

Lukka flaumløp med sidekanal

Utforming av innløp til sjakt / skråtunnel

Ole Håkon Hovland

Hydropower Development

Innlevert: juni 2013

Hovedveileder: Morten Skoglund, IVM

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet
Institutt for vann- og miljøteknikk



MASTEROPPGAVE

Kandidat: OLE HÅKON HOVLAND

Tittel: LUKKA FLOMLØP MED SIDEKANAL – UTFORMING AV
INNØP TIL SJAKT/SKRÅTUNNEL

1 BAKGRUNN

Alle dammar i reguleringsmagasin og inntaksbasseng må ha flomløp for å sikre at flomvatn kan passere anlegget utan skade på sjølve anlegget og omkringliggende eigedom og miljø. I Norge utformast og dimensjonerast flomløp i høve til Retningslinje for flomløp og Retningslinje for flomberekningar (NVE), men mange flomløp har forhold som ikkje dekkast fullt ut av formelverk og berekningsmetodar vist i retningslinjene. Spesielt er strøymingsforholda i lukka flomløp spesielle for kvart anlegg.

Norske fyllingsdammar byggast (med to unntak) med frie overløp. På grunn av topografiske forhold på staden er tradisjonelt slike flomløp bygd med lukka avløp, med terskel, sidekanal, sjakt og tunnel. Slike flomløp er tidlegare dimensjonert med utgangspunkt i Bernoullis energilikning, men justeringar for spesielle forhold og avvik. Likevel er det fleire stader dei siste åra avdekka at følgjande forhold systematiske er feilvurdert i dimensjoneringsgrunnlaget:

- Skeivstrøyming i sidekanal
- Strøymingsforhold i innløp til sjakt
- Akselrasjonsona i øvre del av sjakt (gjennomsnittsverdiar er nytta)

Modellforsøk har i mange tilfelle blitt nytta for utforming av lukka flomløp med sidekanal, eventuelt er erfaringar frå slike modellforsøk nytta til utforming av flomløp. Til no har ikkje numeriske berekningar åleine handtert dei vanskelege strøymingssituasjonane i nemneverdig omfang, sjølv om det heile tida gjerast framsteg her.

Alle desse flomløpa er forskjellige og må vurderast for seg sjølv, og berekningane må tilpassas det særskilte anlegg. Den delen av desse flomløpa som til nå verkar minst studert er akselrasjonssona. Denne sona kan definerast til den delen av flomløpet som er mellom samlekanalen og det punkt i sjakta kor normalstrøyming er etablert.

Mykje tyder på at det sjeldan er optimale utformingar av akselerasjonssona og innløpet til sjakt på lukka flomløp på norske dammar. Imidlertid er det, både nasjonalt og internasjonalt, utført en mengde studier på kulverter og innløp til kulverter. Mykje av dette bør kunne nyttast også i dimensjonering av flomløp.

På bakgrunn av dette vil eit literaturstudium og systematiske modellforsøk vere god hjelp for å finne dimensjoneringsreglar og optimal utforming for akselerasjonssone og innløp til sjakt/skråtunnel.

Helgedalsdammen tilhøyrande Saudefaldene har lukka flomløp. Også på denne dam kan det sjå ut som om akselerasjonssona og dermed innløpet til sjakt er et kritisk område for flomavledningskapasiteten.

2 HOVEDPUNKT I OPPGÅVA

Arbeidet vil omfatte følgende hovedpunkt:

1. Litteraturstudium med hovudvekt på hydraulisk kapasitet ved tunnel- og kulvertinnløp.
2. Planlegge forsøka med bakgrunn i manglar som er funne i litteraturstudiet. Det skal planleggast forsøk med forskjellige geometrisk utformingar av sjøve overgangen mellom sideoverløpet og sjakt/skråtunnel. Det skal også planleggast for modellforsøk av sideoverløpet på Helgedalsdammen.
3. Detaljplanlegge forsøksmodellen i samråd med rettleiarar og laboratoriepersonellet.
4. Delta i modellbygginga
5. Utføre innleiande forsøk
6. Utarbeide fullstendig forsøksplan basert på arbeidet i prosjektoppgåva og dei innleiande forsøka. Det skal vektlegges hydrauliske kapasitet ved dei forskjellige geometriske utformingane av sjøve innløpet. Hydraulisk kapasitet på innløp til sjakta på Helgedalsdammen skal finnes..
7. Gjennomføre forsøksplanen
8. Utarbeide berkningsreglar for innløp til sjakt og skråttunnel basert på modellforsøka samt forslag til utbetringar for Helgedalsdammen.

3 RETTLEIING, DATA OG INFORMASJON

Førsteamanuensis II Morten Skoglund vil vere hovudrettleiar for oppgaven. Professor Leif Lia (medrettleiar) vil saman med Samuel Vingerhagen (medrettleiar) rettleie arbeidet. Diskusjon med, og bidrag frå, kollegaer og medarbeidarar med NTNU, SINTEF, NVE, Saudefaldene og kraftselskap vert tilrådd. Bidrag som går inn i oppgåva skal alltid refererast til på rett vis.

4 RAPPORTFORMAT, REFERANSAR OG ERKLÆRING

Oppgåva skal skrivast i eit tekstbehandlingsprogram slik at figurar, tabellar, foto osv. får god rapportkvalitet. Rapporten skal innehalde eit samandrag, ei innhaldsliste, ei liste over figurer og tabellar, ei litteraturliste og opplysningar om andre relevante referansar og kjelder. Oppgåva skal leverast som pdf i DAIM og trykkast i tre eksemplar som leverast faglærer/institutt.

Samandraget skal ikkje ha meir enn 450 ord og skal vere eigna for elektronisk rapportering.

Masteroppgåva skal ikkje leverast seinare enn mandag **10. juni 2013**.

Trondheim, 14. januar 2013

Morten Skoglund
Førsteamanuensis II

Forord

Denne rapporten markerer slutten, og sjølve kulminasjonen, av den toårige mastergrad i Hydropower Development, ved Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi, Institutt for vann og miljøteknikk på Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).

Temaet i denne oppgåva er kapasiteten for innløpet til tunnel i lukka flaumløp. Denne oppgåva var planlagt som todelt. Først ein del med generelle laboratorieforsøk; med fokus på generell utforming, og kapasiteten for systematiske variasjonar av horisontal og vertikal vinklar. I den andre delen av prosjektet var det planlagt å bruke kunnskapen frå del 1 på eit praktisk eksempel. bygge ein modell av flaumløpet til Helgedalsdammen, som er eigd av min komande arbeidsgivar AS Saudefaldene. Resultata frå den første delen av prosjektet skulle brukast til å foreslå forbetringar av flaumløpet i til Helgedalsdammen. Dessverre vart det ikkje til til noko meir enn nokre overordna vurderingar av situasjonen i Helgedalen. Alle modellforsøka vart utført i Vassdragslaboratoriet ved NTNU.

Hovudrettleiar for oppgåva har vore Morten Skoglund. Eg vil takke han for god oppfølging gjennom prosjektet, og for innspel og vurderingar det dette har vore naudsynt. Eg vil og takke Leif Lia, som har vore medrettleiar for oppgåva, for viktige innspel til forsøksplan og rekkefølge for forsøka. Eg vil og takke Geir Tesaker og Samuel Vingerhagen for svar på svar på spørsmål og avklaringar under modellbygginga.

Ole Håkon Hovland Trondheim 9. juni 2013

Samandrag

Det har tidlegare vore utført modellforsøk som har studert kapasiteten til sidekanalen i eit lukka flaumløp. Denne oppgåva har til hensikt å fortsetje arbeidet, og fokuserer på kapasiteten i overgangen mellom sidekanal og tunnel.

For å kunne undersøke kapasiteten så grundig som mogleg vart det utvikla ein modulbasert modell, som tillet systematisk variasjon av horisontalvinklar, vertikal vinklar og utviding av sidekanal. Alle delar kan stillast inn med stor grad av nøyaktigheit. Med denne grada av fridom i modellen, vart det mogleg å undersøke enkelte parameterar i forsøka. sidan alle forsøka vart gjort slik at dei har eit søsterforsøk med berre ein parameter i forskjell, er det mogleg å undersøke kva verknad kvar enkelt parameter har på kapasiteten.

Kapasiteten i overgangen mellom sidekanalen og avløpskanalen i modellen vart undersøkt ved å justere horisontalvinklar og vertikal vinklar separat. Slik at dei enkelte parameterane i så stor grad som mogleg kunne isolerast, og undersøkast.

Det teoretiske grunnlaget for å berekne kapasiteten i eit overløp er noko avgrensa. Derfor vart resultatata frå modellforsøket samanlikna med likningar for berekning av kulvertkapasitet.

Resultatet frå modellforsøket viser at den beste utforminga er så slak horisontal overgang frå sidekanaltverrsnittet til tunnel tverrsnitt som mogleg. Den vertikale vinkelen på avløpet bør vere så bratt som mogleg, men ikkje brattare enn 45° .

Dette er ikkje heilt i samsvar med kulvertberekningane, men resultatata viser at berekningsmåten kan tilpassast til eit lukka flaumløp.

For flaumløpet på Helgedalsdammen vert det vurdert at det ikkje kan trekkast nokon sikre konklusjonar frå dei generelle modellforsøka utan å verifisere dei i eigne modellforsøk av det aktuelle flaumløpet.

Abstract

It has previously been carried out model experiments that have studied the capacity of the side channel for a closed spillway. This thesis intends to continue the work, focusing on the capacity of the transition from the side channel to the tunnel.

In order to investigate the capacity as thoroughly as possible, it was developed a modular model that allows for systematic variation of horizontal angles, vertical angles and expansion of the side channel. All parts can be set with a high degree of accuracy. With this degree of freedom in the model, it was possible to investigate singular parameters in experiments. All experiment was systematically executed so that they would have corresponding experiments. These corresponding experiments would only have one parameter difference, making it possible to investigate the influence of each of the parameters on the capacity.

The capacity in the transition between the side channel and the tunnel channel in the model were investigated by adjusting the horizontal angles and vertical angles separately. In that way the individual parameters could be isolated and investigated. The theoretical basis for calculating the capacity of a spillway is somewhat limited. Because of this the results were compared with equations for calculating culvert capacity.

The results from the model experiment shows that the best design for the transition zone is a gentle transition in the horizontal plane. The vertical angle of the outlet should be as steep as possible, but not steeper than 45° . This is not entirely consistent with culvert calculations, but the results show that the calculations can be adapted to a closed spillway.

For the closed spillway for Helgedalsdammen it is concluded that it is not possible to draw certain conclusions from the general model experiments, without verifying them in a specific model experiment for Helgedalen.

Innhold

I	Generelle modellforsøk	1
1	Innleiing	2
2	Grunnlag for oppgåva	4
2.1	Damsikkerhetsforskrifta	4
2.2	Strøymingstype i innløpet	5
2.3	Innløpet	5
2.3.1	Formlar og konstantar for kapasitetsberekning	6
3	Modellen	9
3.1	Utforming av modell	10
3.1.1	Vasstilførsel	10
3.1.2	Basseng	12
3.1.3	Sidekanal	12
3.1.4	Modulbasert Avløp	13
3.1.5	System for innstilling av vertikalvinkel	18
4	Forsøksplan	19
4.1	Namngiving av forsøk	19

5	Kapasitet	22
5.1	Ru kanal utan utviding	24
5.1.1	Forsøksgjennomføring og resultat	24
5.1.2	Kapasitet i ru kanal utan utviding	29
5.2	Ru kanal med Utvida kanal	33
5.2.1	Forsøksgjennomføring og resultat	33
5.2.2	Samanlikning av kapasitet melom utvida og ikkje utvida kanal	33
5.3	Ru kanal og glatt kanal	39
5.3.1	Forsøksgjennomføring og resultat	39
5.3.2	Samanlikning av kapasitet i glatt og ru kanal.	39
5.4	Samla knekkpunkt	39
5.4.1	Forsøksgjennomføring og resultat	39
5.4.2	Kapasitet med samla knekkpunkt	42
5.5	Skeiv straum i sidekanalen	42
5.6	Plate i sidekanalen	45
5.6.1	Forsøksgjennomføring og resultat	45
5.6.2	Kapasitet For plate i sidekanal	45
5.7	Repeterbarheit	48
6	Usikkerheit og feilkjelder	52
6.1	Vassføring	52
6.2	Vasstand i basseng	53
6.3	Vasstand i kanal	53
6.4	Geometri i kanal	53
7	Konklusjon	55

8 Forslag til vidare arbeid	56
II Helgedalen	57
9 Bakgrunn	58
9.1 Utført studie av lukka flaumløp Helgedalen	58
9.2 Vurderingar av Helgedalen opp mot generelle forsøk	58
A Observasjonstabellar	63
B Grafar for ikkje utvida Ru kanal	110
C Samanlikning mellom utvida og ikkje utvida	119
D Grafar for Ru og Glatt kanal	128
E Samla knekkpunkt	137
F Plate i sidekanal	144
G Repeterbarheit	148
H Tabell A.1., A.2, A.3 og A.4 Norman et al. (2012)	152

Figurar

2.1	Figuren viser vasstraumen gjennom ein flaumtunnel. 70% av tverrsnittet kan vere vassfylt. (NVE 2005)	6
2.2	Kontraksjonen av vasstraumen på grunn av skarpkanta innløp. (Norman 2012)	7
2.3	Likningar for dykka kulvert (A.3) og ikkje-dykka kulvert (A.1 og A.2) (Norman 2012).	8
3.1	Kapasitetskurve for flaumløp, og avløp i form av eit $\varnothing=110\text{mm}$ røyr (Walløe, 2012)	10
3.2	Bassenget i modellen	11
3.3	Planteikning og snitt av sidekanalen og det modulbaserte avløpet. Blå pil viser retninga på vasstraumen gjennom modellen.	14
3.4	Bilete av modulbasert avløpssystem, frå forsøk 1-10-45-0-1-0, med vassføring 45 l/s. Biletet ser ein, frå høgre mot venstre, enden av kanalveggen i sidekanalen, kanalutviding, samlevinkel (45°) og avløpskanal (10°).	15
3.5	Oppsett som viser prinsippet for innstillinga av vertikalvinkelen til avløpskanalen.	17
4.1	Forsøksmatrise	20

5.1	Grafen visar vasstanden i målepunkta K8, V3, A1 og A2 for vassføringa 15 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen.	26
5.2	Grafen visar vasstanden i målepunkta K8, V3, A1 og A2 for vassføringa 35 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen.	27
5.3	Grafane visar vasstanden i målepunkta K8, V3, A1 og A2, for vassføringa 45 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen.	28
5.4	Grafanen viser vasstanden i målepunkta K8, V3, A1 og A2, for vassføringa 65 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen.	30
5.5	Forsøk 0-67.5-67.5-0-1-0 med vassføring 51 /s. Ein ser på bilettet korleis vasstrengen ikkje har kontakt med avløpskanalen på nokon sider eller botn av kanalen. Situasjonen er lik for større vassføringar.	31
5.6	Vasstand i målepunkta K8, V3 og A1 for vassføringa 15 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen. Det første talet i namnet seier om kanalen er utvida eller ikkje.	34
5.7	Vasstand i målepunkta K8, V3 og A1 for vassføringa 35 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen. Det første talet i namnet seier om kanalen er utvida eller ikkje.	35
5.8	Vasstand i målepunkta K8, V3 og A1 for vassføringa 45 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen. Det første talet i namnet seier om kanalen er utvida eller ikkje.	36
5.9	Grafane viser vasstanden i venstre side av målepunkt V3 for vassføringane 35 l/s, 45 l/s og 55 l/s.	37
5.10	Grafane viser vasstanden i målepunkta K8, V3, A1 og A2, for vassføringa for glatt og ru kanal.	40
5.11	Vasslinje for glatt kanal, forsøk 0-10-45-0-0-0. Og for Ru kanal, forsøk 0-10-45-0-1-0. Forskjellig farge på linjene representerer forskjellig vassføring. Stipla linje betyr glatt kanal og heil linje betyr ru kanal.	41

5.12	Grafen viser vasstanden i målepunkta K8, V3, A1 og A2, for vassføringa 45 l/s. Horisontalvinkelen i samlevinkelen er 45°. Dei blå punkta viser forsøk med Samla knekkpunkt. Den raude kurva viser viser forsøk med normalt kanaloppsett.	43
5.13	Biletet viser vasstraumen gjennom samlevinkelen i forsøk 0-45-45-0-1-1, som har samla knekkpunkt for horisontal og vertikal vinkel. Teikninga til høgre viser eit snitt av samlevinkelen i same forsøk.	44
5.14	Figuren viser vasstransporten gjennom kanalen og avløpet. Stor vasstransport er indikert med kraftigare piler	44
5.15	Figuren viser vasslinja i sidekanalen, med og utan plate, for utvalte forsøk. Blå kurve viser vasslinja utan plate. Raud kurve viser vasslinja med plate.	46
5.16	Figuren viser plata plassert i sidekanalen, og tenkt effekt på vasstraumen. Plata er teikna inn i sidekanalen som mørkebrun linje.	47
5.17	Vasslinje for det repeterte forsøket 0-10-45-0-1-0. Det originale forsøket har heil kurve, og det repeterte har stipla	50
5.18	Viser vasslinja for to forsøk med nesten same vassføring	51
9.1	Digital modell av helgedalen sett frå innløpet til tunellen opp mot overløpet	59
9.2	To forskjellige forslag til å auke kapasiteten. Raud linje viser tenkt senking av kanalbotn. Terskel er teikna inn med blått	61

Tabellar

4.1	Alle brukte verdier for alle foranderlege modell parameterar.	21
-----	---	----

Digitale vedlegg til rapporten

2013-05-23 Tavbell for eknelt vassføringsnivå .xlsx - Alle observasjonar frå alle forsøk

Tegning Dam Helgedalsvann Grøner.pdf - Teikningar av Helgedalsdammen

Del I

Generelle modellforsøk

Kapittel 1

Innleiing

Flaumløpet er viktig for alle damtypar. Flaumløpet sikrar at ei klarer styre vasstraumen trygt forbi dammen ved flaum. Eit flaumløp kan enten leie vatnet rundt, gjennom eller over dammen. Vasstraumen inn i flaumløpet vert enten bestemt av eit fast overløp eller eit manøvrerbart løp.

For fyllingsdammar er det, av omsyn til damsikkerheita, mest vanleg å leie vatnet rundt dammen gjennom eit lukka flaumløp med eit fast overløp. Denne løysinga vert òg brukt for andre damtypar der forholda på damstaden tilseier at ei slik utforming er gunstig. Eit lukka flaumløp er bygd opp av ein overløpsterskel, ein sidekanal og ein tunnel eller ei sjakt.

Kapasiteten for sidekanalen vart undersøkt og skildra i (Walløe, 2012). Denne masteroppgåva tar sikte på å undersøke kapasiteten i overgangen mellom sidekanalen og tunnelen. Kapasiteten skal undersøkast ved å bygge ein modell av eit lukka flaumløp. Og lage forskjellige anordningar som kan undersøke kapasiteten i overgangen mellom sidekanal og tunnel, ved hjelp av å forandre forskjellige parameterar i kanalen.

På grunn av det avanserte strøymingsmønsteret i sidekanalen, vert lukka flaumløp svært komplekse hydraulisk. Og det manglar ennå nok datagrunnlag til å vise at numeriske berekningar gir eit korrekt resultat (Midttømme 2011). Derfor vert det i stor grad framleis nytta modellforsøk for å bestemme kapasiteten til lukka flaumløp i dag. På grunn av kostnadane ved slike forsøk, vert det utvikla numeriske metodar for å vurdere kapasiteten i lukka flaumløp.

I dette skal berre den delen av flaumløpet som er overgangen mellom sidekanal og tunnel undersøkast.

Kapittel 2

Grunnlag for oppgåva

Eit lukka flaumløp består av ein overløpsterskel, ein samlekanal, eit innløp til sjakt/tunnel, sjakt/tunnel og utløp av sjakt/tunnel. Denne oppgåva fokuserer på innløpet til sjakt/tunnel. Kapasiteten for sidekanalen og overløpsterskelen har er behandla i (Walløe, 2012). Det vert ikkje mogleg å undersøke kapasiteten i sjakt eller tunnel, på grunn av den valde løysinga for modellforsøket.

2.1 Damsikkerheitsforskrifta

Damsikkerheitsforskrifta stiller krav til at eit flaumløp skal avleie dimensjonerande flaum ved dimensjonerande flaumvasstand.

Dersom flomavledning skjer gjennom sjakt eller tunnel (lukket avløp), skal disse utformes slik at det blir friskeilstrømning i øvre del av systemet ved avledning av dimensjonerende avløpsflom. Overgangen fra overløpsterskel til sjakt eller tunnel skal gis en god hydraulisk utforming, slik at denne delen av flomløpet ikke blir begrensende for kapasiteten. Ved avledning av påregnelig maksimal avløpsflom, jf. § 5-7, tillates rørstrømning ved at hele tverrsnittet går vannfylt, forutsatt at overløpet er bestemmende for vannstanden i magasinet. (Damsikkerhetsforskriften, 2009)

2.2. STRØYMINGSTYPER I INNLØPET 2. GRUNNLAG FOR OPPGÅVA

For lukka flaumløp er det stilt krav til at vasstraumen skal ha ein fri vasspegel gjennom flaumløpet ved dimensjonerande flaum. Ved PMF er kravet at overløpsterskelen skal avgjere vasstanden i magasinet. For overgangen mellom sidekanal og sjakt / tunnel er det ikkje stilt anna krav enn at: "Overgangen fra overløpsterskel til sjakt eller tunnel skal gis en god hydraulisk utforming, slik at denne delen av flaumløpet ikke blir begrensende for kapasiteten." (Damsikkerhetsforskriften, 2009)

Det som denne oppgåva skal finne svar på er kva som er ei god hydraulisk utforming av overgangen. Sjølv om formuleringa om god hydraulisk utforming står i damsikkerhetsforskrifta, så er det ikkje definert i forskrifta kva som er ei god hydraulisk utforming.

2.2 Strøymingstype i innløpet

Denne oppgåva fokuserer på den dimensjonerande flaumsituasjonen. Det betyr at kravet frå Damsikkerhetsforskrifta om frispegelstrøyming er gjeldande. Samtidig må ein ta omsyn til at NVE stiller krav til at berre 70% av tverrsnittet i sjakt og tunnel kan vere vassfylt. (NVE 2005). Graden av vassfylling i tverrsnittet vert bestemt ut frå Mannings formel:

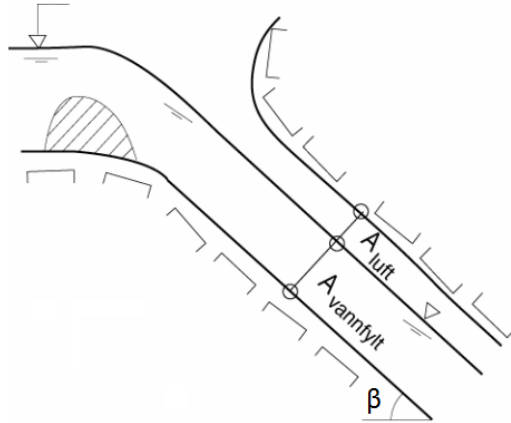
$$Q = M A R_h^{\frac{2}{3}} S_0^{0.5} \quad (2.1)$$

Kravet til at 70% vassfylling gjer at tunnelarealet, A , i formelen, vert redusert, og ein reknar i prinsippet kapasiteten for ein tunnel med eit mindre tverrsnitt.

På grunn av krava frå NVE kan innløpet derfor sjåast på som ein kulvert med innløpskontroll. For ein dimensjonerande flaum vert innløpet i prinsippet som ein ikkje dykka kulvert, medan han kan reknast som ein dykka kulvert ved PMF.

2.3 Innløpet

Sidan innløpet kan reknast på som ein kulvert med innløpskontroll er kapasiteten i kulverten avgjort ut frå energihøgda til vatnet ved i innløpet, og kva tapsledd som er til stades.



