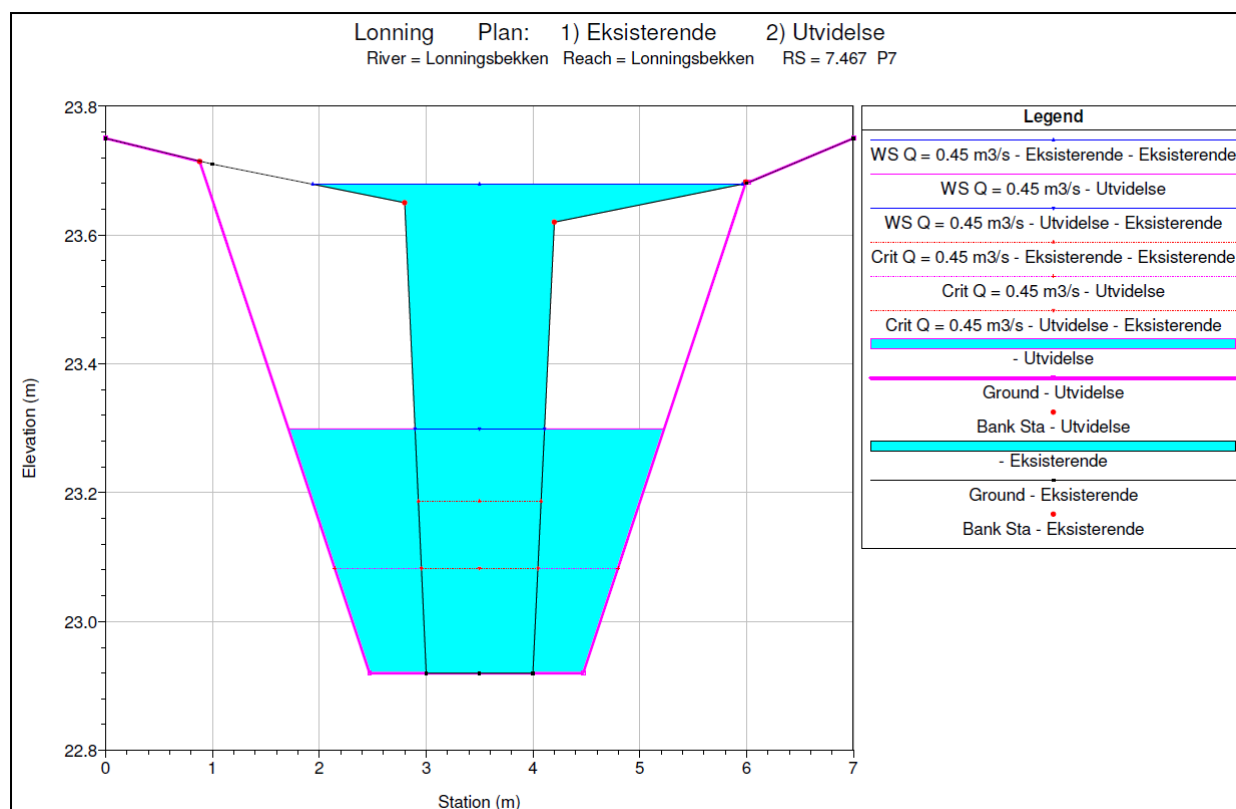
Figur V3.8 Oppstrøms kulvertåpning (kulvert under Fleslandsveien)