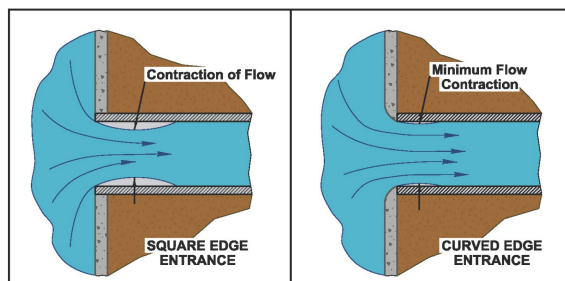
Figur 2.1: Figuren viser vasstraumen gjennom ein flautunnel. 70% av tverrsnittet kan vere vassfylt. (NVE 2005)

Ved tapsfri vasstraum kunne ein brukt ei enkel energibetraktning. Ut frå energilikninga ville ein få denne kapasiteten: $Q = A\sqrt{HW \cdot 2g}$.

I eit verkeleg innløp vert det derimot alltid tapsfaktorar som verkar inn. I figur 2.2 kan ein til dømes sjå korleis eit rettvinkla innløp gir ein større kontraksjon enn eit avrunda. Figuren viser korleis det effektive arealet vert redusert på grunn av utforminga. Kontraksjonen kan motverkast ved å gi innløpet ei avrunda form, eller å lage vengemurar til å samle vatnet (Norman 2012).

2.3.1 Formlar og konstantar for kapasitetsberekning

For å finne kapasiteten til ein kulvert kan ein bruke likningane i figur 2.3. Desse likningane tek omsyn til tapsledd. Likning A.1 og A.2 er gjeldande for ikkje-dykkka innløp, medan A.3 gjeld for dykka innløp. I desse formlane er "S" hallinga i kulverten, og "D" er høgda på kulvert opninga. K, M, c, Y er konstantar som er avhengige av utforminga av innløpet. Ein kan finne typiske verdiar for desse konstantane i tabellar i Norman et al. (2012) i apendiks H.



Figur 2.2: Kontraksjonen av vasstraumen på grunn av skarpkanta innløp. (Norman 2012)

For å velje kva formel som skal brukast, skal ein sjå til vassføring og høgde og areal av kulverten. For udykka kulvert skriv Norman et al. (2012):

The unsubmerged equation has two forms. Form (1) is based on the specific head at critical depth, adjusted with correction factors. Form (2) is an exponential equation similar to a weir equation. Form (1) is preferable from a theoretical standpoint, but Form (2) is easier to apply and is the only documented form of equation for some of the inlet control equations. Equations (A.1) and (A.2) apply up to about $Q/AD^{0.5} = 3.5$ (1.93 SI). (Norman 2012)

Formelen for dykka kulvert gjeld frå: $Q/AD^{0.5} = 4$ (2.21 SI)

For den udykka situasjonen vert formlane vurdert slik at formel (A.1) er den teoretisk beste. Formel (A.2) vert skildra som den som er enklast i bruk, og han er dokumentert.

Det som er interessant å merke seg at formel (A.2) ikkje tek omsyn til hallinga i kulverten. Om denne formelen skal kunne brukast for lukka flaumløp, så kan det ikkje vere forskjell i kapasiteten til flaumløp med varierende vertikalvinkel i tunnelen. Om det er ein slik forskjell, så må ein av formlane som tek omsyn til hallinga nyttast.

Formel A.1 tek omsyn til hallinga. Det same gjer formel A.3 for dykka kulvert.

$$\frac{HW_i}{D} = \frac{H_c}{D} + K \left[\frac{K_u Q}{AD^{0.5}} \right]^M + K_s S \quad \text{Form (1)} \quad (\text{A.1})$$

$$\frac{HW_i}{D} = K \left[\frac{K_u Q}{AD^{0.5}} \right]^M \quad \text{Form (2)} \quad (\text{A.2})$$

$$\frac{HW_i}{D} = c \left[\frac{K_u Q}{AD^{0.5}} \right]^2 + Y + K_s S \quad (\text{A.3})$$

Where:

HW_i	Headwater depth above inlet control section invert, ft (m)
D	Interior height of culvert barrel, ft (m)
H_c	Specific head at critical depth ($d_c + V_c^2/2g$), ft (m)
Q	Discharge, ft ³ /s (m ³ /s)
A	Full cross sectional area of culvert barrel, ft ² (m ²)
S	Culvert barrel slope, ft/ft (m/m)
K, M, c, Y	Constants from Tables A.1, A.2, A.3
K_u	Unit conversion 1.0 (1.811 SI)
K_s	Slope correction, -0.5 (mitered inlets +0.7)

Figur 2.3: Likningar for dykka kulvert (A.3) og ikkje-dykka kulvert (A.1 og A.2) (Norman 2012).

Kor eigna er konstantane til å brukast i lukka flaumløp?

Ved bruk av formlane må ein hugse på at konstantane er utvikla for bruk i kulvertar, og dei kan ikkje utan vidare nyttast for flaumløp. Ut frå formlane, og konstantane som vert brukt i tabellane, ser ein at den beste kapasiteten for ein kulvert er ein vinkel på vengemuren i kulverten på mellom 30° og 70°. Om dette stemmer for eit lukka flaumløp, inneber det at ein horisontalvinkel i innløpet til tunnelen på 22.5°, skal ha dårlegare kapasitet enn ein vinkel på 45°. Om ein ser at kapasiteten er betre for horisontalvinkelen på 22.5°, tyder det på at ein må utarbeide nye konstantar for bruk i sidekanalen.

Kapittel 3

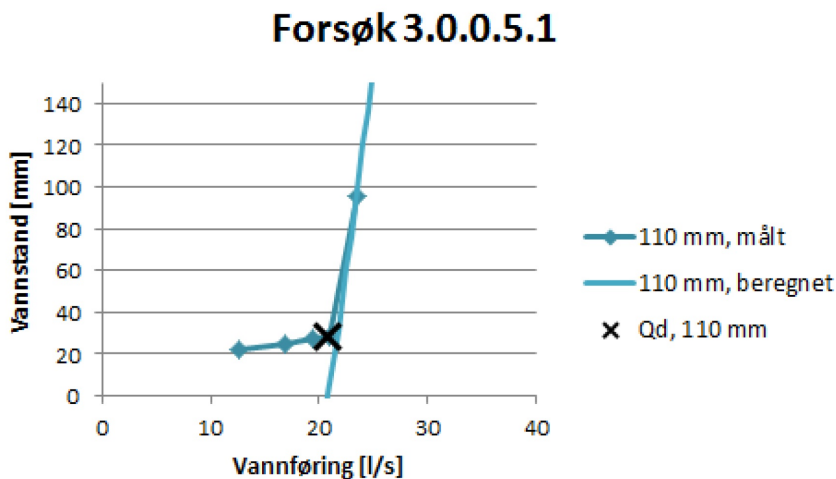
Modellen

For å kunne undersøke kva parameterar som er viktige og avgjerande for kapasiteten i eit lukka flaumløp, måtte det utviklast ein modell der ein i størst mogleg grad kan isolere og endre kvar enkelt parameter separat.

Krava for modellen var at han måtte kunne ha stillbar innløpsvinkel og avløpsvinkel. Samtidig måtte vasstanden gjennom modellen kunne observerast, og det heile måtte kunne gjerast innan rimeleg tid, og innanfor ei kostnadsramme som står i stil til ei masteroppgåve.

Det var valt å bygge modellen av det lukka flaumløpet som ein open kanal. Denne modelleringa har openbare manglar. Ein får til dømes ikkje den same dynamikken i at flaumløpet fyller seg opp, for så å gå over til trykkstrøyming. Dermed kan ikkje modellforsøket gi eit knekkpunkt i kapasitetskurva slik som omtalt i (Walløe, 2012), og vist i figur 3.1. Denne modellen kan ikkje brukast til å modellere den faktiske maksimale kapasiteten for eit lukka system som ellers er likt. Modellen svarar til ein lukka flaumtunnel, som oppfyller kravet til ein fri vasspegel inn i tunnelen.

Fordelen med den valde utforminga av modellen er at modellen er rask å bygge om. Derfor får ein utført mange mange forsøk. Sidan vassoverflata i modellen er synleg, kan vasslinja observerast gjennom heile flaumløpet. Derfor gir denne utforminga av modellen eit veldig breitt grunnlag for å vurdere kapasiteten av eit flaumløp, heilt til det punktet der ein ikkje har ein fri vasspegel.



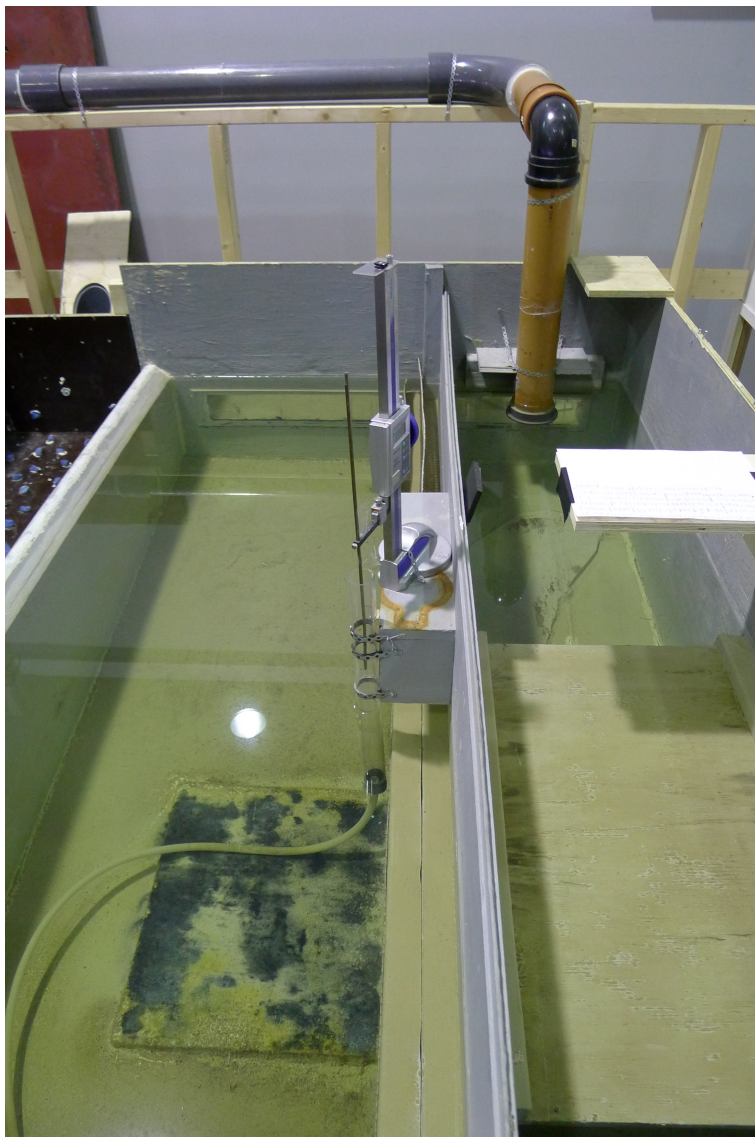
Figur 3.1: Kapasitetskurve for flaumløp, og avløp i form av eit $\phi=110\text{mm}$ røyr (Walløe, 2012)

3.1 Utforming av modell

Modellen består av 3 hovuddelar. Eit basseng, ein sidekanal og eit modulbasert avløp. For å skildre modellen, vert høgre og venstre nytta etter orientering mot nedstraums retning i sidekanalen. Målestavane i samlekanalen vert til dømes omtala som at dei er på høgre side i samlekanalen. Bassenget og sidekanalen er den same sidekanalen og bassenget som er skildra i (Walløe, 2012).

3.1.1 Vasstilførsel

Tilførselen av vatn til modellen er todelt. Begge er ein del av det sentrale tilførselssystemet for vatn i laboratoriet, men dei er drivne av to separate pumper. Det eine systemet har ein røyr diameter på 110mm og kan levere i overkant av 30 l/s. Det andre røyr systemet har ein røyr diameter på 315mm og kan levere 170 l/s. I praksis betyr dette at det minste systemet er brukt for vassføringar opp til 30 l/s, og det største systemet er brukt for vassføringar over dette. Vassføringa er regulert ved ein sluseventil på begge systema.



Figur 3.2: Bassenget i modellen

Måleinnretningar

Vassføringa vert, for begge systema, målt med SITRANS F M MAG 5100 W sensor. Sensoren er kombinert med ein SITRANS F M MAG 5000 transmitter. Dette systemet er eit elektromagnetisk målesystem for vassføring. Målaren fungerer ved å lage eit elektromagnetisk felt som vatnet går gjennom. Siden vatnet er elektrisk leiande, betyr dette at det vert indusert ei spenning når den elektriske leiaren går gjennom det elektromagnetiske feltet. Denne spenninga vart tolka i transmitterdelen, og ved hjelp av at røyrdimensjonen er lagt inn i systemet får ein ut vassføringa på eit display.

3.1.2 Basseng

Bassenget, som vist på figur 3.2, er delt i to av ein skiljevegg. Skiljeveggen består av tre lag med perforerte plater med plastmatter mellom. Vatnet frå dei to tilførselssystema kjem inn på venstre side av skiljeveggen, og vasstraumen vert godt utjamna for alle vassføringar som det er køyrt forsøk på. Det minste tilførselssystemet visast i biletet, medan det største er skjult under plata til høgre i figur 3.2. På høgre sida av skiljeveggen er terskelen og tilstrøymingsområdet for denne. Her er vasstandsmålaren montert. Bassenget er 2.27m langt, og 1,37m breitt. Bassenget er 0.6m djupt målt frå terskelen.

Terskelen utgjer den høre sida av bassenget, og løper langs heile den innvendige lengda på 2.27m. Terskelen er ein vegg med breidde på 0.085m, med ein avrunda topp.

Måleinnretningar

Vasstanden i bassenget vart målt med ABSOLUTE Digimatic Height Gage Series 570. Vasstanden vart målt i ein sylinder, som vart montert slik som vist i figur 3.2. I botn av sylindern vart det montert ein slange til den kanten av bassenget som vender mot utløpet av sidekanalen. På denne måten vart vasstandsmålingane så nøyaktige som mogleg.

3.1.3 Sidekanal

Sidekanalen er ein oppsamlingskanal for overløpsterskelen, og han er vist til venstre for overløpsterskelen i figur 3.2. Skjematisk oppriss av sidekanalen er

vist i figur 3.3. Sidekanalen er stillbar i djup, breidde og halling. I forsøka vart breidda av kanalen sett til 0.500m, og hallinga vart sett til $\vartheta=3^\circ$.

Det vart først kjørt forsøk med glatt kanal. Etter det vart kanalen bygd om til ru kanal, og forsøka i ru kanal vart utført. Kanalen vart gjort ru ved å lime på stein med ein høgde på rundt 20mm, med ein senteravstand på rundt 100mm. Steinane er dermed av same storleik og med same senteravstand som i (Walløe, 2012). Det vart valt den same metoden for å gjere kanalen ru som i (Walløe, 2012), fordi det er ønskjeleg med mest mogleg samanliknbare resultat.

Måleinnretningar

Sidekanalen har 8 målestavar K1-K8, som måler vasstanden i kanalen. Desse er plassert på høgre side av kanalen. Målestavane er plassert med ein senteravstand på 0.30m gjennom heile sidekanalen. Målestavane har ein lengde på 28cm.

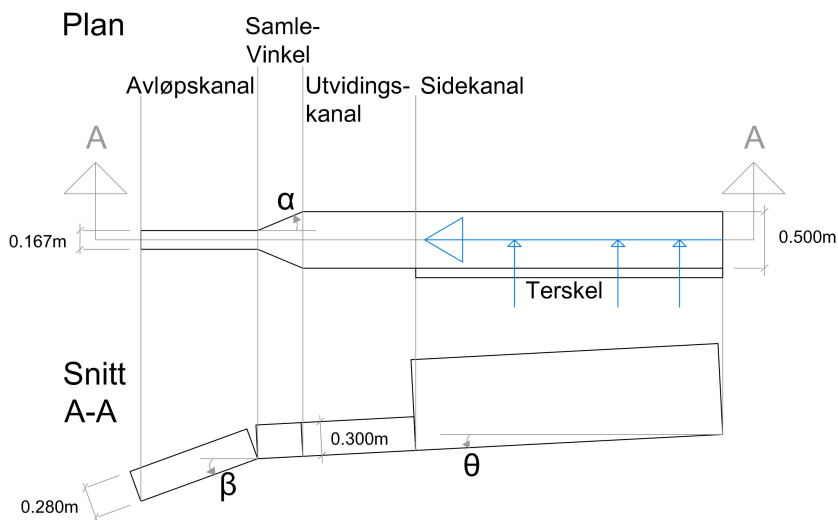
3.1.4 Modulbasert Avløp

Det modulbaserte avløpet består av tre hovuddelar. Kanalutviding, samlevinkel og avløpskanal, som vist i figur 3.3

Kanalutviding

Kanalutvidinga er ei utviding av sidekanalen med same breidde som sidekanalen, 0,5m, og ein lengde ein lengde på 1m. Utvidinga har den same hallinga som sidekanalen. Ruheita i sidekanalutvidinga er tilsvaranderuheita i sidekanalen. Utvidinga er laga slik at ho kan koplast til kanalen, eller fjernast ved behov.

Målestavane for vasstanden i utvidingskanalen, U1-U3, er plassert slik at U3 hamnar like langt frå enden av utvidingskanalen som K8 er nær enden av sidekanalen. Utan om dette er målestavane plassert slik at mellomrommet mellom målestavane er det same gjennom både sidekanalen og utvidingskanalen. Plasseringa er vald slik for å få mest mogleg samanliknbare resultat med og utan sidekanal.



Vinkler som har vore nytta i forsøka:

$\alpha = 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ$

$\beta = 3^\circ, 10^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ$

$\theta = 3^\circ$

Lengde av modular:

Sidekanal $L=2.27\text{m}$

Utvidingskanal $L=1.00\text{m}$

Samlevinkel 22.5° $L=0.404\text{m}$

Samlevinkel 45° $L=0.166\text{m}$

Samlevinkel 67.5° $L=0.069\text{m}$

Samlevinkel 90° $L=0.012\text{m}$

Figur 3.3: Planteikning og snitt av sidekanalen og det modulbaserte avløpet. Blå pil viser retninga på vasstraumen gjennom modellen.



Figur 3.4: Bilete av modulbasert avløpssystem, frå forsøk 1-10-45-0-1-0, med vassføring 45 l/s. Biletet ser ein, frå høgre mot venstre, enden av kanalveggen i sidekanalen, kanalutviding, samlevinkel (45°) og avløpskanal (10°).

Samlevinkel

Samlevinkelen er modulen i som utgjør overgangen mellom sidekanalen og avløpskanalen. For å kunne stille inn vinkelen på innløpet til avløpskanalen, vinkel α i figur 3.3, er samlevinkelen bygd opp av fire utbyttbare modular med forskjellige lengder som gir innløpet til avløpskanalen fire forskjellige innløpsvinklar. Samlevinklane er laga slik at dei gir innløpsvinklar på, etter tur, 22,5, 45, 67,5 og 90 grader. Vinklane er definert som vist i figur 3.3. Samlevinkelen er gjort ru på same måte som sidekanalen, og har den same ruheita.

Målestavane i sidekanalen er plassert slik at ein målestav er på midten av samle-vinkelen og ein målestav er montert kvar ende av samlevinkelen. Målestavane i endene av vinkelen er plassert rundt to cm frå enden av samlevinkelen. Dette er gjort av modelltekniske omsyn, slik at overgangen mellom modulane kan tettast for lekkasje på ein fornuftig måte.

Avløpskanal

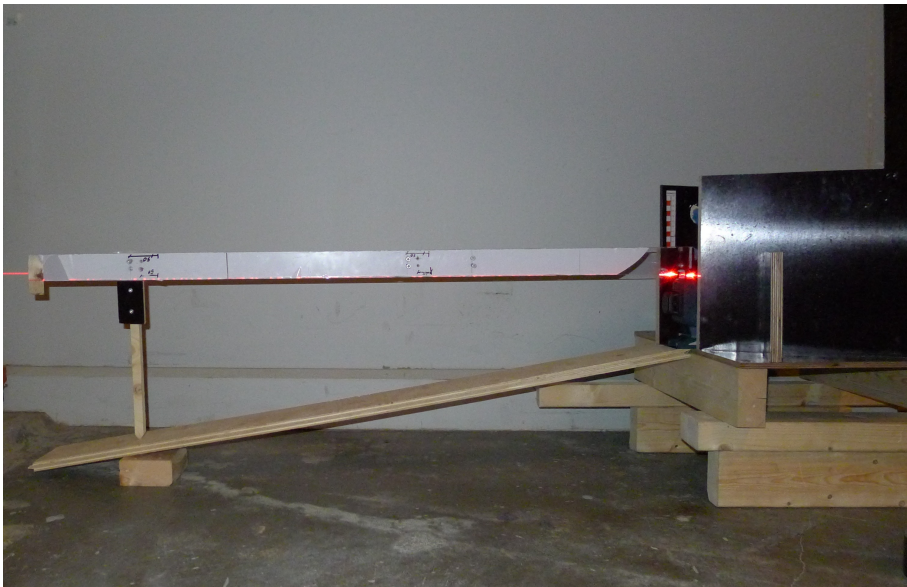
Avløpskanalen er ein modul med lengde 1,19m og innvendig breidde på 0,167m, som vist i figur 3.3. Avløpskanalen er stillbar i vertikalvinkel (β). I forsøka er β , sett til 67,5°, 45°, 22,5°, 10° og 3°.

For å stille vertikalvinkelen vart det nytta eit eigenutvikla system for innstilling av vertikalvinklar som er vist i figur 3.5.

Målestavane i avløpskanalen er plassert på 0,03m, 0,125m, 0,25m, 0,50m og 1,00m frå innløpet til avløpskanalen. Plasseringa er vald for å fange opp raske endringar i vasstanden etter at vatnet renn inn i avløpskanalen. Plasseringa av den første målestaven 3cm frå innløpet til kanalen er av modelltekniske omsyn, slik at modellen kan tettast for lekkasje mellom modulane.

Måleinnretningar

Det vart plassert målestavar langs heile det modulbaserte avløpet. U1-U3 i utvidinga, V1-V3 i samlevinkelen og A1-A5 i avløpskanalen.



Figur 3.5: Oppsett som viser prinsippet for innstillinga av vertikalvinkelen til avløpskanalen.

3.1.5 System for innstilling av vertikalvinkel

Vertikalvinkelen vart innstilt med ein planlaser (Bosch GLL 3-80 P Professional), og eit system for å måle fall som er spesialutvikla for dette prosjektet. Systemet er vist i figur 3.5. Dette systemet vart nytta for alle horisontalvinklar i modellen frå 3° - 22.5° . For horisontalvinklar over dette kunne systemet verte unøyaktig, og det vart nytta ein water for å måle vinklar på 45° - 67.5° . Systemet fungerer slik at laserstråla føl undersida av plexiglasbjelken. Flisa i enden av bjelken fangar opp laserstråla og hjelper til med å få ei nøyaktig innstilling av kanalen. Kva avstandsholdar som er montert avgjer kva vinkel kanalen vert sett til. Fininnstillinga av systemet vert gjort med kilar. Dette sikrar optimal nøyaktigheit i innstillinga av kanalen.

Sidan planlaseren sender ut ei langsgående stråle, vart systemet òg nytta til å stille inn retningsvinkelen på avløpskanalen. Sidan laseren står på eit fast punkt, kan ein dermed sikre retninga på avløpskanalen ved hjelp av eit punkt i oppstraums ende av kanalen, og eit i avløpskanalen.

Kapittel 4


Forsøksplan


Modellen er laga slik at han har ein vertikalt innstillbar sidekanal, og ein utbyttbar samlekanal med forskjellige innløpsvinklar. Desse kombinasjonane av vinklar på avløpskanal og innløpsvinkel, vart utført både med og utan utvida sidekanal. Utover dette er det mogleg å flytte knekkpunktet for avløpskanalen inn til enden av sidekanalen, slik at samlekanalen og avløpskanalen får same vertikale vinkel, samla knekkpunkt. Det vart òg utført eit forsøk med glatt kanal, dette vart utført før modellen vart ombygd til ru kanal. For å halde orden i desse kombinasjonane av parameterar, så vart det laga ei forsøksmatrise figur 4.1

I tillegg til dei forsøka som framgår av forsøksmatrisa, vart det utført enkelte forsøk med å avgrense straumen på tvers av sidekanalen med ei langsgåande plate midt i sidekanalen. Desse forsøka er omtala som “plate i sidekanal”. Desse forsøka vart utført både med og utan forlenga kanal.

4.1 Namngiving av forsøk

Forsøka har fått namn slik at kvart oppsett av modellen, med sin unike kombinasjon av parameterkonfigurasjonar, har sitt eige unike namn. Samtidig fortel namnet kva parameterar som er undersøkt i forsøket. Namnet består av ei talrekke der kvart tal svarar til statusen for ein parameter i forsøket. For å seie om ein parameter er til stades eller ikkje, er tala “0” og “1” nytta. “1” tyder at parameteren er til stades, “0” tyder at han ikkje er det. For den horisontale

Utan forlenga sidekanal					
		Horisontal utforming			
		90°	67.5°	45.0°	22.5°
Vertikal utforming	3.0°	×	×	×	×
	10.0°	×	×	×	×
	22.5°	×	×	×	×
	45.0°	×	×	×	×
	67.5°	×	×	×	×
		Samla Knekkpunkt			
Vertikal utforming	45.0°			×	
	10.0°			×	
		Glatt kanal			
Vertikal utforming	10.0°			×	

Med forlenga sidekanal					
		Horisontal utforming			
		90°	67.5°	45.0°	22.5°
Vertikal utforming	3.0°				
	10.0°	×	×	×	×
	22.5°	×	×	×	×
	45.0°	×	×	×	×
	67.5°				

Figur 4.1: Forsøksmatrise

Utvida kanal	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel	Plate	Ru	Samla knekkpunkt
	3				
0	10	22.5	0	0	0
	22.5	45			
1	45	67.5	1	1	1
	67.5	90			

Tabell 4.1: Alle brukte verdier for alle foranderlege modell parameterar.

samlevinkelen og den vertikale avløpsvinkelen, er den faktiske vinkelen desse hadde i forsøket brukt. Prinsippet er vist i tabell 4.1.

Namnet er bygd op slik “Utvida kanal” - “Vertikal vinke” - “Horisontal vinkel”- “Plate” - “Ru” - “Samla knekkpunkt”

Ser ein på forsøket med namn “0-45-22.5-0-1-0”. Så tyder dette at kanalen ikkje er utvida i dette forsøket, den vertikale vinkelen til avløpskanalen er 45°, den horisontale samlevinkelen er 22.5°, det er ikkje brukt ei plate i sidekanalen, forsøket er gjort i ru kanal, og det vertikale knekkpunktet for avløpet er nedstraums samlevinkelen.

I forsøksnamn som omtalar ein heil forsøksserie, er variablane skrivne som X. Forsøka 1-X-90-0-1-0 omtalar alle forsøk som har utvida kanal - forskjellige vertikalkvinklar - 90° horisontalvinkel - Ikkje plate - ru kanal - ikkje samla knekkpunkt.

Kapittel 5

Kapasitet

Forsøka vart gjennomført etter forsøksplanen, som vist i figur 4.1. For kvar vassføring vart vassføringa, vasstanden i bassenget og vasstanden ved alle målepunkta målt. Vasstanden vart målt på begge sider av kanalen i samlevinkelen. I avløpskanalen vart vasstanden målt på eit punkt i tillegg til målestaven. Punktet vart valt for å gi best mogleg inntrykk av den faktiske vasstanden i kanalen. For A1 og A2 var dette det høgaste punktet i vasstrengen. For målepunkta A1, A2 og A3 vart punktet vald slik at eit gjennomsnitt av dei to målingane vil gi den beste tilnærminga til den faktiske vasstanden i kanalen.

Nokon målepunkt viste seg like vel å vere svært vanskelege eller umoglege å fastsetje ein vasstand for. I figur 5.3 kjem det tydeleg fram at det manglar enkelte målingar. Grafane viser at fleire av linjene manglar punktavlesingar. Det er to grunnar til dette. For målepunkt i sidekanalen og samlekanalen, betyr dei manglande målingane at samlevinkelen, som er 30cm høg, ikkje hadde stor nok kapasitet til å gjennomføre dei aktuelle forsøka. Ser ein på målepunkt V3 i figur 5.3, så ser ein at samlevinkelen ikkje hadde kapasitet til å gjennomføre forsøka 0-3-67.5-0-1-0, 0-3-90-0-1-0 eller 0-10-90-0-1-0. For avløpet er problemet at luftinnblanding og uryddig vasstraum kan gjere det vanskeleg, og til dels umogleg å lese av eit tal for vasspegelen i avløpskanalen. Dette er først og fremst eit problem for bratte vertikalvinklar. Problemet er òg aktuelt for små vassføringar der steinane som gir ruheit gir for mykje luftinnblanding.

Målingane som vart utført i venstre side av samlevinkelen er unøyaktige på grunn av luftinnblanding. Luftinnblandinga var størst for forsøka i kort kanal.

For utvida kanal vart luftinnblandinga sterkt redusert på grunn av auka utlufting i den utvida kanalen. Derfor er det ein stor fare for at det er systematiske differansar mellom avlesingane i venstreside av samlevinkelen avhengig av om kanalen er utvida eller ikkje.

5.1 Ru kanal utan utviding

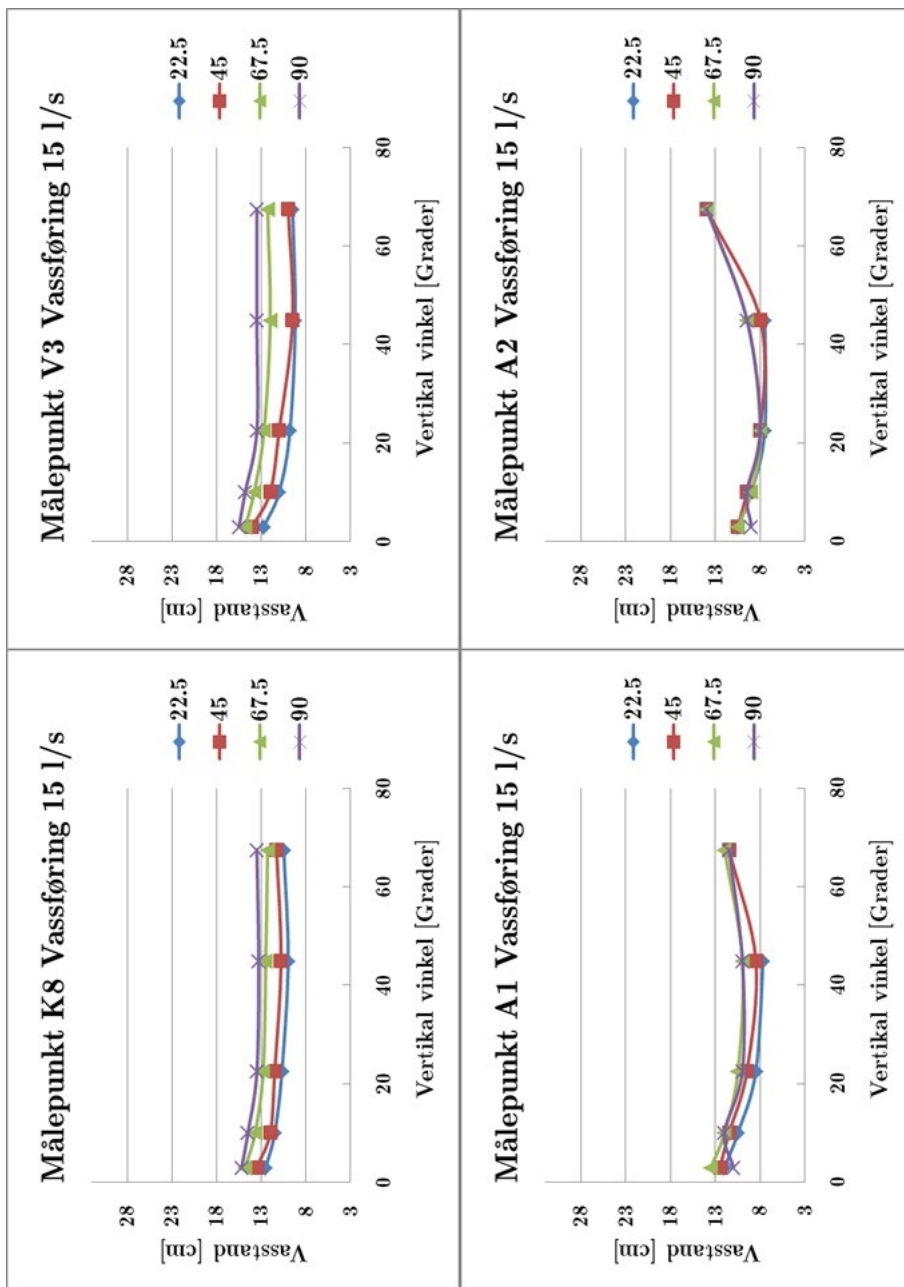
Kapasitetsvurdering etter Horisontal og vertikal vinkel

5.1.1 Forsøkgjennomføring og resultat

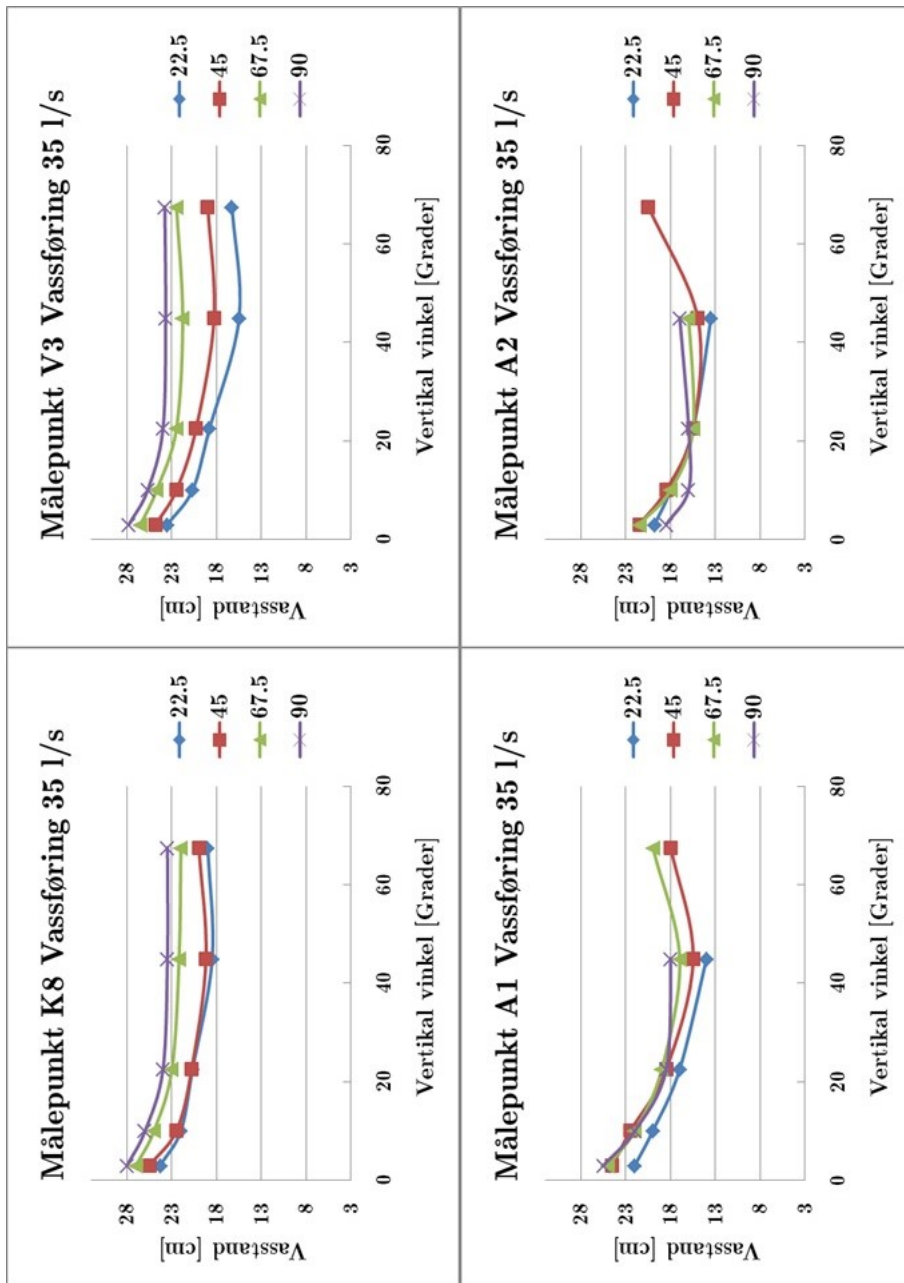
Forsøka med ru kanal og utan forlenging av sidekanalen kan finnast øvst til venstre i forsøksmatrisa, figur 4.1. For å lage eit best mogleg grunnlag for å forstå korleis kapasiteten i overgangen mellom sidekanalen og avløpskanalen utviklar seg gjennom å forandre innløpsvinkelen til samlekanalen, og vertikalvinkelen til avløpskanalen, vart alle forsøka i matrisa fullført.

For å vurdere kapasiteten til forskjellige kombinasjonar av horisontal og vertikal vinkel, vart det utarbeida grafar som, for eit bestemt målepunkt, viser vasstanden som ein funksjon av vertikal vinkelen i avløpskanalen. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlekanalen. Grafar for målepunkta K8, V3, A1 og A2 er presenterte i figur 5.1, figur 5.2, figur 5.3 og figur 5.4. Vassføringane som er brukt i desse grafane er, etter tur, 15 ls, 35l/s, 45l/s og 65 l/s.

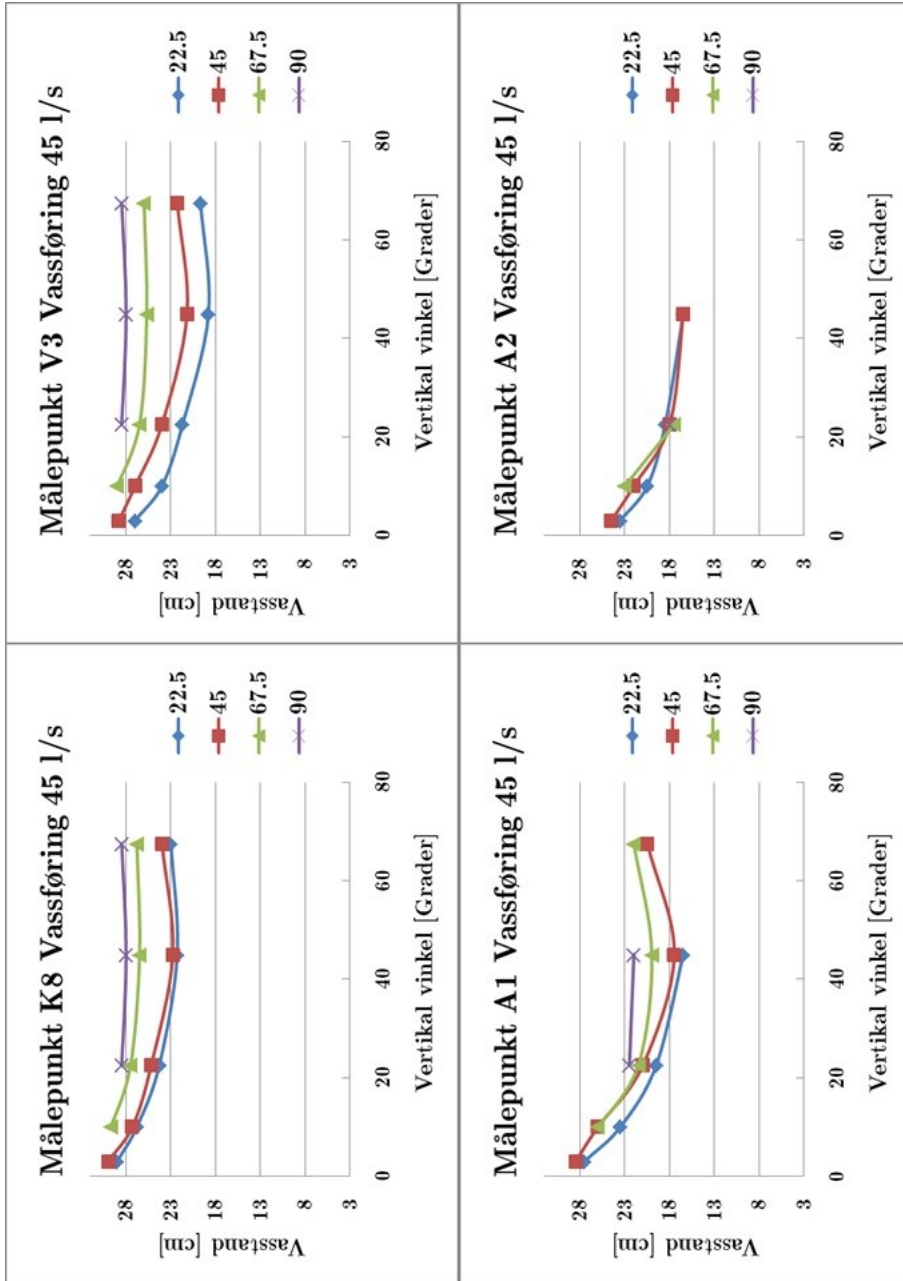
Målepunkta som er brukt til samanlikninga av kapasiteten er velde ut frå ein gjennomgang av vasstandsutviklinga i fleire av målepunkta. Målepunkta i figur 5.1-figur 5.4, er velde ut frå at dei ei vurdering av dei mest aktuelle målepunkta. K8 er det siste målepunktet i kanalen og kan seie noko om ein trend trekker seg oppover i kanalen, eller er eit resultat av ei ståande bølge, eller oppstuvande effekt frå samlekanalen. V3 er det siste punktet før samlekanalen, og gir vasstanden ved opninga for avløpskanalen. A1 og A2 gir vasstanden i avløpskanalen på dei to første punkta, og er dei punkta med best data i avløpskanalen .



Figur 5.1: Grafen visar vasstanden i målepunkta K8, V3, A1 og A2 for vassføringa 15 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen.



Figur 5.2: Grafen viser vasstanden i målepunkta K8, V3, A1 og A2 for vassføringa 35 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen.



Figur 5.3: Grafane viser vasstanden i målepunkta K8, V3, A1 og A2, for vassføring 45 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen.

5.1.2 Kapasitet i ru kanal utan utviding

Ved eit overblikk over grafane (figur 5.1, figur 5.2, figur 5.3 og figur 5.4), ser ein at ein at jo større vassføringa er, jo større er spreinga av verdiane. Forskjellen mellom høgaste og lågaste vasstand, er til dømes rundt 5cm, for 45° vertikal vinkel i målepunkt V3, med vassføring 15 l/s. Forskjellen har auke til rundt 10cm, for 45° avløp i V3 med vassføring på 45 l/s.

Forskjellen i kapasitet for dei forskjellige utformingane er til dels svært stor. I målepunktet A,1 med vertikalvinkel på 45°, er til dømes vasstanden høgare for 90° vinkel i samlekanalen (22cm) ved 35 l/s (figur 5.2), enn han er for 22.5° samlevinkel ved 65 l/s (21cm) (figur 5.4).

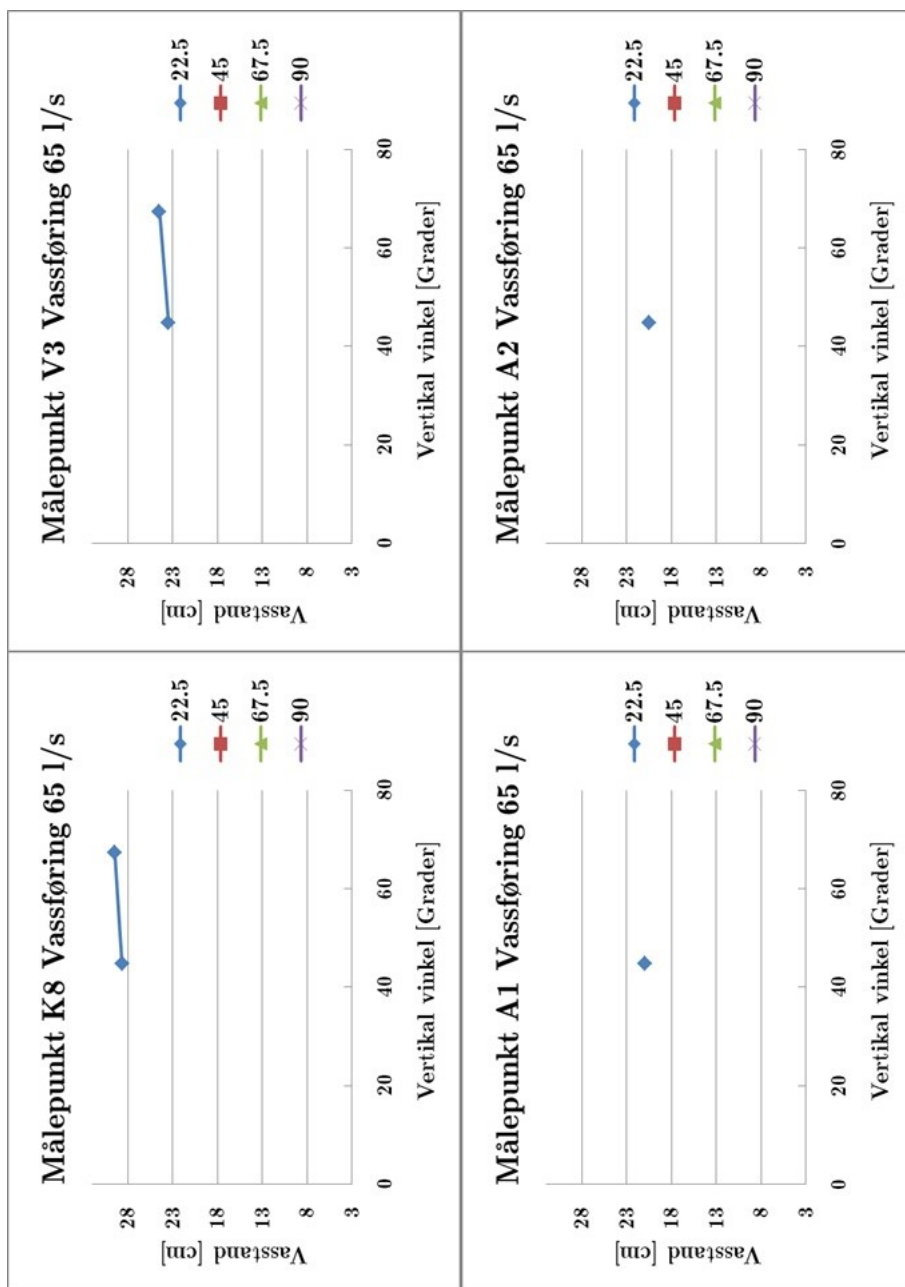
Ein ser ut frå grafane at den største kapasiteten vert nådd ved 22.5° innløpsvinkel, og 45° vinkel for avløpskanalen. Det er likevel verdt å merke seg at det ikkje alltid er mykje som skil mellom kapasiteten ved 22.5° horisontalvinkel og 45° horisontalvinkel. Dette gjeld spesielt for avløpskanalen. Likevel ser ein at 22.5 graders horisontal innløpsvinkel gir den konsekvent største kapasiteten.

For vertikalvinkelen vart den største kapasiteten nådd ved 45°. Denne vinkelen gir den beste kapasiteten for alle horisontale innløpsvinklar.

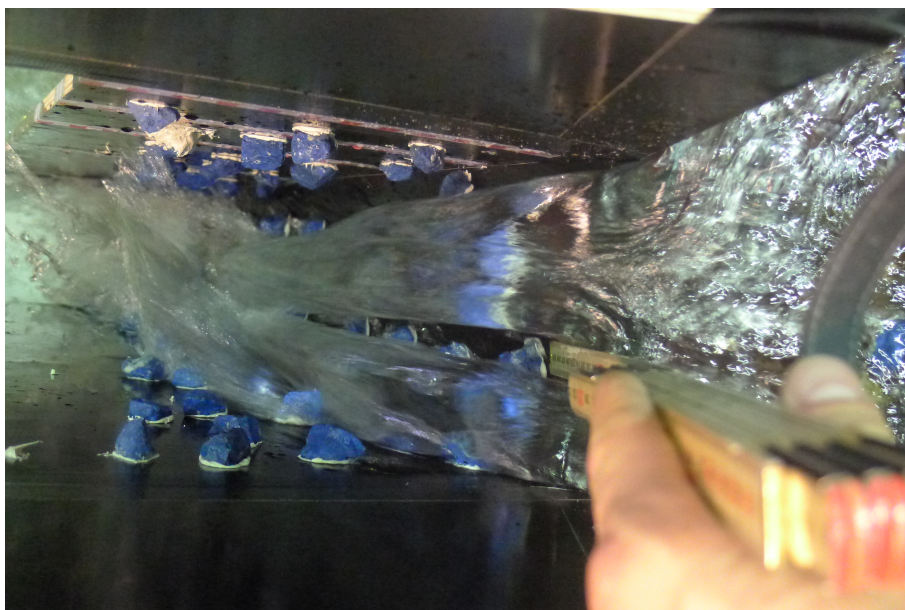
Konklusjonen er at den beste utforminga er 22.5° horisontalvinkel, saman med 45° vertikalvinkel.