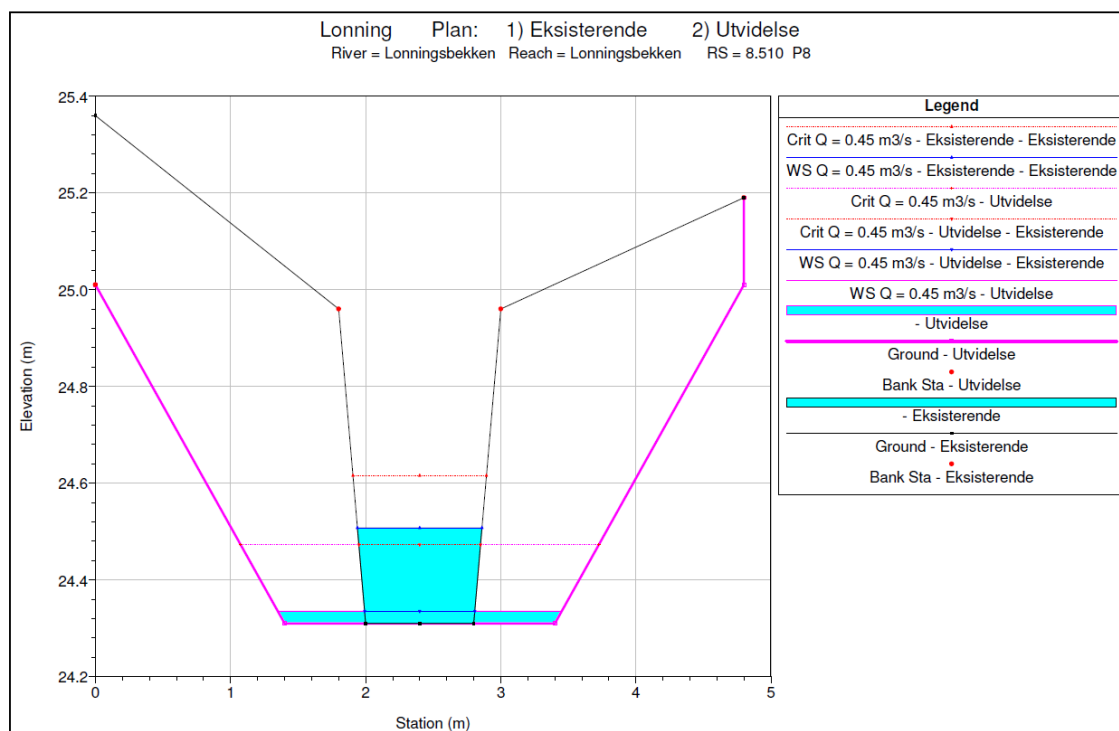
Figur V3.9 P5



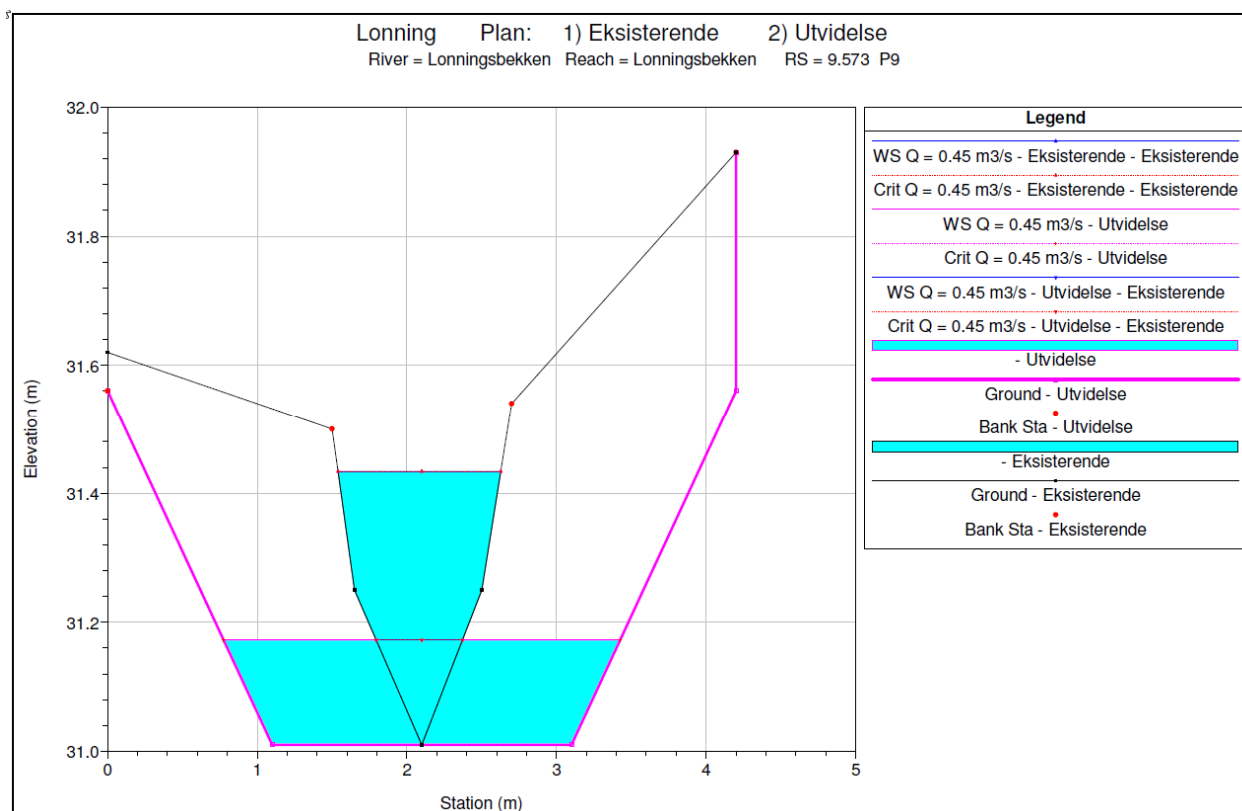
Figur V3.10: P6



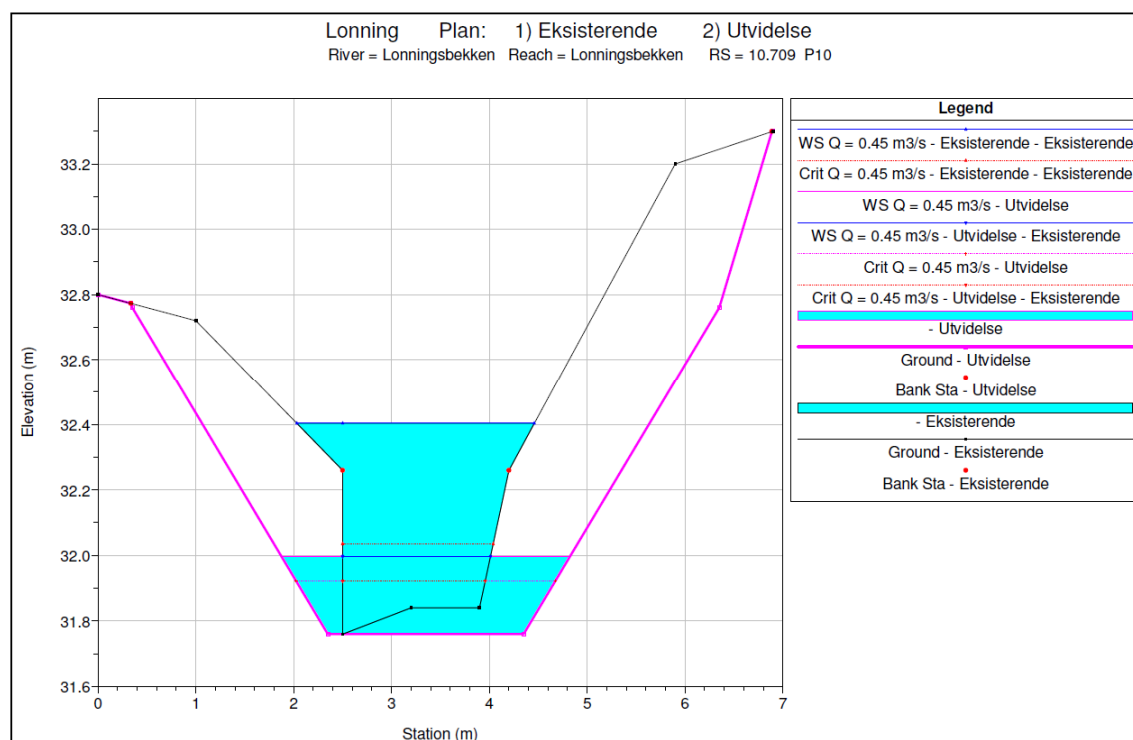
Figur V3.11: P7



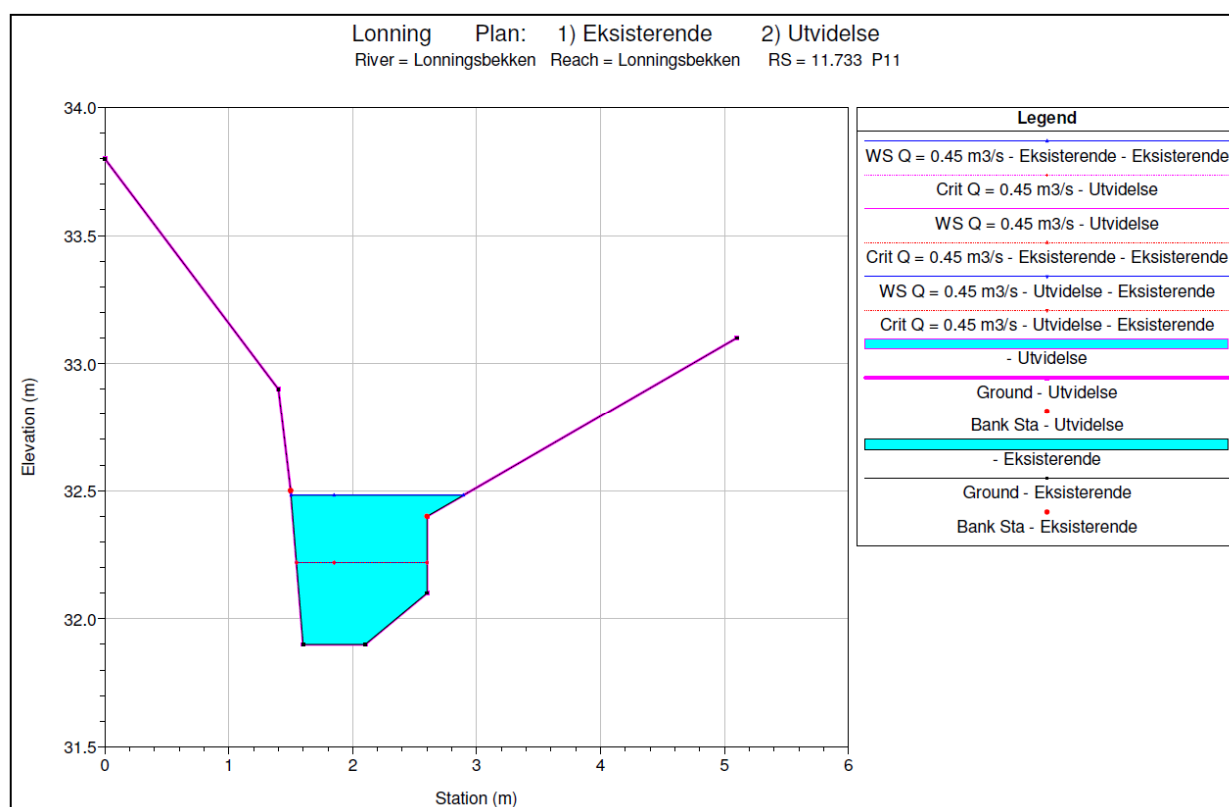
Figur V3.12: P8