Det som kanskje er den mest spesielle observasjonen i dette forsøket er korleis vasstanden er høgare gjennom heile heile kanalen ved 67.5° vertikalvinkel, enn han er ved 45° vertikalvinkel. I avløpskanalen er ikkje dette uventa. Når vertikalvinkelen vert 67.5°, får ein lufting under vasstråla. Dermed vert ikkje heile tverrsnittet av kanalen fyllt. I figur 5.5 ser ein korleis måleresultatet i til dømes målepunkt A1 ikkje berre inkluderar vatnet, men må ta med lufta under vatnet òg. Dette kan til ei viss grad forklare kvifor det vert ein høgare vasstand i avløpskanalen med 67.5° vertikalvinkel.

Den same forklaringa kan ikkje gjelde for målepunktpunkta V3 og K8. Når vasstanden er høgare både i målepunktet K8 og i V3, må det bety at det ikkje berre kan dreie seg om lokale effektar rundt opninga til avløpskanalen. Avstanden frå V3 til K8 varierer alt etter kva samlevinkel som er montert. Ved 22.5° vinkel er avstanden 40cm og ved 45° vinkel er avstanden 16.7cm. På grunn av dette så må ein konkludere med at det er ei reel vasstandsstigning i samlevinkelen og sidekanalen når avløpsvinkelen går frå 45° til 67.5°.



Figur 5.4: Grafanen viser vasstanden i målepunkta K8, V3, A1 og A2, for vassføring 65 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen.



Figur 5.5: Forsøk 0-67.5-67.5-0-1-0 med vassføring 5l /s. Ein ser på biletet korleis vasstrengen ikkje har kontakt med avløpskanalen på nokon sider eller botn av kanalen. Situasjonen er lik for større vassføringar.

Vasstandsstiginga tyder på at kapasiteten i innløpet vert dårlegare når vertikalvinkelen i avløpskanalen vert endra frå 45° til 67.5° . Årsaka til dette er mest truleg at ein får lufting under vasstrengen når vinkelen er 67.5° , medan ein unngår dette ved 45° . Forskjellen mellom dei to vertikalvinklane vert dermed at ein kan få eit vakuum i botn av kanalen ved vertikalvinkel på 45° , og dette vakuomet gir eit positivt bidrag til energihøgda til vatnet. Vatnet vert dermed “sugd” ut av samlevinkelen ved 45° vertikalvinkel, medan ein ikkje får denne effekten ved 67.5° .

Skal ein sjå på kva som er den viktigaste faktoren for kapasiteten så heng horisontal og vertikal vinkel tett saman. Jo betre vertikalvinkelen er, jo betre vil han kunne nyttast av ein god horisontalvinkel. Det må likevel påpeikast at ein alltid får betre kapasitet ved å senke horisontalvinkelen. For å få ei kapasitetsauke ved å endre vertikalvinkelen er det på den andre sida naudsynt å ha reservekapasitet i samlevinkelen. Dette er kanskje best illustrert ved utflatninga i vasstanden for horisontalvinklar på 90° og 67.5° i figur 5.3, målepunkt V3. Slik sett kan ein seie at det er horisontalvinkelen som er den viktigaste parameteren.

Likevel må ein tenke på at der det er tilgjengeleg kapasitet i innløpet, så vil ei auke i vertikalvinkelen gi til dels større forbetring i kapasiteten enn det å senke horisontalvinkelen. Dette er mellom anna illustrert i målepunkt V3 i figur 5.3, for horisontalvinklane 45° og $22,5^\circ$.

5.2 Ru kanal med Utvida kanal

5.2.1 Forsøkgjennomføring og resultat

Forsøka i ru og utvida kanal er vist øvst til høgre i figur 4.1. Forsøksserien med utvida kanal er noko redusert frå forsøksserien utan utvida kanal. Dette er både av omsyn til tidsbruk, og av omsyn til nødvendigheita av ein fullstendig forsøksserie.

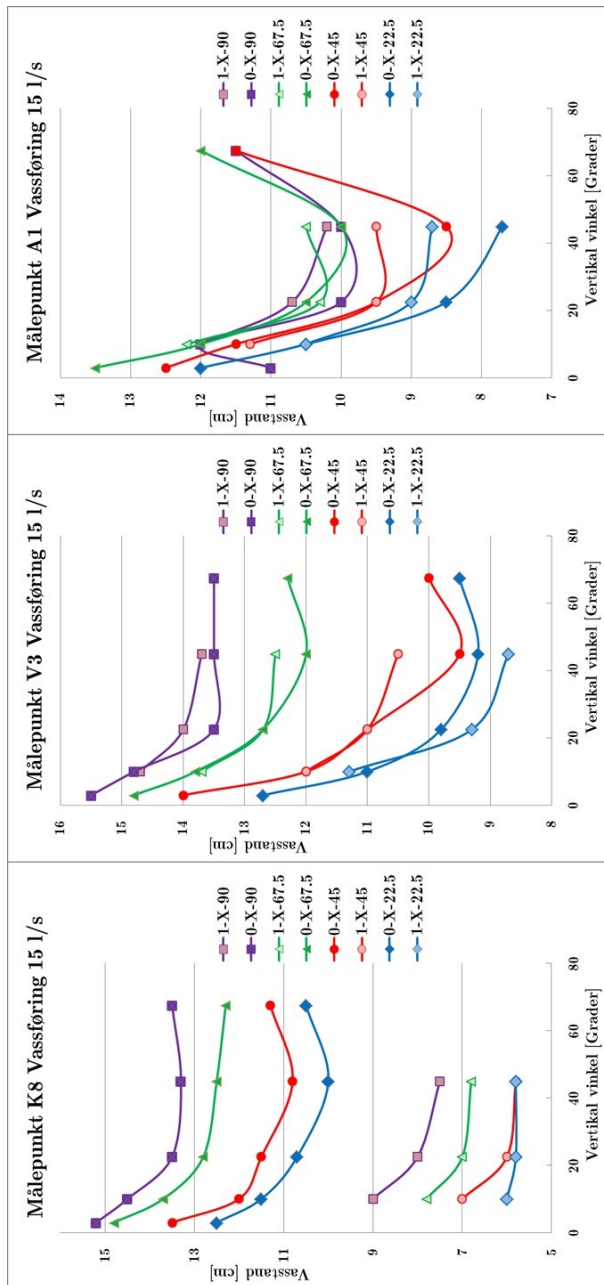
Kanalutvidinga vart introdusert inn i forsøket for å undersøke om den svært turbulente straumen i sidekanalen hadde noko å seie for kapasiteten. Hensikten med forsøka i den forlenga kanalen var å samanlikna vasstanden i kanalen opp mot vasstanden i tilsvarende forsøk utan forlenga kanal. På den måten kan ein seie kva verknad den turbulente straumen i sidekanalen har på kapasiteten i innløpet.

Den utvida kanalen vart sett inn som ei forlenging av sidekanalen. På den måten kunne sidekanalen og terskelen vere uendra gjennom alle forsøka. Kanalutvidinga fungerte som det var lagt til grunn i forsøksplanen, og gav ein tydeleg mindre turbulent vasstraum inn til samlevinkelen enn i forsøka utan forlenga kanal.

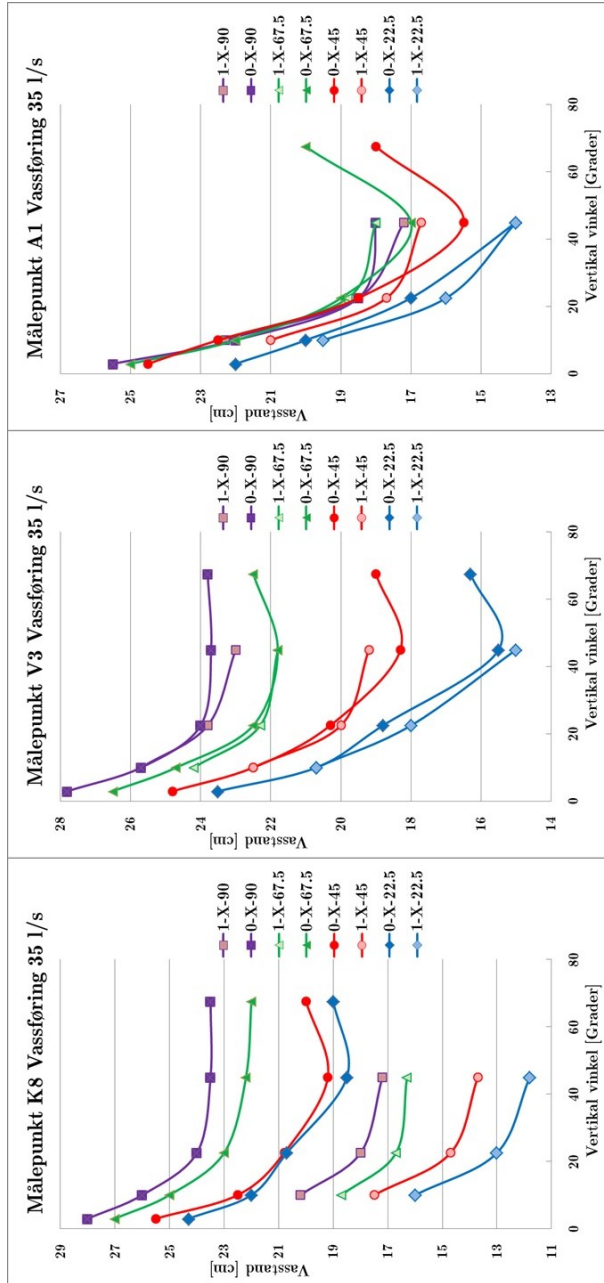
Det vart utarbeid grafar for å samanlikne kapasiteten med og utan utvida kanal. Grafane er i utgangspunktet dei same som i vist i underkapittel 5.1 "ru kanal, utan utviding". Det som er forandra er at grafane ikkje har fast y-skala, samtidig som det er lagt inn linjer for utvida kanal. Namnet på linjene er dei tre første siffera i forsøksnamna. Linjenamnet fortel om det er utvida kanal, at det er varierende vertikal vinkel, og kva horisontalvinkel linja representerer. Linjenamnet 1-X-90 betyr at linja representerer forsøk med utvisa kanal, med varierende vertikalvinkel og 90° horisontalvinkel.

5.2.2 Samanlikning av kapasitet melom utvida og ikkje utvida kanal

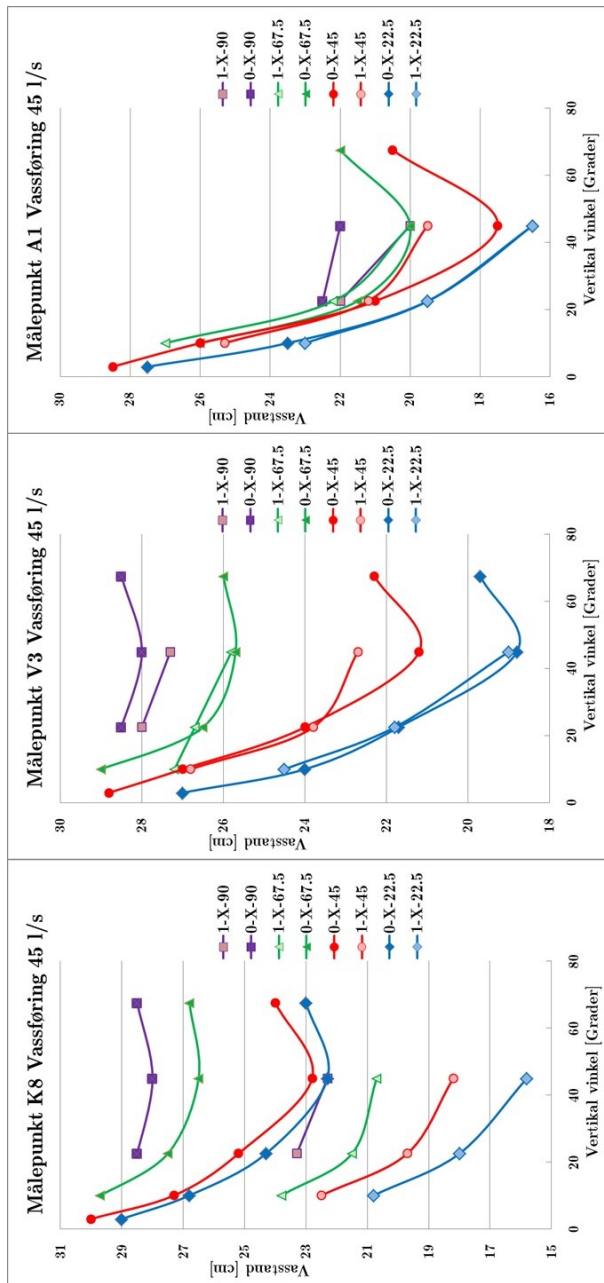
Grafane som samanliknar kapasiteten for utvida og ikkje-utvida kanal er vist i figur 5.6, figur 5.7 og figur 5.8. Det første ein legg merke til ut frå målepunkt K8 i grafane, at utvidinga senkar vasstanden betydeleg i sidekanalen. Dette gjeld særleg for dei lågare vassføringane.



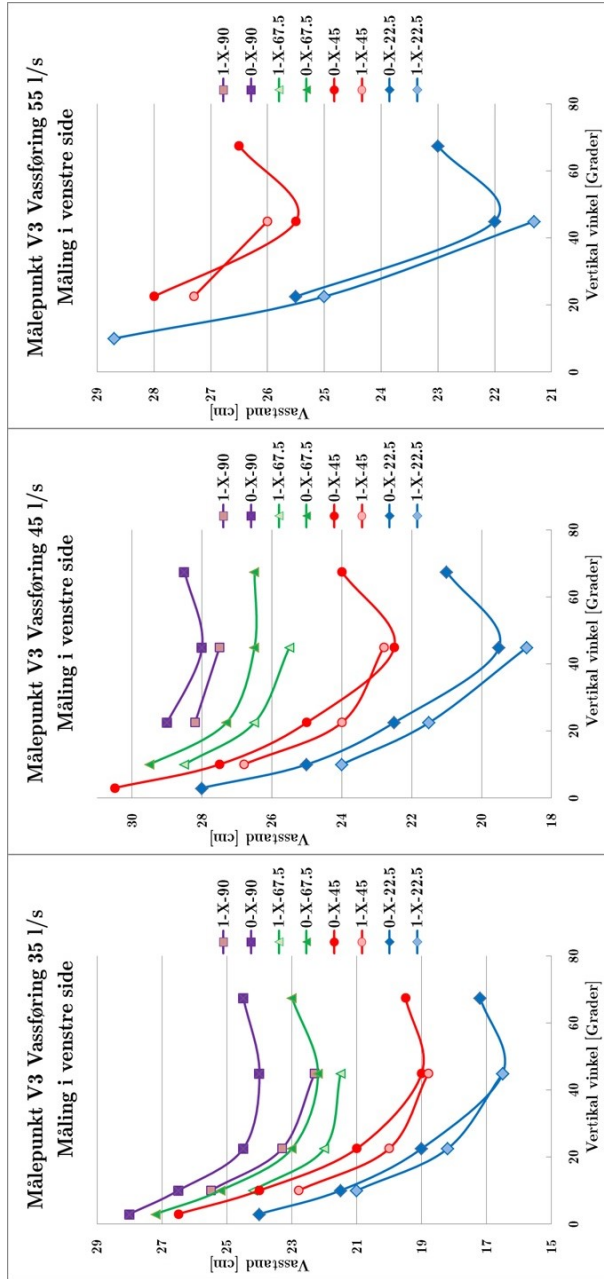
Figur 5.6: Vasstand i målepunkta K8, V3 og A1 for vassføringa 15 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen. Det første talet i namnet seier om kanalen er utvida eller ikkje.



Figur 5.7: Vasstand i målepunkta K8, V3 og A1 for vassføringa 35 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen. Det første talet i namnet seier om kanalen er utvida eller ikkje.



Figur 5.8: Vasstand i målepunkta K8, V3 og A1 for vassføringa 45 l/s. Kvar linje i grafen representerer ein horisontalvinkel i samlevinkelen. Det første talet i namnet seier om kanalen er utvida eller ikkje.



Figur 5.9: Grafane viser vasstanden i ³⁷venstre side av målepunkt V3 for vassføringane 35 l/s, 45 l/s og 55 l/s.

For Målepunkt V3 er det ikkje ein like tydeleg samanheng. Ein ser av figur 5.6-figur 5.8 at det ikkje er nokon openbar systematikk i kva forsøk som har den beste kapasiteten. Det same er tilfelle for målepunkt A1.

For å undersøke nærare om den utvida kanalen gir ei kapasitetsauke, så må ein sjå på måleresultata frå venstre side i samlevinkelen. Målepunkta i venstre side av samlevinkelen ligg direkte nedstraums av terskelen. På grunn av det vert det ei stor luftinnblanding i vasstraumen i venstre side. Desse målingane er derfor noko meir usikre, spesielt for målingane utan utvida kanal.

Grafane i figur 5.9 viser vasstanden for venstre av kanalen for målepunkt V3. Frå denne figuren ser det ut til å vere ein trend mot at utvida kanal gir betre kapasitet. Sjølv om det er ei viss fare for ein systematisk feil i vasstandsavlesinga gjennom skummet i kort kanal, er det truleg at vasstanden er marginalt lågare i venstre sida for utvida kanal.

På tross av ein del usikkerheit må ein konkluderer med at det er truleg at den utvida kanalen gir ei marginalt forbetring i kapasiteten.

5.3 Ru kanal og glatt kanal

5.3.1 Forsøksgjennomføring og resultat

For å sjå kva verknad ruheita har på kapasiteten vart eit av forsøka utført i både ru og glatt kanal. Forsøka som vart samanlikna var 0-10-45-0-0-0 og 0-10-45-0-1-0. For å kunne få mest mogleg kunnskap om forskjellen mellom ru og glatt kanal vart vasstanden notert for alle målepunkt, både på høgre og venstre side. Desse forsøka er det som har det mest omfattande datagrunnlaget, med 10 målte vassføringar der vasstanden er notert for både høgre og venstre side.

I figur 5.10 er vasstanden i målepunkt K8, V3, A1 og A2, samanlikna for glatt og ru kanal. Sidan det berre er utført eit enkelt forsøk i glatt kanal framstår forsøket som eit punkt i grafen. For ru kanal er heile serien med 45° samlevinkel nytta i grafen. Vasslinja for dei to forsøka vartsamanlikna for høgre og venstre side av kanalen i figur 5.11. Utflatinga av grafen ved låge vassføringar skuldast at det ikkje er nok vatn i kanalen til å å fulle opp tverrsnittet.

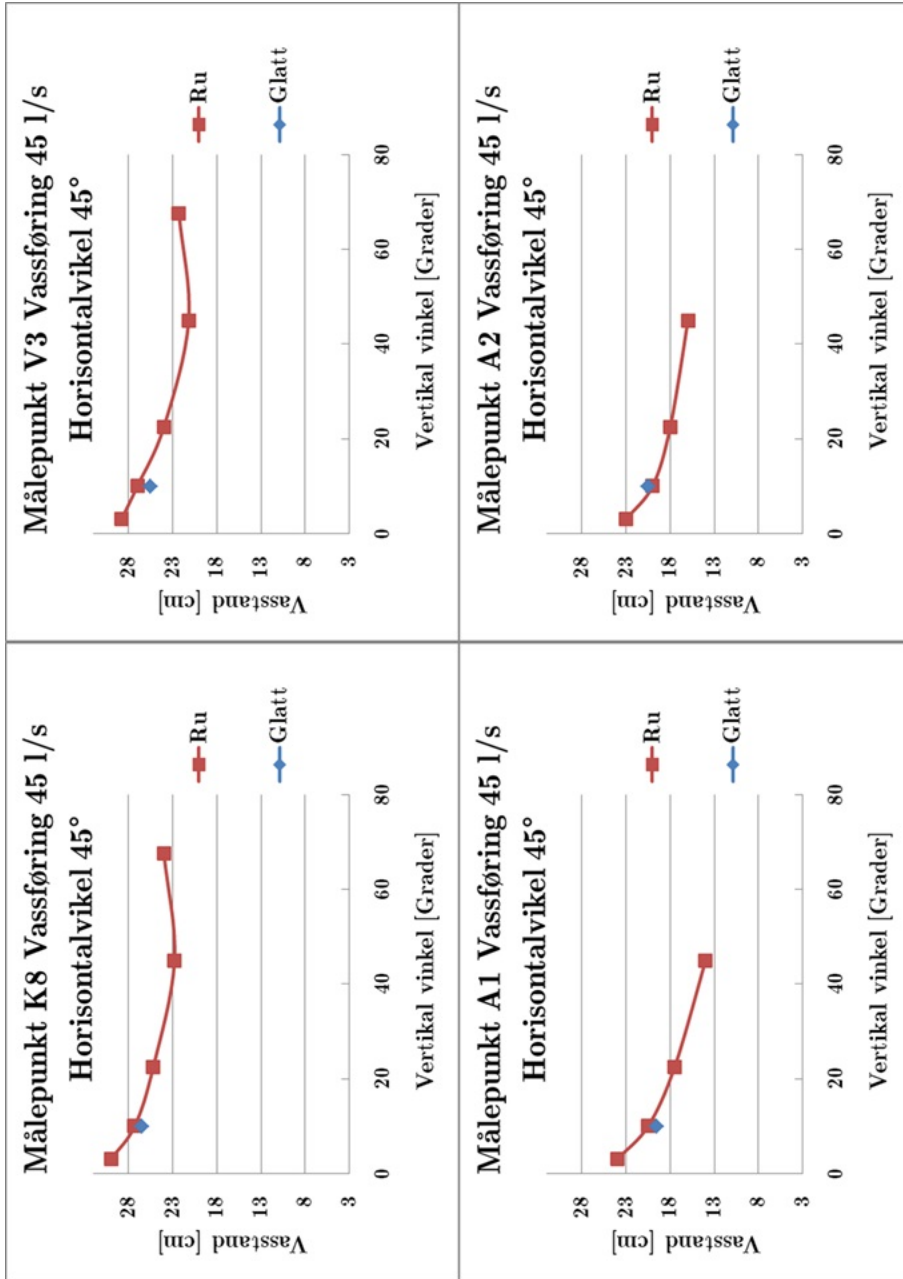
5.3.2 Samanlikning av kapasitet i glatt og ru kanal.

Frå figur 5.10 ser ein at vasstanden i den glatte kanalen marginalt lågare enn i den ru kanalen. Dette gjeld for alle målepunkta i figuren. Ser ein til vasslinja for forsøket i figur 5.11, så ser ein at forskjellen i vasstand er liten på den høgre sida, og noko større på venstre sida av kanalen. Ein må likevel legge merke til at den glatte kanalen har ein udiskutabelt lågare vasstand gjennom samlevinkelen og avløpet. Ein må derfor, som venta, konkludere med at kapasiteten er størst for glatt kanal.

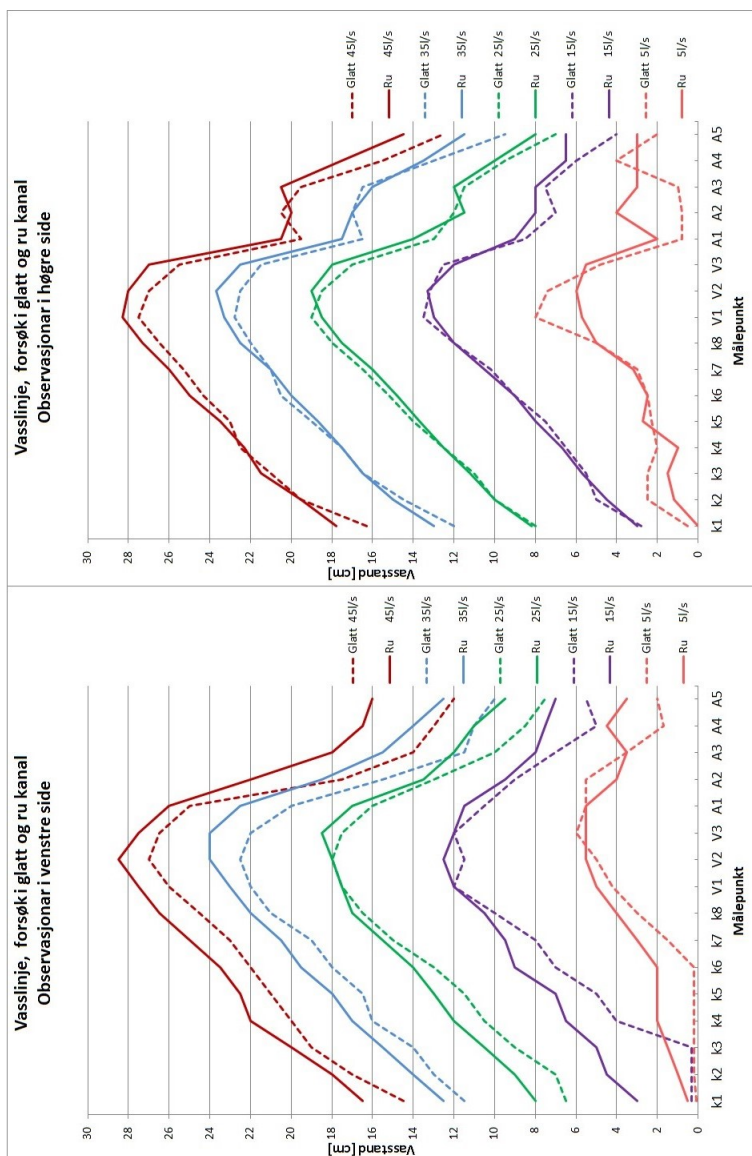
5.4 Samla knekkpunkt

5.4.1 Forsøksgjennomføring og resultat

Samla knekkpunkt betyr at den vertikale vinkelen er flytta inn til der den horisontale vinkelen byrjar. Samlevinkelen vart med andre ord gitt den same vertikale vinkelen som avløpskanalen. Formålet med forsøka med samla knekkpunkt, var å sjå om det kunne dokumenterast ei kapasitetsauke ved begynne å akseletere vatnet tidlegare.



Figur 5.10: Grafene viser vasstanden i målepunkta K8, V3, A1 og A2, for vassføringa for glatt og ru kanal.



Figur 5.11: Vasslinje for glatt kanal, forsøk 0-10-45-0-0-0. Og for Ru kanal, forsøk 0-10-45-0-1-0. Forskjellig farge på linjene representerer forskjellig vassføring. Stipla linje betyr glatt kanal og heil linje betyr ru kanal.

Figur 5.12 viser vasstanden i målepunkta K8, V3, A1 og A2. Den raude linja i grafane representerer dei ordinære forsøka, medan dei blå punkta representerer forsøka med samla knekkpunkt for horisontal og vertikal vinkel. Alle forsøka har 45° samlevinkel.

For forsøk 0-10-45-0-1-1, med 10° vertikalvinkel er observasjonane gode og sikre. Det same er ikkje tilfelle for 0-45-45-0-1-1, med 45° vertikal vinkel. I dette forsøket vart vasstraumen overkritisk før han rann gjennom samlevinkelen. Dette førte til ei stor oppstuvning av vatn i samlevinkelen, som vist i figur 5.13. I tillegg vart vasstraumen i avløpskanalen svært uryddig og vanskeleg å bedømme.

5.4.2 Kapasitet med samla knekkpunkt

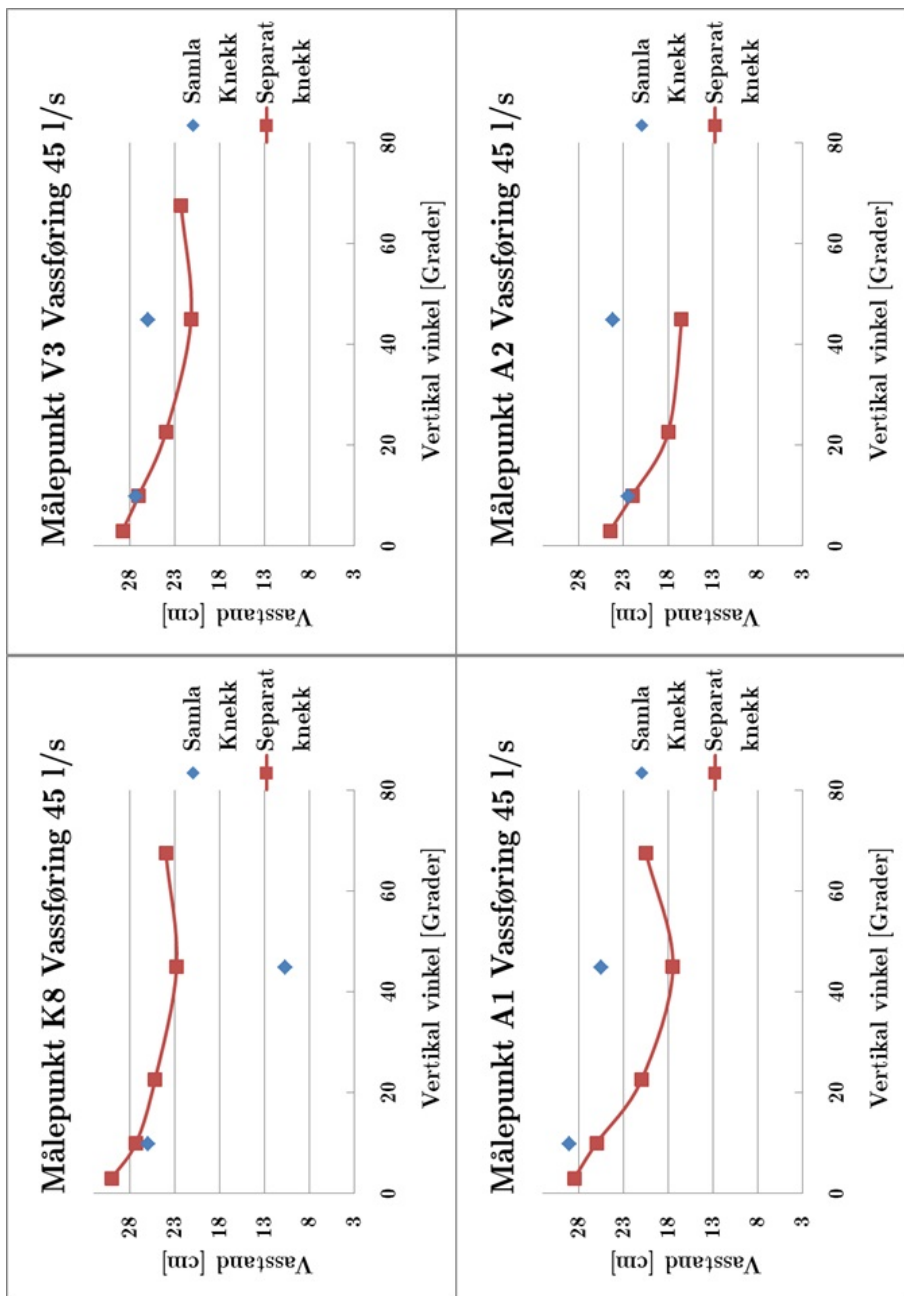
For samla knekkpunkt med 45° vertikal er det ikkje mogleg å konkludere med noko, med gjeldande modelloppsett. Vasstanden for det aktuelle forsøket tilseier at kapasiteten er drastisk redusert. På den andre sida så er vasstanden så ujamnt fordelt i tverrsnittet at den metoden som er brukt for å vurdere kapasiteten i dette forsøket ikkje kan brukast for dette forsøket.

Ut frå figur 5.12 kan ein ikkje sjå nokon sikker forskjell i kapasiteten mellom forsøka med og utan samla knekkpunkt. Målepunkt A1 som er vist i grafen gir den mest ekstreme forskjellen. For alle andre målepunkt er forskjellen minimal.

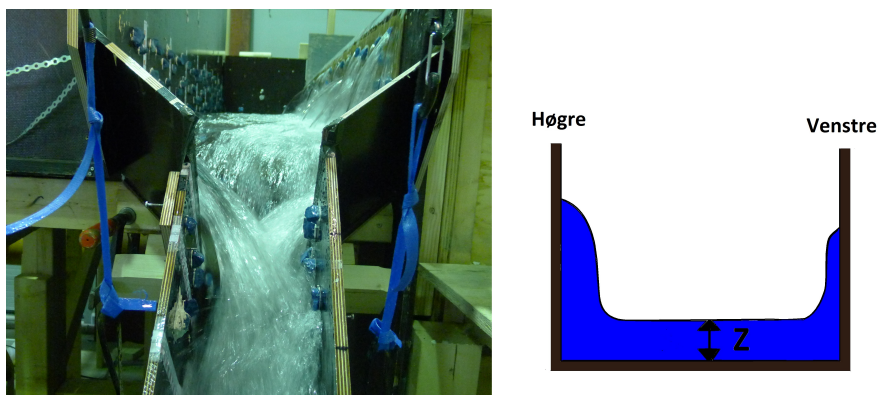
Kapasiteten for samla knekkpunkt må derfor seiast å vere den same som kapasiteten ved ei tradisjonell utforming med separat knekkpunkt for horisontal og vertikal vinkel. Denne konklusjonen gjeld berre for små vinklar, og er kun undersøkt for 10° .

For vertikalvinklar som gir overkritisk vasstraum, kan det ikkje konkluderast med noko anna enn at kapasiteten må undersøkast i ein modell som er eit reelt lukka system.

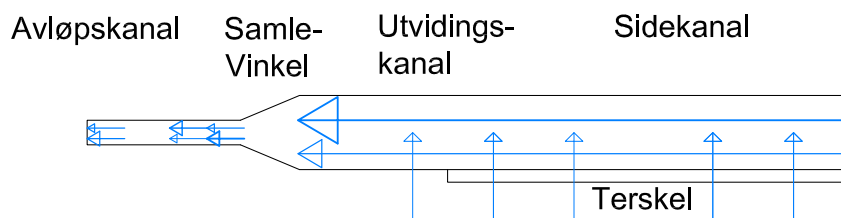
5.5 Skeiv straum i sidekanalen



Figur 5.12: Grafen viser vasstanden i målepunkta K8, V3, A1 og A2, for vassføringa 45 l/s. Horizontalvinkelen i samlevinkelen er 45°. Dei blå punkta viser forsøk med Samla knekkpunkt. Den raude kurva viser viser forsøk med normalt kanaloppsett.



Figur 5.13: Biletet viser vasstraumen gjennom samleinkelen i forsøk 0-45-45-0-1-1, som har samla knekkpunkt for horisontal og vertikal vinkel. Teikninga til høgre viser eit snitt av samleinkelen i same forsøk.



Figur 5.14: Figuren viser vasstransporten gjennom kanalen og avløpet. Stor vasstransport er indikert med kraftigare piler

5.6 Plate i sidekanalen

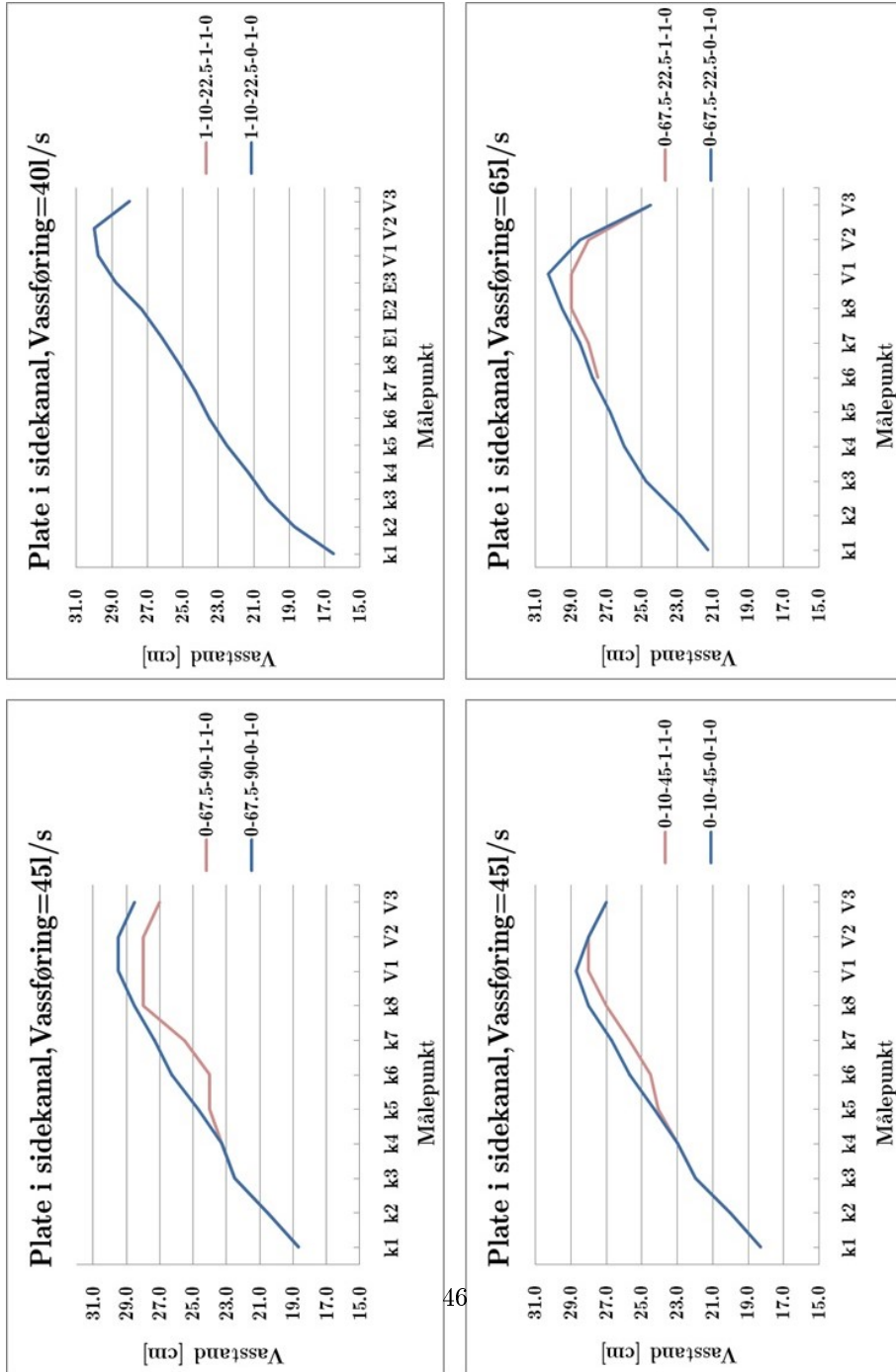
5.6.1 Forsøksgjennomføring og resultat

Forsøket med plate i sidekanalen vart utført for å undersøke om at tversstrøyminga i sidekanalen reduserer den kapasiteten. Plata hadde ein lengde på 1,0m og høgde på 35cm. Ho vart plassert i nedstraums ende av sidekanalen, som vist i figur 5.16. Vasslinja for forsøka med plate i sidekanalen er vist i figur 5.15.

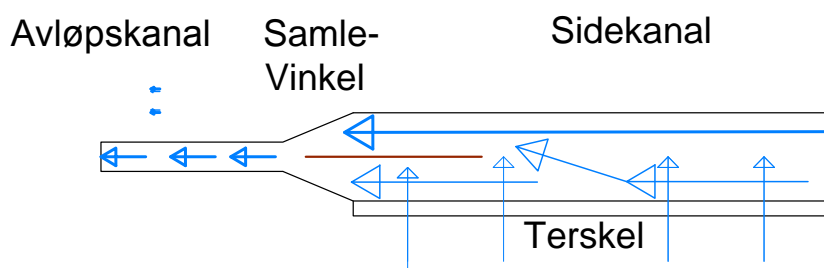
5.6.2 Kapasitet For plate i sidekanal

Forsøka viser at plata kan gi ei lita forbetring i kapasiteten for forsøk med ein bratt vertikalvinkel og horisontalvinkel på 45° eller meir. Den største verknaden av plata er at ho senker vasstanden i den høgre sida av sidekanalen i det same området som plata er montert.

Ein kan konkludere med at det i praksis skal svært mykje til før det å konstruere ei plate i sidekanalen skal vere føremålstenleg.



Figur 5.15: Figuren viser vasslinja i sidekanalen, med og utan plate, for utvalte forsøk. Blå kurve viser vasslinja utan plate. Raud kurve viser vasslinja med plate.



Figur 5.16: Figuren viser plata plassert i sidekanalen, og tenkt effekt på vasstraumen. Plata er teikna inn i sidekanalen som mørkebrun linje.

5.7 Repeterbarheit

Om ein er streng i tolkinga av kva som er eit repetert forsøk, så har ingen forsøk vorte repetererte i denne oppgåva. Vassføringsmålarar, vasstandsmålar, målestavar og sidekanalen har ikkje vore forandra gjennom heile forsøksserien. Og har vore uendra både for repetererte og ordinere forsøk. Det betyr at systematiske og konsekvente feil innan nokon av desse komponentane kan gå uoppdaga ved ei slik repetering. Feil i denne delen av systemet som beveger seg i ei viss retning, kan avslørast, men det vil ikkje vere mogleg å seie om feilen skuldast ein systematisk menneskeleg feil, eller ein feil i modellen.

Totalt sett er problemet med så få repetererte forsøk at ein kan finne ut av at det har oppstått ein feil, men ein kan ikkje finne ut med 100% sikkerheit når feilen oppsto, eller kva som er feil, i det minste ikkje utan å gjere fleire forsøk. Om det repetererte forsøket er innanfor toleransegrensene for kva som er akseptable feilgrenser, er det truleg at alt alle forsøka er innanfor feilgrensene.

Repetert forsøk 0-10-45-0-1-0 Forsøket 0-10-45-0-1-0 vart repetert fullstendig. Dette var det første forsøke som vart utført i ru kanal, og det repetererte forsøket var blant dei siste forsøka som vart utført. Dette forsøket eignar seg derfor godt til å undersøke kor konsekvente avlesingane av målepunkta har vore.

Frå figur 5.17 ser ein at det ikkje er eit perfekt samsvar mellom forsøka. Det mest markante er at det repetererte forsøket har systematisk høgare avlesingar i sidekanalen. Dette skuldast mest truleg den turbulente vasstraumen. Ei mogleg forklaring kan vere at avlesingane har gått frå å lese av vasstanden i bølgedalane til å lese av vasstanden høgare på bølgjene. For punkta i sidekanalen er det likevel verd å merke seg at det maksimale avviket i ikkje meir enn 1cm. Og dei fleste punkta i sidekanalen har eit avvik som ikkje er meir enn 0.5cm. Totalt sett er dette innanfor det ein kan forvente av slike avlesingar.

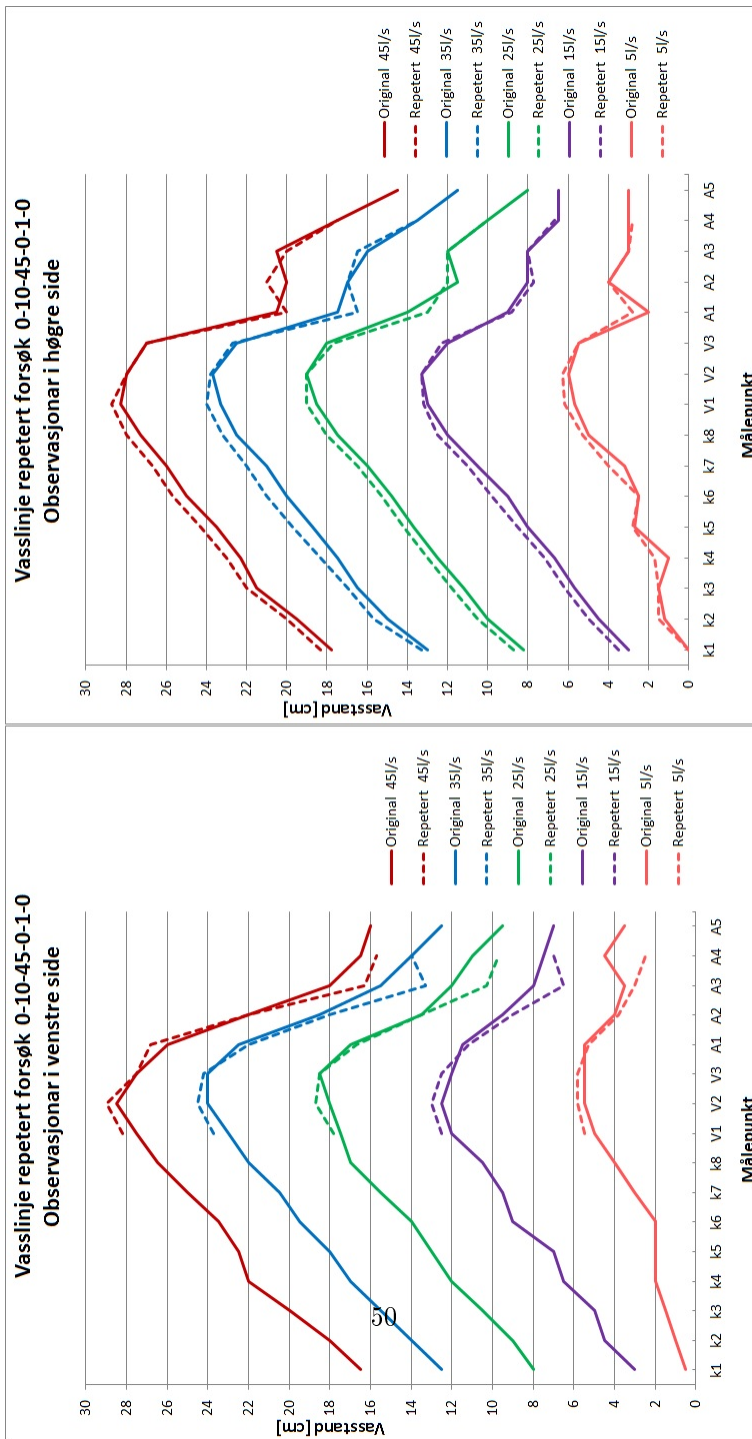
For målepunkt V1-V3 er avlesingane veldig konsekvente for den høgre sida av kanalen. For venstre side er A1 og A2 dei punkta som gir det beste samsvaret. Dette samsvarar godt med at dei punkta som er mest brukt til samanlikningar mellom forsøk, er dei punkta som har dei mest konsekvente avlesingane.

For målepunkt A5 er det ikkje gjort avlesingar i det repetererte forsøket.

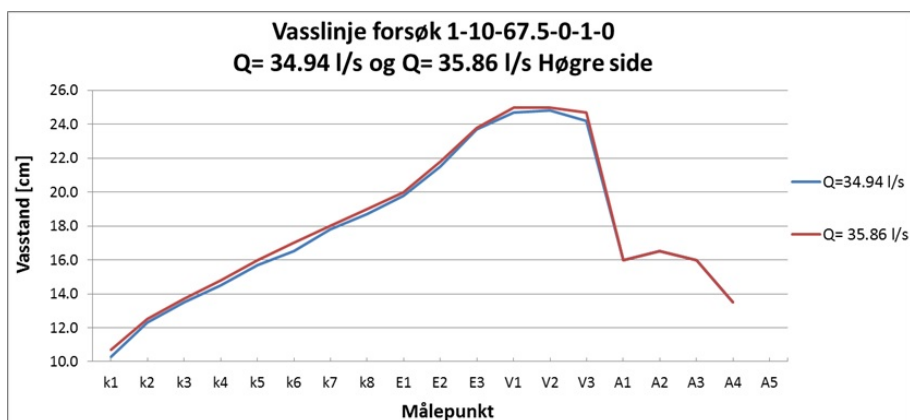
To nesten like vassføringar, forsøk 1-10-67.5-0-1-0 For forsøk der vasstanden er lest av to gangar på rad, er forskjellen i avlesing, for dei fleste punkt,

innanfor eit avvik på 3mm. Ein ser frå avlesingane i figur 5.18 at metoden for å lese av vasstanden er nøyaktig nok til å lese av sjølv små endringar i vassføringa. Vassføringsendringar som er mindre en rundt 1 l/s er det lite truleg at det går an å observere med manuell avlesing i sidekanalen.