Figur V3.13: P9



Figur V3.14: P10



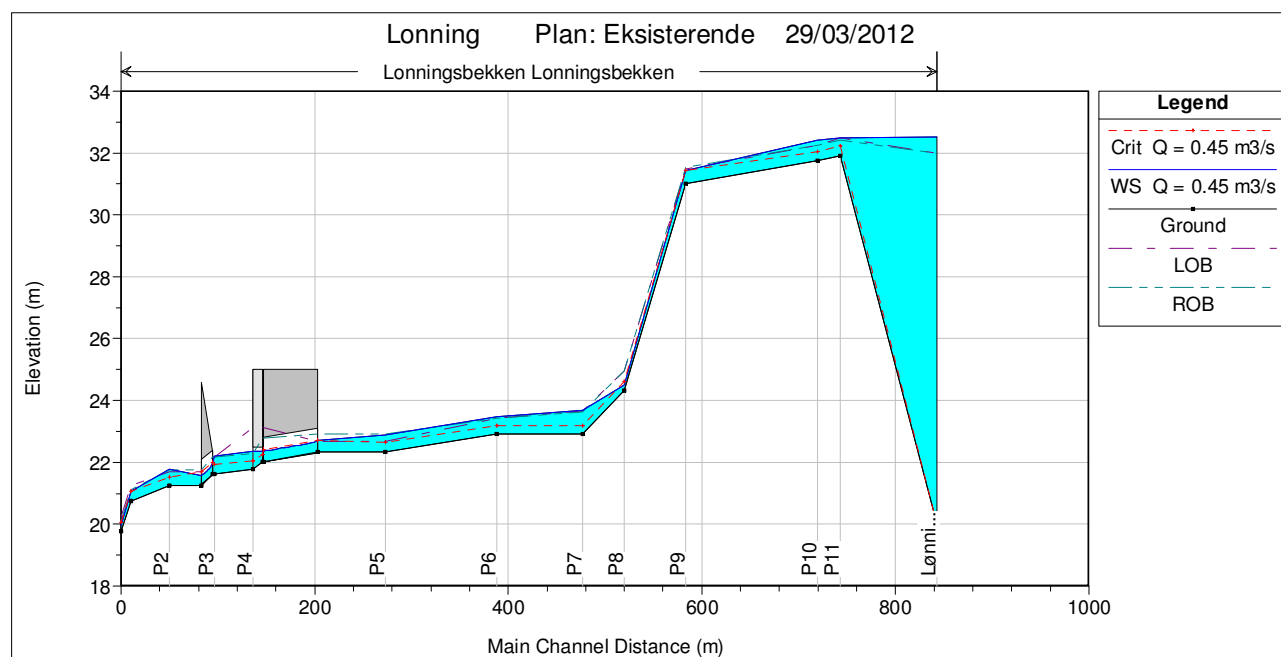
Figur V3.15: P11

VEDLEGG 4 - BEREGNEDE VANNLINJER

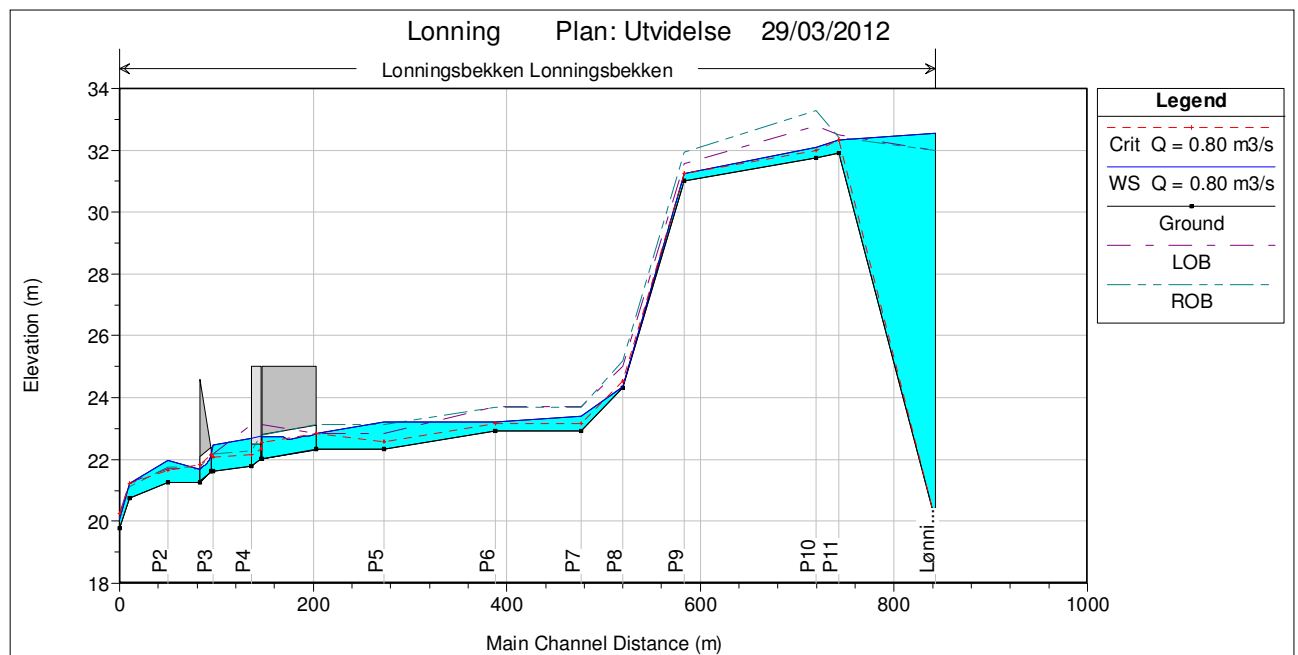
V4.1 Tegnforklaring

Crit:	Beregnet kritisk vanndybde
WS:	Beregnet vannstand
Ground:	Bunnivå i tverrsnitt
LOB:	Nivå venstre elvebredd (left overbank)
ROB:	Nivå høyre elvebredd (right overbank)

V4.2 Vannlinjer



Figur V4.1: Beregnet vannlinje for Lønningsbekken, eksisterende geometri. Kriterium: Ingen oppstuvning over elvebreddene. $Q_{\max} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur V4.2: Beregnet vannlinje for Lønningsbekken, utvidet geometri. Kriterium: Kulvert under fleslandsveien går full. $Q_{max} = 1,00 \text{ m}^3/\text{s}$.