Konklusjonen er at observasjonane er både konsekvente og repeterbare.



Figur 5.17: Vasslinje for det repeterte forsøket 0-10-45-0-1-0. Det originale forsøket har heil kurve, og det repeterte har stipla



Figur 5.18: Viser vasslinja for to forsøk med nesten same vassføring

Kapittel 6

Usikkerheit og feilkjelder

I modellforsøk er det mange usikkerheitlar og feilkjelder. Desse er av både menneskeleg og teknisk art. Storleiken og omfanget av desse er svært viktig for gor mykje ein kan stole på konklusjonane som ein trekk ut frå observasjonar.

6.1 Vassføring

Vassføringsmålaren SITRANS F M MAG 5000 har ei Feilmargin, inkludert sensor, på $\pm 0.4\%$ innanfor måleområdet. Ved å bytte mellom stor og lita vassforsyning, har alle vassføringar vore målt innanfor der operasjonelle området for vassføringsmålaren. Og ein kan rekne med at alle vassføringsmålingane er utført med ei feilmargin på 0.4% .

Lekkasjen i bassenget og sidekanalen har vore svært liten for alle forsøka. For samanføyningane mellom modulane i det modulbaserte avløpet har lekkasjen vore større. Lekkasjen er vurdert til å ikkje ha vore høgare en $0,05\text{l/s}$ for små vassføringar, og noko høgare for større vassføringar. For dei større vassføringane er lekkasje vurdert til å vere rundt 0.2l/s

For ei vassføring på 5l/s vert den totale usikkerheita på rundt $1,4\%$ medan for ei vassføring på 35l/s vert usikkerheita på rundt 1.0% . For den største vassføringa vert usikkerheita på totalt 0.46l/s dette er innanfor avvik som det har vist seg at det ikkje er mogleg å frå kvarandre i forsøk.

6.2 Vasstand i basseng

Vasstanden i bassenget vart målt av vasstandsmålar av typen ABSOLUTE Digital Height Gage Series 570, målinga vart utført som skildra i kapittel 3.1.2. Vasstandsmålaren er har i seg sjølv eit avvik på $\pm 0,05\text{mm}$. Avviket for måling av terskel nivåte er antatt å vere $\pm 1\text{mm}$. Avviket for avlesing av vasstanden er vurdert til $\pm 0.4\text{mm}$ ut frå vasstanden for samanliknbare forsøk med lik vassføring. Totalt avvik for vasstanden vert dermed $\pm 1.45\text{mm}$ for alle vassføringar.

6.3 Vasstand i kanal

For Usikkerheita rundt observasjonane i kanalen, må ein sjå til dei repeterte forsøka i kapittel 5.7. Avviket mellom målingane i det repeterte forsøket var 1cm for sidekanalen, og maksimalt 0,7cm for samlekanalen. For avløpskanalen er usikkerheita sterkt avhengig av kva målepunkt som vert samanlikna. Dei mest nøyaktige punkta A1 og A2 i venste side, har ein usikkerheit på rundt $\pm 1\text{cm}$. Det er òg derfor desse punkta er standard referansepunkt i avløpskanalen. Dei andre punkta har ein nøyaktigheit på ± 2 til ± 3 cm. Ein må derfor velge å samanlikne dei beste målepunkta.

6.4 Geometri i kanal

Vertikal vinkel Vertikalvinkelen i både den utvida kanalen og i avløpskanalen, har vore innstilt med hjelp av vertikalvinkel-systemet som er skildra i underkapittel 3.1.5. Systemet fungerer svært godt og er svært nøyaktig i bruk. Maksimalt avviket for systemet kan kanskje dreie seg om opptil $\pm 2\text{mm/m}$. Usikkerheita i samanføringane av modellen kan dreie seg om 3mm for samlevinkelen. Rundt 1mm for kanalutvidinga, og rundt 1mm for Samanføyinga mellom samlevinkel og avløpskanal. Den tekniske unøyaktigheita som ligg i laseren er $\pm 0.2\text{mm/m}$, og denne usikkerheita forsvinn i dei andre usikkerheitene.

Tilsaman gir dette ei estimert unøyaktigheit på $\pm 6\text{mm}$ for heile systemet utan utvida kanal og $\pm 7\text{mm}$ for heile systemet med kanalutviding.

Retningsvinkelen til avløpskanalen vart kontrollert med planlaseren, slik som skildra i underkapittel 3.1.5. Usikkerheita i dette anslås til å vere $\pm 0,5\text{mm/m}$. Og det totale avviket i retningsvinkel vert dermed 0.3° .

6.4. GEOMETRI I KANALPITTEL 6. USIKKERHEIT OG FEILKJELDER

Samlevinkel I samlevinkelen vart alle horisontalvinklar målte ut frå sidene av bunnplata i samlevinkelen. Plasseringa av veggane i samlevinkelen vart gjort med eit avvik opptil $\pm 4\text{mm}$. Dette gir eit maksimalt vinkelavvik på rundt $\pm 1.5^\circ$.

Kapittel 7

Konklusjon

Skal ein skrive ein konklusjon til dei generelle forsøka så må ein sjå tilbake på kva krav som Damsikkerheitsforskrifta stiller til overgangen mellom flaumløpet og sjakt /tunnel. “Overgangen fra overløpsterskel til sjakt eller tunnel skal gis en god hydraulisk utforming, slik at denne delen av flaumløpet ikke blir begrensende for kapasiteten.” (Damsikkerhetsforskriften, 2009)

Ut frå forsøka i 5, så må ein konkludere med at den beste utforminga er så slak horisontal overgang frå sidekanaltverrsnittet til tunnel tverrsnitt som mogleg. Den vertikale vinkelen på avløpet bør vere så bratt som mogleg, men ikkje brattare enn 45° .

Samsvar med formlar og konstantar i Norman et al. (2012) Ein ser rask av forsøka at vertikalvinkelen i avløpet har betydning for kapasiteten. Dermed kan ein utelukke formel (A.2) for bruk i sidekanal.

For dei ulike konstantane så ser ein at ein vinkel i samlekanalen på 22.5° har konsekvent gitt den beste kapasiteten. Dette samsvarar ikkje med dei konstantane som er utvikla for kulvert.

For at formlane skal kunne brukast for samlekanal, må det derfor utviklast nye konstantar. Desse må baserast på forsøk i flaumløp.

Kapittel 8

Forslag til vidare arbeid

I denne oppgåva vart det ikkje utvikla berekningsreglar for flaumløp. Ein framtidig gjennomgang av forsøka som denne oppgåva består seg av, vil kunne inngå som datagrunnlag for å utvikle formlar for kapasiteten i innløpet til tunnel. For å få til dette må det gjennomførast eit grundig litteraturstudium av tidlegare modellforsøk forsøk for både kulvert og flaumløp.

Det som kanskje kan vere mest aktuelt er å tilpasse formlane frå Norman et al. (2012), slik at konstantane som vert brukte samsvarer med tilhøva i eit lukka flaumløp. For å utvikle konstantane kan data frå til dømes denne oppgåva brukast som eit grunnlag.

Ei god utarbeiding av formlar og konstantar kan vere eit viktig bidrag til vidare arbeid med å utvikle numeriske modellar for flaumløp; som er nøyaktige nok til at dei kan dokumentere kapasiteten i eit flaumløp utan ytterligere modellforsøk.

Del II

Helgedalen

Kapittel 9

Bakgrunn

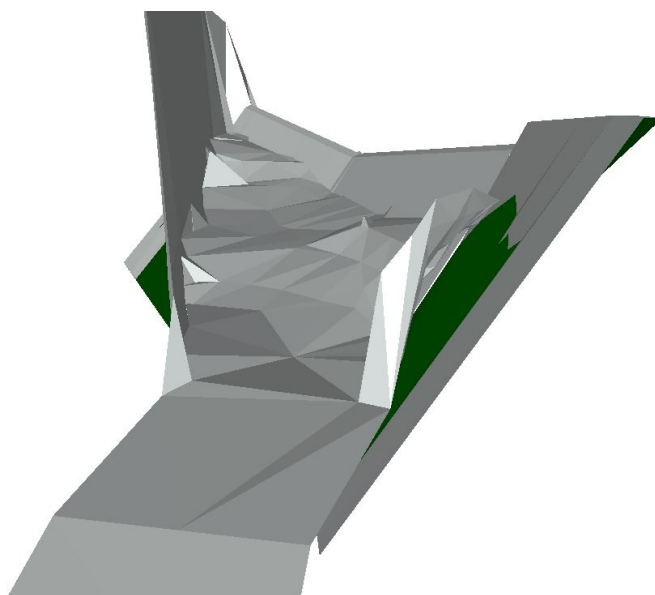
Helgedalsdammen har eit lukka flaumløp. Dammen har fått eit høgare krav til flaumavleiing etter nye flaumberekningar. Derfor er det ønskjeleg å få mest mogleg kunnskap om kapasiteten i flaumløpet i dag, og å danne seg eit bilete av korleis denne kapasiteten kan forbeistrast.

9.1 Utført studie av lukka flaumløp Helgedalen

På grunn av tidspress, og eit par utanforståande faktorar vart det ikkje tid til å lage ein modell av Helgedalsdammen i dette prosjeket. Det har vore utarbeida ein komplett digital modell (figur 9.1), men det vart ikkje tid til å lage ein fysisk modell. Horisontale innløpsvinklar og vertikale utløpsvinklar er studert, men ikkje fullstendig analysert gjennom modellforsøk.

9.2 Vurderingar av Helgedalen opp mot generelle forsøk

Forandring av botn i kanalen For å forbetre kapasiteten til flaumløpet til Helgedalsdammen har det vore foreslått å trekke akselerasjonssona for tunnelen inn i sidekanalen. Som vist i figur 9.2.



Figur 9.1: Digital modell av helgedalen sett frå innløpet til tunellen opp mot overløpet

Fallet inn i tunnelopninga er relativt slakt, og den maksimale hallinga er på i underkant av 20° . Skal ein trekke ein konklusjon basert på dei generelle forsøka i del I, så må det vere at avløpsvinkelen ikkje bør reduserast. Og at ein heller bør sørge for å få ein så bratt vertikalvinkel som den eksisterande utforminga tillet.

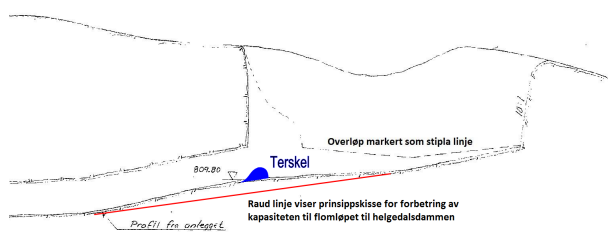
På den andre sida er det høgst spekulativt å trekke ein slik konklusjon. Dei generelle forsøka som er utført kan ikkje seie noko sikkert om kva som kan oppnås ved å bygge om tunnelen på denne måten. Tala for det generelle forsøket viser at vasstanden ikkje stiger på målestavane for 10° ved å nytte eit samla knekkpunkt. Det som vil få vasstanden til å stige er at vertikalvinkelen vert redusert frå 20° til 10° .

Ein må òg hugse på at ein ved å senke kanalen aukar avstanden til hengt i tunnelen. Ein kan derfor få ein situasjon der ein senker vertikalvinkelen frå 20° til 10° , og aukar vasstanden, men at avstanden til hengt i tunnelen aukar meir, og at ein dermed aukar kapasiteten. Det er likevel lite i modellforsøket som bygger opp under at denne løysinga fungerer.

Terskel Skal ein trekke ein konklusjon på bakgrunn av modell forsøket, så må det vere å få ein brattast mogleg vinkel i avløpet. Og å prøve å lage ein terskel med ein sterk vakuumeffekt, som kan hjelpe med å trekke vatnet ut frå sidekanalen. Ei forutsetning for plasseringa av terskelen i sidekanalen er at sidekanalen må ha reservekapasitet. NVE sitt krav til at det er overløpsterskelen som skal avgjere kapasiteten er ufråvikeleg.

Horisontal vinkelen Når det gjeld innløpsvinkelen i flaumløpet til Helgedalsdammen, har han ein slak vinkel som er ei gunstig utforming. tunnelopninga kan likevel optimaliserast, slik at det vert ein ennå slakare overgang mellom sidekanal og tunnel.

Konklusjon Konklusjonen er at denne rapporten ikkje kan konkludere med noko sikkert, utan å ha undersøkt flaumløpet til Helgedalsdammen i eit modellforsøk.



Figur 9.2: To forskjellige forslag til å auke kapasiteten. Raud linje viser tenkt senking av kanalbotn. Terskel er teikna inn med blått

Litteratur

- Walløe K.L. (2012) Lukka flomløp med sidekanal, Trondheim: NTNU.
- Chow, V.T. (1959) Open Channel Hydraulics. New York: McGraw-Hill.
- Berg, A., Mosevoll, G. og Lunde, T. (1992) Flomberegning og kulvertdimensjonering, Trondheim: SINTEF.
- Damsikkerhetsforskriften (2009) Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg. Fastsatt ved kgl. res. 18. desember 2009 med hjemmel i lov 24. november 2000 nr. 82 om vassdrag og grunnvann. Tilgjengelig fra: <<http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20091218-1600.html>> [Nedlastet 25.05.2013]
- NVE (2005) Retningslinjer for flomløp. 2. utgave. NVE: Oslo.
- Fergus, T., Hoseth, K.A., Sæterbø, E. (2010) Vassdragshåndboka : håndbok i vassdragsteknikk. Ny rev. utg. Trondheim: Tapir akademisk forl.
- Midttømme G. H. 1965-(2011) Retningslinjer for flomberegninger til § 5-7 i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat
- Norman, J.M, Houghtalen, R.J. og Johnston, W.J. (2011) Hydraulic design of highway culverts. Hydraulic design series number 5. 3. utgave. National Highway Institute, Virginia.

Tillegg A

Observasjonstabellar

Forsøkk: 0-10-45-0-0-0

Q	Avlesing	Vertikal vinkel		Horisontal vinkel								Plate		Ru		Samla knekkpunkt				
		0	10	45								0	0	0	0	0				
				Kanal																
		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	Utviding			Samlingsvinkel			Avløp				
		V5								U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5
3.02	1H	9.54	0.0	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.6	1.6		5.5	5.2	4.0	0.5	0.5	0.5	2.5	1.5
3.02	1V	9.54	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.5		2.5	3.0	4.0	4.5	3.7	2.5	1.0	0.5
5.02	2H	12.52	0.5	2.5	2.5	2.0	2.3	2.5	3.0	5.0			8.0	7.4	4.8	0.8	0.8	1.0	4.0	2.0
5.02	2V	12.52	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.5	3.0			4.2	5.0	6.0	5.5	5.5	3.5	1.7	2.0
10.09	3H	18.60	0.5	3.5	3.5	4.0	4.5	6.0	7.2	8.8			10.8	10.3	9.0	4.0	4.0	4.0	4.5	3.0
10.09	3V	18.60	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	3.5	5.5	7.3			8.0	8.5	9.0	8.0	7.0	4.7	3.0	4.5
14.99	4H	23.13	2.8	5.0	5.5	6.5	7.5	9.0	10.2	12.0			13.5	13.2	12.5	8.5	7.0	7.5	6.0	4.0
14.99	4V	18.60	0.3	0.3	0.3	4.0	5.0	7.0	8.0	10.0			12.0	11.5	12.0	10.5	9.0	7.0	5.0	5.5
19.98	5H	27.31	5.0	7.5	8.0	9.5	11.0	12.0	13.5	15.0			16.0	16.0	15.0	10.5	9.0	9.0	7.5	5.5
19.98	5V	27.31	4.0	0.5	6.5	8.0	8.5	10.0	12.0	13.5			15.0	15.5	15.0	14.0	10.5	8.5	6.5	6.5
25.00	6H	31.20	8.0	10.0	11.0	12.5	14.0	15.2	16.5	18.0			19.0	18.5	17.0	13.0	12.0	11.5	9.5	7.0
25.00	6V	31.20	6.5	7.0	9.0	10.5	11.5	13.0	15.0	16.5			17.5	18.0	17.5	16.0	13.0	10.0	8.5	7.5
30.08	7H	34.87	10.0	12.0	13.0	14.7	16.0	17.5	19.0	20.5			21.8	21.0	19.5	15.0	16.0	14.5	12.0	8.0
30.08	7V	34.87	9.0	10.0	11.5	13.0	14.0	15.5	17.5	19.0			20.0	21.0	20.5	18.0	13.5	10.5	10.5	9.0
35.15	8H	37.84	12.0	14.5	16.5	17.5	19.0	20.5	21.0	22.0			22.8	22.5	21.5	16.5	17.0	16.5	13.0	9.5
35.15	8V	37.84	11.5	13.0	14.0	16.0	16.5	18.0	19.0	21.0			22.0	22.5	22.0	20.0	15.5	11.5	11.0	10.0
40.10	9H	40.95	14.2	17.5	19.0	20.0	21.5	22.5	23.5	24.0			25.0	24.5	23.5	18.0	19.0	18.5	14.5	10.5
40.10	9V	40.95	13.0	14.0	16.5	18.0	19.0	20.0	21.5	22.5			24.5	25.0	25.0	22.5	16.5	13.0	12.0	10.5
45.20	10H	43.85	16.3	19.5	21.0	22.5	23.0	24.3	25.3	26.5			27.5	27.0	25.5	19.5	20.5	19.5	15.5	12.5
45.20	10V	43.85	14.5	17.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.5			26.0	27.0	26.5	25.0	17.5	14.0	13.0	12.0
	11H																			
	11V																			
	12H																			
	12V																			
	13H																			
	13V																			
	14H																			
	14V																			

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.
Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøek: 0-3-90-0-1-0

Q		Utvida kanal	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel								Plate			Samling								
				90								0	1	1	0	Utvinding			Avløp				
0		3	VS	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	
4.99			12.85	0.0	1.5	1.5	1.8	3.0	4.2		5.5	7.0			8.0	8.0	7.7	3.0	5.5	4.0	5.0	4.5	
4.99			12.85												7.5	7.5	7.5	6.0	4.5	5.0	4.5	4.5	
15.00			23.61	5.3	7.0	8.5	9.5	11.0	12.3		13.5	15.2			16.0	16.0	15.5	8.0	9.5	9.0	10.0	9.0	
15.00			23.61												15.5	15.8	15.5	11.0	9.0	9.0	10.5	9.0	
			0.00																				
25.02			31.61	12.0	13.5	15.0	16.5	17.3	19.0		20.3	21.8			22.8	22.8	22.0	12.0	14.0	14.0	13.0	11.0	
25.02			31.61												22.5	22.5	22.5	20.0	14.5	11.5	14.5	13.0	
			0.00																				
35.23			38.32	18.0	19.5	21.5	22.3	24.0	25.5		26.5	28.0			29.0	28.8	27.8	17.5	20.0	20.0	18.0	15.5	
35.23			38.32												28.5	28.0	28.0	25.5	18.5	16.0	19.0	15.5	

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Billete

Forsøkk: 0-22.5-90-0-1-0

Q	Avisling	Vertikal vinkel		Horisontal vinkel								Plate		Ru	Samla knekkpunkt		Avløp					
		0	22.5	90								0	1		0	1						
				Utvida kanal		k1		k2	k3	k4	k5							k6	k7	k8	Utviding	
VS			k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	
	1H																					
	1V																					
5.01	2H	13.37	0.0	1.2	1.5	1.5	3.0	3.5	5.0	6.5				7.5	7.5	7.0	1.0	3.0	4.5	L	L	
5.01	2V	13.37												6.5	6.5	6.5	5.0	3.5	2.0	L	L	
	3H																					
	3V																					
15.03	4H	23.86	4.0	5.5	7.0	8.0	9.5	10.7	12.0	13.5				14.3	14.3	13.5	0.0	5.5	4.5	7.0	7.0	
15.03	4V	23.86												13.0	13.5	13.5	10.0	8.0	7.0	5.5	5.5	
	5H																					
	5V																					
25.00	6H	31.83	9.5	11.2	12.5	13.8	15.0	16.2	17.5	19.0				20.0	20.0	19.5	4.0	8.0	7.5			
25.00	6V	31.83												18.5	19.5	19.5	15.0	12.0	11.0			
	7H																					
	7V																					
35.02	8H	38.54	14.5	16.0	17.5	18.7	20.3	21.5	22.5	24.0				25.0	25.0	24.0	10.0	13.0	13.0			
35.02	8V	38.54												24.5	24.5	24.5	18.5	16.0	11.0			
	9H																					
	9V																					
44.95	10H	44.36	19.0	20.5	22.3	22.3	24.8	26.0	27.0	28.5				29.5	29.5	28.5	13.0	20.0	20.0			
44.95	10V	44.36												29.0	29.5	29.0	22.5	18.0	13.0			
	11H																					
	11V																					
	12H																					
	12V																					
	13H																					
	13V																					
	14H																					
	14V																					

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk: 0-45-90-0-1-0

Q	Utvidet kanal		Horisontal vinkel						Plate			Ru		Samla knekkpunkt						
	0	45	VS	90						0	1	0	1	0	1	0	1	0		
				k1	k2	k3	k4	k5	k6										k7	k8
Avlesing				Kanal						Utviding		Samlingsvinkel				Avløp				
				U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5						
	1H																			
	1V																			
4.99	2H	13.02	0.0	1.5	1.5	1.7	3.0	3.5	4.8	6.5					7.3	7.3	6.8	0.0	0.0	
4.99	2V	13.02													6.0	6.3	6.0	5.0	4.0	
	3H																			
	3V																			
15.02	4H	23.91	4.0	5.5	6.7	8.0	9.3	10.5	11.7	13.3					14.0	14.0	13.5	0.0	0.0	3.0
15.02	4V	23.91													12.5	13.0	13.0	10.0	9.5	6.5
	5H																			
	5V																			
25.08	6H	31.94	9.2	11.0	12.2	13.5	14.8	15.8	17.0	18.7					19.7	19.7	19.0	0.0	0.0	8.0
25.08	6V	31.94													18.5	19.0	19.0	14.0	13.5	13.5
	7H																			
	7V																			
35.05	8H	38.45	14.0	15.5	17.3	18.5	19.7	21.0	22.0	23.5					24.5	24.5	23.7	0.0	0.0	0.0
35.05	8V	38.45													23.5	24.0	24.0	18.0	17.0	17.0
	9H																			
	9V																			
45.05	10H	44.41	18.5	20.0	22.0	23.0	24.3	25.7	26.5	28.0					29.0	29.0	28.0	0.0	0.0	0.0
45.05	10V	44.41													28.0	28.5	28.0	22.0	22.0	22.0
	11H																			
	11V																			
	12H																			
	12V																			
	13H																			
	13V																			
	14H																			
	14V																			

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk: 0-67.5-90-0-1-0

Q	Utvrida kanal	Vertikal vinkel		Horisontal vinkel								Plate		Samla knekkpunkt									
		0	67.5	90								0	1	0									
		Avlesing	VS	Kanal								Avløp											
				k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	
		1H																					
		1V																					
5.04		2H	13.11	0.0	1.5	1.5	1.7	3.0	3.5		5.0	6.5			7.5	7.5	7.0	3.0	0.0				
5.04		2V	13.11												6.5	6.5	6.5	6.5	8.5				
		3H																					
		3V																					
15.02		4H	23.90	4.0	5.5	6.8	8.0	9.5	10.7		11.8	13.5			14.3	14.2	13.5	0.0	0.0				
15.02		4V	23.90												13.0	13.5	13.5	11.5	14.0				
		5H																					
		5V																					
25.07		6H	31.92	9.3	11.0	12.3	13.5	14.8	16.0		17.2	18.8			19.8	19.8	19.0	0.0	0.0				
25.07		6V	31.92												18.5	19.5	19.0	15.5	18.5				
		7H																					
		7V																					
35.13		8H	38.54	14.0	15.8	17.2	18.3	19.7	21.0		22.0	23.5			24.5	24.5	23.8						
35.13		8V	38.54												24.0	24.5	24.5						
		9H																					
		9V																					
45.38		10H	44.58	18.7	20.5	22.5	23.3	24.7	26.3		27.3	28.5			29.5	29.5	28.5						
45.38		10V	44.58												29.0	29.5	28.5						
		11H																					
		11V																					
		12H																					
		12V																					
		13H																					
		13V																					
		14H																					
		14V																					

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.
Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk:

Q	Utvidet kanal		Horisontal vinkel						Plate			Samleknepunkt			Avløp										
	Avisling	Vertikal vinkel	90						1			1													
			k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5				
	0	67.5										0													
	VS																								
1H																									
1V																									
2H																									
2V																									
3H																									
3V																									
4H																									
4V																									
5H																									
5V																									
6H																									
6V																									
7H																									
7V																									
8H																									
8V																									
9H																									
9V																									
45.38	10H	44.58	18.7	20.5	22.5	23.3	24.0	24.0	25.5	28.0				28.0	28.0	27.0									
45.38	10V	44.58																							
	11H																								
	11V																								
	12H																								
	12V																								
	13H																								
	13V																								
	14H																								
	14V																								

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.
 Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlekanal

Forsøkk:

Q	Utvidet kanal	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel										Plate		Samlet knekkpunkt								
			67.5										0	1									
			VS										Kanal										
0	Avlesing	3	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5		
	1H																						
	1V																						
4.99	2H	13.14	0.0	1.5	1.5	1.8	3.0	4.0	5.3	6.8				7.5	7.5	7.0	3.5	5.5	4.0	5.0	4.5		
4.99	2V	13.14												6.7	7.0	7.0	6.2	4.5	4.0	4.7	4.5		
	3H																						
	3V																						
15.06	4H	23.97	5.0	6.7	8.0	9.3	10.7	12.0	13.3	14.8				15.3	15.3	14.8	9.0	9.5	9.5	9.5	8.5		
15.06	4V	23.97												14.5	15.0	15.0	13.5	10.5	8.0	10.5	8.0		
	5H																						
	5V																						
24.99	6H	31.98	11.5	13.0	14.5	15.8	17.0	18.3	19.7	21.2				21.7	21.7	20.8	13.5	14.5	14.0	13.0	11.5		
24.99	6V	31.98												21.5	22.0	21.5	20.0	15.0	12.0	14.5	12.5		
	7H																						
	7V																						
35.17	8H	38.59	17.3	18.7	20.5	21.5	23.0	24.3	25.7	27.0				27.5	27.3	26.5	18.0	19.0	19.0	17.5	15.0		
35.17	8V	38.59												26.8	27.5	27.2	25.0	21.5	16.5	18.0	15.0		
40.13	9H	41.69	19.7	21.5	23.0	24.0	25.5	27.0	28.0	29.5				30.0	30.0	29.0	20.0	21.5	21.5	19.0	16.5		
40.13	9V	41.69												30.0	30.0	29.0	27.0	23.0	18.0	19.5	16.5		
	10H																						
	10V																						
	11H																						
	11V																						
	12H																						
	12V																						
	13H																						
	13V																						
	14H																						
	14V																						

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Billete

Forsøkk: 0-3-67.5-1-1-0

Q	Utvrida kanal	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel								Plate	Ru		Samla knekkpunkt													
			67.5									1	1	1	1												
			k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8																	
	0	3																									
	Avlesing	VS	Kanal																								
	1H																										
	1V																										
	2H																										
	2V																										
	3H																										
	3V																										
	4H																										
	4V																										
	5H																										
	5V																										
	6H																										
	6V																										
	7H																										
	7V																										
	8H																										
	8V																										
40.13	9H									41.69	19.7	21.5	23.0	24.0	25.5	27.0	28.0	29.5	30.0	30.0	29.0	20.0	21.5	21.5	19.0	16.5	
40.13	9V									41.69										30.0	30.0	29.0	27.0	23.0	18.0	19.5	16.5
	10H																										
	10V																										
	11H																										
	11V																										
	12H																										
	12V																										
	13H																										
	13V																										
	14H																										
	14V																										

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlekanal

Forsøkk: 0-10-67.5-0-1-0

Q	Utvidet kanal	Vertikal vinkel		Horisontal vinkel								Plate		Ru		Samla knekkpunkt					
		0	10	67.5								0	1	0	1	0	1				
		Avisling		VS		Kanal								Utvinding		Samlingsvinkel		Avløp			
		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	
	1H																				
	1V																				
5.00	2H	0.0	1.5	1.5	1.7	3.0	3.5	4.8	6.3				7.0	7.0	6.5	2.5	4.0	3.0	3.0	4.0	
5.00	2V												6.3	6.3	6.3	5.5	4.0	4.0	4.5	4.0	
	3H																				
	3V																				
15.04	4H	4.3	5.7	7.0	8.3	9.8	11.0	12.2	13.7				14.2	14.3	13.8	6.5	7.0	8.5	7.0	7.0	
15.04	4V												13.5	14.0	14.0	12.0	9.0	9.5	7.0	7.0	
	5H																				
	5V																				
25.06	6H	10.0	11.7	13.0	17.3	15.7	17.0	18.0	19.7				20.3	20.3	19.7	11.5	12.5	12.0	10.0	10.5	
25.06	6V												19.5	20.0	19.7	17.5	13.5	10.0	9.0	10.5	
	7H																				
	7V																				
35.16	8H	15.3	17.0	18.5	19.8	21.2	22.5	23.7	25.0				25.3	25.3	24.7	16.0	16.5	17.0	15.0	12.5	
35.16	8V												24.5	25.5	25.2	22.0	18.0	12.0	12.0	12.5	
	9H																				
	9V																				
45.06	10H	19.8	21.5	23.3	24.3	25.8	27.0	28.2	29.7				30.0	30.0	29.0	18.0	20.0	21.0	17.5	15.0	
45.06	10V												29.5	30.2	29.5	26.0	23.0	17.5	15.5	15.0	
	11H																				
	11V																				
	12H																				
	12V																				
	13H																				
	13V																				
	14H																				
	14V																				

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.
Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk: 0-22.5-67.5-0-1-0

Q	Utvida kanal		Horisontal vinkel								Plate		Ru		Samla knekkpunkt		Avløp						
	0	22.5	67.5								0	1	0	1									
	Avlesing	Vertikal vinkel	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	Utvidning	Samlingsvinkel	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5
	VS																						
	1H																						
	1V																						
5.01	2H	13.09	0.0	1.5	1.7	1.5	2.8	3.2	4.5	6.0					6.7	6.7	6.2	0.5	2.0	3.5			
5.01	2V	13.09													6.0	6.0	5.8	5.0	3.5	3.0			
	3H																						
	3V																						
15.00	4H	23.83	3.5	5.0	6.3	7.5	9.0	10.0	11.3	12.8					13.5	13.5	12.7	0.0	5.0	7.5			
15.00	4V	23.83													12.5	12.7	12.5	10.5	8.0	7.0			
	5H																						
	5V																						
25.03	6H	31.90	8.8	10.5	11.8	13.0	14.3	15.5	16.8	18.2					19.0	19.0	18.2	5.0	9.0	9.0			
25.03	6V	31.90													18.0	18.5	18.2	15.0	12.0	8.0			
	7H																						
	7V																						
34.94	8H	38.40	13.7	15.5	16.8	18.0	19.3	20.5	21.7	23.0					23.7	23.7	22.5	10.0	12.0	13.0			
34.94	8V	38.40													23.0	23.5	23.0	19.0	15.5	11.5			
	9H																						
	9V																						
41.14	10H	44.40	18.0	19.5	21.5	22.5	23.8	25.2	26.2	27.5					28.2	28.0	26.5	15.0	18.0	20.0			
41.14	10V	44.40													27.0	28.0	27.3	21.5	17.5	15.5			
	11H																						
	11V																						
	12H																						
	12V																						
	13H																						
	13V																						
	14H																						
	14V																						

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.
Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk: 0-22.5-67.5-1-1-0

Q	Avisling	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel								Plate			Ru	Samla knekkpunkt					Avløp						
			67.5								1				1					0						
			Utvida kanal		VS		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7		k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5
	1H																									
	1V																									
	2H																									
	2V																									
	3H																									
	3V																									
	4H																									
	4V																									
	5H																									
	5V																									
	6H																									
	6V																									
	7H																									
	7V																									
	8H																									
	8V																									
	9H																									
	9V																									
41.14	10H		44.40	18.0	19.5	21.5	22.5	23.0	23.0	24.5	26.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	26.0	
41.14	10V		44.40																							
	11H																									
	11V																									
	12H																									
	12V																									
	13H																									
	13V																									
	14H																									
	14V																									

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samleinkel

Forsøkk: 0-45-67.5-1-1-0

Q	Utvridning kanal	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel								Plate	Ru		Samla knekkpunkt					Avløp				
			67.5									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	45	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5		
	AVlesing	VS																					
	1H																						
	1V																						
	2H																						
	2V																						
	3H																						
	3V																						
	4H																						
	4V																						
	5H																						
	5V																						
	6H																						
	6V																						
	7H																						
	7V																						
	8H																						
	8V																						
	9H																						
	9V																						
45.08	10H	44.47	17.0	18.7	20.5	21.7	22.0	22.0	23.5	25.0	26.0	26.0	25.5										
45.08	10V	44.47																					
	11H																						
	11V																						
	12H																						
	12V																						
	13H																						
	13V																						
	14H																						
	14V																						

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samle vinkel

Forsøkk: 0-67.5-67.5-0-1-0

Utvida kanal		Horisontal vinkel								Plate		Samla knekkpunkt													
0		67.5								0		1		0											
Q	Avising	Vertikal vinkel	67.5	VS	Kanal								Utviding				Samlingsvinkel				Avløp				
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
					k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5		
	1H																								
	1V																								
4.98	2H	13.10	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	3.0				4.3	5.8			6.5	6.5	6.0	0.0	0.0					
4.98	2V	13.10														5.5	5.7	5.5	7.0	8.5					
	3H																								
	3V																								
15.03	4H	23.82	3.3	4.7	6.0	7.3	8.5	9.7				11.0	12.3			13.0	13.0	12.3	0.0	0.0					
15.03	4V	23.82														12.0	12.5	12.0	12.0	14.0					
	5H																								
	5V																								
24.99	6H	31.86	8.2	10.0	11.3	12.5	13.7	14.7				16.0	17.5			18.3	18.3	17.5	0.0	0.0					
24.99	6V	31.86														17.0	17.5	17.5	15.0						
	7H																								
	7V																								
35.14	8H	38.56	13.0	14.8	16.0	17.2	18.5	19.8				20.8	22.0			23.8	23.8	22.5	0.0	0.0					
35.14	8V	38.56														22.5	23.5	23.0	20.0						
	9H																								
	9V																								
	10H	44.31	17.0	19.0	20.5	22.0	23.3	24.5				25.5	26.8			27.5	27.5	26.0	0.0	0.0					
	10V	44.31														26.0	27.0	26.5	22.0						
	11H																								
	11V																								
	12H																								
	12V																								
	13H																								
	13V																								
	14H																								
	14V																								

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.
 Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Bilete 1- P644 Teikning på ark, illustrer merknad

Forsøkk: 0-67.5-67.5-1-1-0

Q	Utvridning	Vertikal vinkel		Horisontal vinkel								Plate		Ru		Samla knekkpunkt						
		0	67.5	67.5								1	1	0								
		AVlesing	VS	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5
1H																						
1V																						
2H																						
2V																						
3H																						
3V																						
4H																						
4V																						
5H																						
5V																						
6H																						
6V																						
7H																						
7V																						
8H																						
8V																						
9H																						
9V																						
10H		44.31		17.0	19.0	20.5	22.0	23.0	22.5		23.5	25.5		26.0	26.0	25.5						
10V		44.31																				
11H																						
11V																						
12H																						
12V																						
13H																						
13V																						
14H																						
14V																						

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samleavinkel

Bilete

Forsøkk: 0-3-45-0-1-0

Utvida kanal		Horisontal vinkel								Plate		Ru		Samla knekkpunkt								
		45								0	1	0	1	0								
Q	Avlesing	Vertikal vinkel	3		VS																	
			k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	Utviding		Samlingsvinkel			Avløp						
											U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	
	1H																					
	1V																					
4.99	2H	12.83	0.0	1.5	1.8	1.5	3.0	3.0	4.5	5.8				6.7	7.0	6.5	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	
4.99	2V	12.83												6.0	6.5	6.5	6.0	4.5	4.5	4.5	4.0	
	3H																					
	3V																					
15.01	4H	23.54	4.0	5.5	7.0	8.0	9.5	10.8	12.0	13.5				14.3	14.5	14.0	10.5	9.8	9.5	9.5	9.0	
15.01	4V	23.54												13.5	14.0	14.0	12.5	10.5	9.5	10.0	8.0	
	5H																					
	5V																					
25.06	6H	31.58	10.0	11.8	13.3	14.5	15.8	17.0	18.3	19.8				20.5	20.8	20.0	16.0	15.5	14.0	14.0	11.0	
25.06	6V	31.58												19.5	20.5	20.0	19.0	15.0	12.5	14.0	12.0	
	7H																					
	7V																					
35.20	8H	38.30	15.8	17.5	19.2	20.3	22.7	23.2	24.3	25.5				26.5	26.5	24.8	19.0	20.0	19.0	18.0	15.0	
35.20	8V	38.30												26.0	26.5	26.5	24.5	21.5	17.5	16.5	15.0	
	9H																					
	9V																					
45.04	10H	44.16	20.5	22.0	23.5	25.0	26.3	27.7	28.5	30.0				31.3	30.5	28.8	24.0	23.0	23.0	21.0	18.5	
45.04	10V	44.16												30.0	30.5	30.5	28.5	24.5	20.0	21.0	18.5	
	11H																					
	11V																					
	12H																					
	12V																					
	13H																					
	13V																					
	14H																					
	14V																					

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøk: 0-10-45-0-1-0

0	10	45	0	1	0
Utvida kanal	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel	Plate	Ru	Samla knekkpunkt

Q	Avisling	VS	Kanal										Utviding			Samlingsvinkel			Avløp							
			Horisontal vinkel										Plate			Ru			Samla knekkpunkt			Avløp				
			k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5					
3.01	1H	9.70	0.0	1.0	1.0	0.5	2.0	1.5	2.0	3.0				3.8	4.0	3.5	1.5	2.3	2.0	1.5	2.5					
3.01	1V	9.70	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	2.5				3.0	3.5	4.0	3.5	3.0	3.0	4.5	3.0					
4.99	2H	12.97	0.0	1.2	1.5	1.0	2.7	2.5	3.2	5.0				5.7	6.0	5.5	2.0	4.0	3.0	3.0	3.0					
4.99	2V	12.97	0.5	1.0	1.5	2.0	2.0	2.0	3.0	4.0				5.0	5.5	5.5	5.5	4.0	3.5	4.5	3.5					
9.99	3H	18.50	0.8	2.5	3.0	3.8	4.9	6.0	7.3	8.5				9.7	10.0	9.5	6.5	6.2	6.0	4.5	5.5					
9.99	3V	18.50	1.0	2.0	3.0	3.5	4.0	5.5	6.5	7.5				8.5	9.0	9.5	8.5	6.5	6.0	6.0	5.5					
15.02	4H	23.44	3.0	4.5	5.7	6.7	8.0	9.0	10.5	12.0				13.0	13.3	12.0	9.0	8.0	8.0	6.5	6.5					
15.02	4V	23.44	3.0	4.5	5.0	6.5	7.0	9.0	9.5	10.5				12.0	12.5	12.0	11.5	9.5	8.0	7.5	7.0					
19.99	5H	27.50	5.5	7.2	8.5	9.7	11.0	12.0	13.5	15.0				16.0	16.0	15.0	11.5	10.0	10.0	8.0	7.0					
19.99	5V	27.50	6.0	6.5	8.5	10.0	10.0	12.0	13.0	14.5				15.0	15.5	15.5	13.5	11.5	10.5	10.0	8.0					
25.07	6H	31.35	8.2	10.0	11.2	12.5	13.7	14.8	16.0	17.5				18.5	19.0	18.0	14.0	11.5	12.0	10.0	8.0					
25.07	6V	31.35	8.0	9.0	10.5	12.0	13.0	14.0	15.5	17.0				17.5	18.0	18.5	17.0	13.5	12.0	11.0	9.5					
30.09	7H	34.97	11.0	12.5	14.0	15.3	16.5	17.5	18.8	20.0				21.0	21.5	20.5	16.0	15.5	14.5	11.5	10.5					
30.09	7V	34.97	10.5	12.0	14.0	15.0	15.5	17.0	18.5	19.5				20.5	21.5	21.0	20.0	16.0	14.0	13.0	11.0					
34.96	8H	37.89	13.0	15.0	16.5	17.5	18.7	20.0	21.0	22.5				23.3	23.7	22.5	17.5	17.0	16.0	13.5	11.5					
34.96	8V	37.89	12.5	14.0	15.5	17.0	18.0	19.5	20.5	22.0				23.0	24.0	24.0	22.5	18.5	15.5	14.0	12.5					
39.91	9H	40.96	15.5	17.2	19.0	20.0	21.3	22.5	23.7	25.0				25.8	26.0	24.5	19.0	19.0	19.0	16.0	13.5					
39.91	9V	40.96	14.5	16.5	18.0	19.5	20.0	21.5	23.0	24.0				26.0	26.0	26.0	24.0	20.0	20.0	16.0	14.5					
45.01	10H	43.88	17.8	19.5	21.5	22.3	23.5	25.0	26.0	27.3				28.3	28.0	27.0	20.5	20.0	20.5	17.5	14.5					
45.01	10V	43.88	16.5	18.0	20.0	22.0	22.5	23.5	25.0	26.5				27.5	28.5	27.5	26.0	22.0	18.0	16.5	16.0					
	11H																									
	11V																									
	12H																									
	12V																									
	13H																									
	13V																									
	14H																									
	14V																									

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.
Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk: 0-10-45-0-1-0-R

Q	Avisesing	Vertikal vinkel		Horisontal vinkel								Plate		Ru		Samla knekkpunkt		Avløp	
		VS	10	45								0	1	0	1	0	0		
				Utvida kanal	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7								k8
	1H																		
	1V																		
5.01	2H	13.24	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	2.5											
5.01	2V	13.24																	
	3H																		
	3V																		
15.03	4H	24.03	3.5	5.0	6.2	7.2	8.5	9.8	11.0	12.5									
15.03	4V	24.03																	
	5H																		
	5V																		
25.01	6H	32.04	8.7	10.5	11.8	13.0	14.2	15.3	16.5	18.0									
25.01	6V	32.04																	
	7H																		
	7V																		
34.97	8H	38.70	13.3	15.7	17.0	18.3	19.7	21.0	22.0	23.2									
34.97	8V	38.70																	
	9H																		
	9V																		
45.13	10H	44.73	18.3	20.0	22.0	23.0	24.3	25.7	26.7	28.0									
45.13	10V	44.73																	
	11H																		
	11V																		
	12H																		
	12V																		
	13H																		
	13V																		
	14H																		
	14V																		

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.
Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk: 0-10-45-1-1-0

Q	Utvridning kanal	Vertikal vinkel		Horisontal vinkel								Plate			Samla knekkpunkt			Avløp							
		0	10	45								1	1	1	Utvridning		Samlingsvinkel								
		0	VS	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5			
	1H																								
	1V																								
	2H																								
	2V																								
	3H																								
	3V																								
	4H																								
	4V																								
	5H																								
	5V																								
	6H																								
	6V																								
	7H																								
	7V																								
	8H																								
	8V																								
	9H																								
	9V																								
45.13	10H		44.73	18.3	20.0	22.0	23.0	24.1	24.5		25.7	27.0		28.0	28.0	27.0									
45.13	10V		44.73																						
	11H																								
	11V																								
	12H																								
	12V																								
	13H																								
	13V																								
	14H																								
	14V																								

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk: 0-22.5-45-0-1-0

Q	Avisling	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel								Plate	Ru	Samla knekkpunkt								
			45										0	1	0	0					
													Kanal								
Utvida kanal		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	Utviding			Samlingsvinkel			Avløp					
VS										U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	
	1H																				
	1V																				
5.01	2H	12.77	0.0	1.5	1.8	2.0	2.5		3.7	5.0			6.0	6.0	5.0	1.5	2.5	3.0			
5.01	2V	12.77											5.0	5.5	5.2	4.5	3.5	3.0			
	3H																				
	3V																				
15.00	4H	23.51	2.8	4.2	5.5	6.5	8.0	8.8	10.0	11.5			12.3	12.3	11.0	6.0	6.0	7.0	5.0		
15.00	4V	23.51											11.0	11.5	10.5	9.5	8.0	7.0	6.0		
	5H																				
	5V																				
25.00	6H	31.54	7.5	9.2	10.5	11.5	12.8	13.7	15.0	16.5			17.5	17.5	16.0	9.0	9.0	10.0			
25.00	6V	31.54											16.0	17.0	16.5	14.5	11.5	11.5			
	7H																				
	7V																				
35.11	8H	38.13	11.8	13.7	15.0	16.2	17.5	18.5	19.7	20.8			22.0	21.8	20.3	12.5	12.0	13.0			
35.11	8V	38.13											21.0	22.0	21.0	18.5	15.5	13.0			
	9H																				
	9V																				
44.95	10H	44.11	16.0	17.5	19.3	20.5	21.8	23.0	24.0	25.2			26.3	26.0	24.0	17.5	18.0	16.5			
44.95	10V	44.11											25.0	26.0	25.0	21.0	18.0	16.0			
	11H																				
	11V																				
55.12	12H	49.61	19.5	21.3	23.3	24.5	25.5	26.7	27.7	28.7			29.8	28.8	27.0	18.0	20.0	20.5	18.0		
55.12	12V	49.61											28.0	29.5	28.0	24.0	24.0	18.0	15.0		
	13H																				
	13V																				
	14H																				
	14V																				

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk: 0-45-45-0-1-0

Q	Utvrida kanal		Horisontal vinkel								Plate		Ru		Samla knekkpunkt		Avløp				
	0	45	45								0	1	0	1							
	Avlesing	Vertikal vinkel	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5
		VS																			
5.01		12.59	0.0	1.3	1.5	1.5	2.7	2.5	3.5	5.0				6.0	6.0	5.0	1.0	1.0			
5.01		12.59												5.0	5.5	5.0	4.0	4.0			
15.00		23.43	2.5	4.0	5.0	6.0	7.2	8.0	9.5	10.8				11.7	11.5	9.5	4.5	4.0	5.0		
15.00		23.43												10.5	11.0	10.0	8.5	8.0	6.0		
25.01		31.44	7.0	8.5	9.7	11.0	11.5	12.5	13.7	15.3				16.3	16.0	14.0	8.0	8.0	6.0		
25.01		31.44												14.5	15.5	15.0	12.5	11.5	9.0		
34.95		38.13	10.5	12.5	13.5	14.8	16.0	17.0	18.0	19.2				20.3	20.2	18.3	11.5	11.5	9.0		
34.95		38.13												19.5	20.0	19.0	15.5	15.0	13.0		
44.84		43.98	14.0	16.0	17.2	18.7	19.5	20.7	21.7	22.8				24.0	23.5	21.2	14.0	16.0	16.0		
44.84		43.98												22.0	23.5	22.5	17.5	16.5	16.0		
55.08		49.65	17.5	19.0	21.3	22.5	23.5	24.5	25.3	26.3				27.0	26.5	24.5	16.5	17.0			
55.08		49.65												26.0	27.0	25.5	19.5	19.5			

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samle vinkel

Forsøkt: 0-67.5-45-0-1-0

Q	Avisling	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel								Plate	Ru		Samla knekkpunkt	0	1	0						
			45									k8	k7					k6	k5	k4	k3	k2	k1
			67.5	VS																			
	1H																						
	1V																						
5.06	2H	12.91	0.0	1.5	1.5	1.5	3.0	2.5		3.8	5.0												
5.06	2V	12.91																					
	3H																						
	3V																						
14.99	4H	23.45	2.7	4.0	5.3	6.3	7.8	8.5	10.0	11.3													
14.99	4V	23.45																					
	5H																						
	5V																						
25.05	6H	31.60	7.0	8.5	10.0	11.0	12.2	13.0	14.5	16.0													
25.05	6V	31.60																					
	7H																						
	7V																						
35.18	8H	38.25	11.0	13.0	14.2	15.5	16.5	17.7	18.7	20.0													
35.18	8V	38.25																					
	9H																						
	9V																						
45.05	10H	44.06	14.7	17.0	18.2	19.8	20.8	22.0	22.8	24.0													
45.05	10V	44.06																					
	11H																						
	11V																						
55.14	12H	49.60	18.7	20.5	22.0	23.5	24.5	25.7	26.7	27.8													
55.14	12V	49.60																					
	13H																						
	13V																						
	14H																						
	14V																						

Merknad: På grunn av felavlesning på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samle vinkel

Forsøkk: 0-3-22.5-0-1-0

Q	Utvrida kanal	Vertikal vinkel		Horisontal vinkel								Plate			Samla knekkpunkt						
		0	3	22.5								0	1	1	1	1					
		Avisling		VS		Kanal								Ru			Avløp				
		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	
	1H																				
	1V																				
4.95	2H	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	2.5		3.7	5.0			5.7	6.0	5.8	4.5	5.0	3.5	4.5	4.5	
4.95	2V	13.11											5.2	6.0	6.0	5.7	4.5	5.0	5.5	4.5	
	3H																				
	3V																				
15.10	4H	24.00	3.5	5.0	6.3	7.5	8.8	10.0	11.2	12.5			13.2	13.5	12.7	11.0	9.8	9.7	10.0	9.0	
15.10	4V	24.00											12.5	13.5	12.5	12.0	10.5	9.5	10.5	8.0	
	5H																				
	5V																				
25.02	6H	31.97	9.3	11.0	12.3	13.5	14.8	16.0	17.3	18.2			19.5	19.5	18.2	16.5	15.5	13.5	14.0	11.0	
25.02	6V	31.97											18.7	19.5	18.7	17.5	15.5	14.0	13.8	12.0	
	7H																				
	7V																				
35.00	8H	38.53	15.0	16.5	18.0	19.3	20.5	21.8	23.0	24.3			25.0	24.5	23.5	20.3	19.5	18.0	17.0	13.7	
35.00	8V	38.53											24.0	25.3	24.0	22.0	19.8	17.5	17.3	14.2	
	9H																				
	9V																				
45.12	10H	44.60	19.5	21.0	23.0	24.0	25.3	26.8	27.8	29.0			29.5	29.0	27.0	23.5	24.0	22.5	20.5	16.8	
45.12	10V	44.60											29.0	30.0	28.0	27.5	23.5	21.0	21.0	17.0	
	11H																				
	11V																				
	12H																				
	12V																				
	13H																				
	13V																				
	14H																				
	14V																				

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samleinkel

Forsøkk: 0-10-22.5-0-1-0

Q	Utvidet kanal		Horisontal vinkel								Plate		Samleknepunkt								
	0	10	22.5								0	1	0	1	0						
	Avlesing	VS	Kanal								Kanal			Avløp							
			k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5
	1H																				
	1V																				
4.98	2H	13.23	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	2.5	3.5	4.8				5.5	5.7	5.0	3.5	4.0	3.0	3.0	
4.98	2V	13.23												5.0	5.5	5.0	5.0	4.0	3.5	4.5	4.0
	3H																				
	3V																				
15.01	4H	23.90	3.0	4.5	5.5	6.7	8.0	9.0	10.2	11.5				12.0	12.5	11.0	9.0	8.0	8.0	6.5	6.0
15.01	4V	23.90												11.5	12.5	11.5	10.5	9.0	7.5	7.5	7.0
	5H																				
	5V																				
25.03	6H	31.95	8.0	9.7	10.8	12.2	13.3	14.3	15.7	17.0				17.7	18.0	16.3	13.5	11.5	11.5	10.5	8.0
25.03	6V	31.95												17.0	17.8	16.5	15.2	13.5	11.5	10.5	9.0
	7H																				
	7V																				
35.12	8H	38.62	13.0	14.8	16.3	17.3	18.5	19.8	20.8	22.0				22.7	22.5	20.7	17.5	17.0	16.0	13.5	11.0
35.12	8V	38.62												22.0	21.0	21.5	20.0	18.0	15.0	13.5	13.0
	9H																				
	9V																				
45.09	10H	44.60	17.5	19.2	21.0	22.0	23.3	24.7	25.8	26.8				27.3	26.3	24.0	20.5	20.0	19.5	17.5	14.0
45.09	10V	44.60												26.5	27.0	25.0	23.5	20.5	18.0	17.0	15.5
	11H																				
	11V																				
	12H																				
	12V																				
	13H																				
	13V																				
	14H																				
	14V																				

Merknad På grunn av felavlesing på vannmåler vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.
Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlekanal

Forsøkk: 0-22.5-22.5-0-1-0

Q	Utvida kanal		Horisontal vinkel								Plate		Ru		Samla knekkpunkt		Avløp					
	0	22.5	22.5								0	1	0	1	0							
	AVlesing	VS	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3		A1	A2	A3	A4	A5
	1H																					
	1V																					
5.00	2H	13.03	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	2.5		3.5	4.7				5.3	5.5	4.5	2.8	3.0	3.0		
5.00	2V	13.03													4.5	5.3	4.5	4.0	3.5	2.5		
	3H																					
	3V																					
14.99	4H	23.92	2.7	4.0	5.0	6.0	7.5	8.2		9.5	10.7				11.5	11.7	9.8	6.8	5.5	6.0		
14.99	4V	23.92													10.5	11.5	10.0	8.5	7.5	7.0		
	5H																					
	5V																					
25.01	6H	32.01	6.8	8.5	9.7	11.0	12.0	13.0		14.0	15.5				16.3	16.0	14.5	9.0	9.5	9.5		
25.01	6V	32.01													15.5	16.0	14.3	13.0	11.7	9.0		
	7H																					
	7V																					
37.20	8H	39.92	11.5	13.5	14.7	16.0	17.5	18.7		19.8	20.7				21.5	21.0	18.8	14.5	14.5	13.0		
37.20	8V	39.92													21.0	21.5	19.0	17.0	15.5	13.5		
	9H																					
	9V																					
45.03	10H	44.53	15.0	17.0	18.5	20.0	21.2	22.2		23.3	24.3				25.0	23.8	21.7	17.0	17.0	16.0		
45.03	10V	44.53													25.5	24.5	22.5	19.5	18.5	15.0		
	11H																					
	11V																					
55.14	12H	49.96	19.0	20.7	22.5	23.8	25.0	26.0		27.0	28.0				28.5	27.0	23.7	19.0	19.5	19.0		
55.14	12V	49.96													27.0	28.0	25.5	23.5	21.0	17.5		
	13H																					
	13V																					
	14H																					
	14V																					

Mærknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samle vinkel

Forsøkk: 0-22.5-22.5-0-1-0

Q	Utvidet kanal		Horisontal vinkel				Plate		Ru		Samla knekkpunkt	
	0		22.5				1	1	1	1	0	
	Avlesing	Vertikal vinkel	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	Kanal	
	VS	Samlingsvinkel										
		U1	U2	U3	V1	V2	V3	Avløp				
		A1	A2	A3	A4	A5						
1H												
1V												
2H												
2V												
3H												
3V												
4H												
4V												
5H												
5V												
6H												
6V												
7H												
7V												
8H												
8V												
9H												
9V												
10H												
10V												
11H												
11V												
12H	55.14	49.96								26.0	27.0	
12V	55.14	49.96								28.0	27.0	24.0
13H												
13V												
14H												
14V												

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Billete

Forsøkk: 0-45-22.5-0-1-0

Q	Utvrida kanal	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel					Kanal			Utvinding			Samlingsvinkel					Avløp									
			22.5					Plate	Ru	Samla knekkpunkt																		
			0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
	Avlesing	VS																										
	1H																											
	1V																											
4.99	2H	13.08	0.0	1.5	1.5	2.8	2.5	3.3	4.5																			
4.99	2V	13.08																										
	3H																											
	3V																											
15.03	4H	23.97	2.5	3.8	4.8	7.0	8.0	9.0	10.0																			
15.03	4V	23.97																										
	5H																											
	5V																											
25.07	6H	32.03	6.5	8.0	9.2	11.3	12.3	13.3	14.8																			
25.07	6V	32.03																										
	7H																											
	7V																											
35.03	8H	38.59	10.0	12.0	13.0	15.3	16.2	17.3	18.5																			
35.03	8V	38.59																										
	9H																											
	9V																											
45.13	10H	44.63	13.5	15.8	17.2	19.3	20.3	21.3	22.3																			
45.13	10V	44.63																										
	11H																											
	11V																											
54.80	12H	49.90	17.0	19.0	20.5	22.8	24.0	24.8	25.8																			
54.80	12V	49.90																										
	13H																											
	13V																											
65.18	14H	55.25	20.2	22.0	23.8	25.8	27.2	28.0	28.7																			
65.18	14V	55.25																										

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samleavvikling

Forsøkk: 0-45-22.5-1-1-0

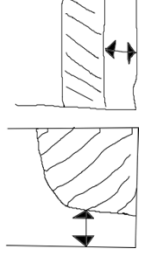
Q	Utvidet kanal		Horisontal vinkel				Plate				Samle knekkpunkt				Avløp					
	0		22.5				1				1					A1	A2	A3	A4	A5
	Avisning		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1						
	VS																			
	1H																			
	1V																			
	2H																			
	2V																			
	3H																			
	3V																			
	4H																			
	4V																			
	5H																			
	5V																			
	6H																			
	6V																			
	7H																			
	7V																			
	8H																			
	8V																			
	9H																			
	9V																			
	10H																			
	10V																			
	11H																			
	11V																			
	12H																			
	12V																			
	13H																			
	13V																			
65.18	14H	55.25								26.5	28.0				28.5	27.5	23.5			
65.18	14V	55.25																		

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.
Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samle vinkel

Billete

Forsøkk: 0-67.5-22.5-0-1-0

Q	Avisling	Vertikal vinkel		Horisontal vinkel								Plate	Ru	Samla knekkpunkt	Avløp							
		0	67.5	22.5											0	1	0					
		VS	Kanal																			
		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5		
	1H																					
	1V																					
5.00	2H	13.05	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	2.5	3.5	4.7					5.3	5.5	4.5					
5.00	2V	13.05													4.5	5.5	4.5					
	3H																					
	3V																					
15.02	4H	23.94	2.5	4.0	5.0	6.0	7.2	8.2	9.2	10.5					11.2	11.5	9.5					
15.02	4V	23.94													10.5	11.0	9.7					
	5H																					
	5V																					
25.03	6H	32.03	6.7	8.3	9.5	10.5	11.7	12.7	13.7	15.0					16.0	15.5	13.7					
25.03	6V	32.03													15.0	15.5	13.5					
	7H																					
	7V																					
34.89	8H	38.58	10.5	12.3	13.5	14.8	16.0	17.0	18.0	19.0					20.0	19.0	16.3					
34.89	8V	38.58													19.0	20.0	17.2					
	9H																					
	9V																					
45.03	10H	44.58	14.2	16.2	17.5	19.0	20.0	21.2	22.0	23.0					23.8	22.5	19.7					
45.03	10V	44.58													22.5	23.5	21.0					
	11H																					
	11V																					
54.92	12H	49.99	18.0	19.5	21.5	22.5	23.7	24.8	25.8	26.8					27.3	25.0	22.5					
54.92	12V	49.99													25.5	26.5	23.0					
	13H																					
	13V																					
65.31	14H	55.30	21.3	22.8	24.8	26.0	26.8	27.8	28.5	29.5					30.3	28.5	24.5					
65.31	14V	55.30													28.5	30.0	26.0					



Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt.
 Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.

Den forskjellen gjev observerbare forskjellar i sidekanal og samleinkel

Forsøkk: 0-67.5-22.5-1-1-0

Q	Avisesing	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel						Plate	Ru			Samla knekkpunkt	0	
			22.5							1	1	1			
			k1	k2	k3	k4	k5	k6							k7
	VS														
	1H														
	1V														
	2H														
	2V														
	3H														
	3V														
	4H														
	4V														
	5H														
	5V														
	6H														
	6V														
	7H														
	7V														
	8H														
	8V														
	9H														
	9V														
	10H														
	10V														
	11H														
	11V														
	12H														
	12V														
	13H														
	13V														
65.31		55.30							27.5			28.0	29.0		
65.31		55.30											29.0	28.0	24.5

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samleinkel

Forsøkk: 1-10-90-0-1-0

Q	1	Utvida kanal	Horisontal vinkel										Samla knekkpunkt									
			90										0	1	0							
			Vertikal vinkel										Plate	Ru	Avløp							
	10	VS	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	
		AVlesing																				
		1H																				
		1V																				
4.98		2H	13.14	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	2.5	3.3	2.5	3.0	4.0	6.0	7.0	7.0	7.2	3.0	4.0	3.5	2.8	3.0
4.98		2V	13.14												6.3	6.5	6.7	5.5	4.0	3.0	2.5	4.0
		3H																				
		3V																				
15.03		4H	23.97	2.5	3.5	4.5	5.3	6.3	7.2	8.2	9.0	10.2	12.0	14.3	15.3	15.5	14.7	5.0	8.0	9.0	7.0	6.5
15.03		4V	23.97												14.5	14.5	14.3	12.0	9.0	6.5	7.5	6.5
		5H																				
		5V																				
25.03		6H	32.01	6.7	8.3	9.5	10.5	11.7	12.7	13.7	14.8	16.0	17.8	19.8	21.0	21.3	20.7	8.0	11.0	12.0	9.5	
25.03		6V	32.01												20.3	20.3	20.0	17.5	13.5	10.2	9.2	
		7H																				
		7V																				
34.97		8H	38.74	11.5	13.3	14.5	15.7	16.8	18.0	19.0	20.2	21.5	23.2	25.2	26.2	26.2	25.7	14.0	16.0	15.0	13.0	
34.97		8V	38.74												25.7	25.8	25.5	22.3	17.2	12.5	12.2	
		9H																				
		9V																				
		10H																				
		10V																				
		11H																				
		11V																				
		12H																				
		12V																				
		13H																				
		13V																				
		14H																				
		14V																				

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

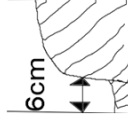
Forsøkk: 1-45-90-0-1-0

Q	1	Utvidet kanal	Horisontal vinkel								Plate		Samle knepunkt		Avløp									
			90								0	1	0	1										
			Vertikal vinkel		k1		k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	Kanal		Samlingsvinkel		Utviding						
45		VS										U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5		
		Avlesing																						
		1H																						
		1V																						
5.00		2H	13.19	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	2.5	3.3	2.3					6.3	6.5	6.7	0.5	1.0				
5.00		2V	13.19													6.2	6.2	6.3	4.2	4.0				
		3H																						
		3V																						
14.97		4H	23.90	2.3	3.5	4.2	5.0	5.7	6.3	7.2	7.5	9.0	10.8	13.0	14.0	14.2	13.7	0.0	0.0					
14.97		4V	23.90												13.0	12.8	12.8	10.2	10.0					
		5H																						
		5V																						
25.02		6H	31.98	5.5	7.0	8.2	9.2	10.2	11.2	12.0	12.8	14.2	16.0	18.2	19.2	19.5	18.8	0.0	0.0					
25.02		6V	31.98												18.2	18.3	18.2	14.2	13.8					
		7H																						
		7V																						
34.67		8H	38.34	9.5	11.3	12.5	13.5	14.5	15.3	16.5	17.2	18.3	20.2	22.5	23.5	23.5	23.0	0.0	0.0					
34.67		8V	38.34												22.7	22.8	22.3	17.2	16.8					
		9H																						
		9V																						
44.98		10H	44.58	14.0	15.8	17.5	18.5	19.5	20.7	21.7	22.3	23.5	25.0	27.0	27.8	27.8	27.3	0.0	18.0					
44.98		10V	44.58												27.8	27.7	27.5	20.0	19.5					
		11H																						
		11V																						
		12H																						
		12V																						
		13H																						
		13V																						
		14H																						
		14V																						

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.
Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk: 1-22.5-67.5-0-1-0

Q	1	Utvidet kanal	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel										Samling	Avløp								
				67.5											k8	Avløp							
				0												k7	Avløp						
Avlesing	VS	Kanal										Samlingsvinkel			Avløp								
				k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	
		1H																					
		1V																					
4.97		2H	13.06	0.0	1.5	1.5	1.7	2.7	2.5	3.3	2.3	3.0	3.0	5.0	5.8	6.0	6.0	2.2	3.0	4.0			
4.97		2V	13.06												5.7	6.0	6.0	4.5	3.8	2.0			
		3H																					
		3V																					
14.98		4H	23.90	2.3	3.5	4.0	4.8	5.5	5.8	6.8	7.0	8.2	10.0	12.5	13.5	14.0	12.7	0.0	4.5	6.0			
14.98		4V	23.90												12.2	12.5	12.5	10.3	8.5	5.2			
		5H																					
		5V																					
24.99		6H	31.97	5.5	6.8	8.0	9.0	10.0	10.8	11.7	12.5	13.8	15.3	17.8	18.7	18.8	18.3	3.0	7.8	9.5			
24.99		6V	31.97												17.8	18.0	18.0	15.3	12.3	9.2			
		7H																					
		7V																					
34.98		8H	38.61	9.3	10.7	11.8	13.0	14.0	14.7	15.8	16.7	17.8	19.8	21.8	22.7	23.0	22.3	6.0	12.0	13.0			
34.98		8V	38.61												22.0	22.2	22.0	18.8	15.7	11.7			
		9H																					
		9V																					
45.12		10H	44.65	13.3	15.5	16.5	17.8	19.8	20.0	20.7	21.5	22.8	24.3	26.3	27.2	27.2	26.7	12.0	16.3	16.5			
45.12		10V	44.65												26.8	27.2	26.5	22.2	18.5	14.2			
		11H																					
		11V																					
		12H																					
		12V																					
		13H																					
		13V																					
		14H																					
		14V																					



Merknad På grunn av felavlesing på vannmålar vart v Merknað om gult suestem dersom det er i bruk på raud renne
 Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel
 5H: likt

Forsøkk: 1-45-67.5-0-1-0

Q	1	Utvidet kanal	Horisontal vinkel										Plate	Ru	Samleknepunkt							
			67.5												0	1	0	0				
			Vertikal vinkel												Kanal							
Avlesing	45	VS	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	
	1H																					
	1V																					
4.98	2H	12.99	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	2.5	3.3	2.5	3.0	3.2	5.2	5.8	6.0	5.8	0.0	1.0				
4.98	2V	12.99												5.7	5.8	5.7	4.5	4.0				
	3H																					
	3V																					
15.02	4H	23.95	2.5	3.5	4.0	4.7	5.3	5.5	6.5	6.8	7.5	9.7	12.0	13.0	13.5	12.5	0.0	0.0				
15.02	4V	23.95												11.8	12.0	12.0	10.5	10.2				
	5H																					
	5V																					
24.98	6H	31.94	5.3	7.0	7.8	8.7	9.7	10.5	11.3	11.8	13.0	14.8	17.3	18.2	18.3	17.5	0.0	0.0				
24.98	6V	31.94												17.2	17.3	17.0	14.3	14.0				
	7H																					
	7V																					
35.11	8H	38.69	9.2	10.5	11.8	13.0	13.8	14.2	15.5	16.3	17.5	19.3	21.3	22.2	22.5	21.8	0.0	0.0				
35.11	8V	38.69												21.5	21.8	21.5	18.0	17.0				
	9H																					
	9V																					
44.93	10H	44.54	12.7	14.7	16.2	17.3	18.3	19.2	20.0	20.7	22.0	23.5	25.5	26.3	26.5	25.8	0.0	17.5				
44.93	10V	44.54												26.0	26.2	25.5	20.0	19.5				
	11H																					
	11V																					
55.18	12H	50.10	16.5	18.5	19.8	21.5	22.3	23.3	24.2	25.0	26.0	27.2	29.0	29.8	30.0	28.5	0.0	19.0				
55.18	12V	50.10												29.8	30.2	29.3	23.0	22.0				
	13H																					
	13V																					
	14H																					
	14V																					

Merknad På grunn av felavlesing på vannmåler vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.

Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlekanal

3: separasjon av vassstreng

Billete

Forsøkk: 1-10-45-0-1-0

Q	1	Utvida kanal	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel								Plate	Ru	Samla knekkpunkt	0	1	0					
				45																		
				k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8											
Kanal																						
Avlesing		VS		Utviding								Samlingsvinkel				Avløp						
				U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5								
		1H																				
		1V																				
5.00		2H	13.14	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	2.5	3.0	3.0	5.0	5.8	6.0	5.8	3.2	4.0	2.8	2.5	3.0		
5.00		2V	13.14	1.0	1.0	1.5	1.8	2.0	2.0	2.5	2.8	4.5	5.7	6.2	5.7	5.0	4.0	3.8	4.2	3.8		
		3H																				
		3V																				
15.00		4H	23.95	2.3	3.5	4.0	4.8	5.3	5.7	6.7	7.0	8.0	10.0	12.3	13.2	13.5	12.0	7.7	7.0	8.0	6.5	6.3
15.00		4V	23.95	2.0	2.5	4.0	4.5	4.7	4.5	5.5	6.5	8.0	9.5	11.5	12.3	12.7	12.5	11.3	9.0	7.0	7.5	6.0
		5H																				
		5V																				
25.04		6H	32.03	5.5	7.0	8.2	9.0	10.0	11.0	11.2	12.7	14.0	15.5	17.8	18.8	17.5	13.0	11.5	12.0	10.0	9.7	
25.04		6V	32.03	5.0	6.3	8.0	9.0	9.5	10.5	11.5	12.0	13.7	15.3	17.0	17.8	18.3	18.2	16.5	13.5	10.5	10.5	9.5
		7H																				
		7V																				
34.96		8H	38.58	9.7	11.3	12.5	13.7	14.8	15.5	16.7	17.5	18.5	20.5	22.5	23.3	23.5	22.5	17.5	17.0	15.5	13.0	
34.96		8V	38.58							15.5	16.0	18.5	20.5	21.5	22.8	23.3	22.8	21.0	17.7	14.3	14.2	
		9H																				
		9V																				
45.22		10H	44.65	14.0	16.0	17.5	18.7	19.7	20.8	21.7	22.5	23.7	25.2	27.0	27.8	28.0	26.8	21.5	20.0	19.5	16.5	
45.22		10V	44.65	13.0	15.0	16.5	17.5	18.0	19.3	20.5	21.5	23.5	25.5	26.5	27.5	27.7	26.8	25.3	21.0	17.2	16.8	
		11H																				
		11V																				
		12H																				
		12V																				
		13H																				
		13V																				
		14H																				
		14V																				

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.
Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk: 1-25.2-45-0-1-0

Q	Utvida kanal	Vertikal vinkel	Horisontal vinkel								Plate				Samla knekkpunkt						
			45								0				1						
			VS								Kanalen				0						
1	Avlesing	22.5																			
	1H		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5
	1V																				
4.99	2H	13.08	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	2.5	3.5	2.5	3.0	3.0	4.5	5.3	5.7	5.3	2.0	3.0	2.0		
4.99	2V	13.08												5.0	5.5	5.0	4.5	3.5	2.5		
	3H																				
	3V																				
14.98	4H	23.83	2.3	3.5	4.0	4.7	5.2	5.2	6.3	6.0	6.5	9.0	11.0	12.0	12.5	11.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
14.98	4V	23.83												10.7	11.3	11.0	9.5	8.0	5.7		
	5H																				
	5V																				
25.02	6H	31.92	5.0	6.5	7.3	8.0	9.0	9.7	10.3	10.3	11.5	13.5	16.0	17.2	17.2	15.5	10.0	9.5	9.3		
25.02	6V	31.92												15.8	16.3	16.0	14.0	12.0	8.7		
	7H																				
	7V																				
35.17	8H	38.65	8.3	10.0	11.0	12.0	13.0	13.5	14.2	14.7	16.0	17.8	20.0	21.2	21.3	20.0	14.0	13.5	12.5		
35.17	8V	38.65												20.0	20.5	20.0	17.7	15.5	11.7		
	9H																				
	9V																				
45.04	10H	44.63	12.0	13.8	15.2	16.2	17.0	18.0	19.0	19.7	20.5	22.3	24.2	25.2	25.3	23.8	17.5	18.0	16.0		
45.04	10V	44.63												24.7	25.2	24.0	21.2	18.2	13.5		
	11H																				
	11V																				
55.13	12H	50.06	15.5	17.5	19.0	20.2	21.2	22.3	22.8	23.5	24.5	25.7	27.8	28.7	28.5	27.5	20.0	19.5	19.5		
55.13	12V	50.06												28.5	28.5	27.3	24.0	20.5	17.2		
	13H																				
	13V																				
	14H																				
	14V																				

Mærknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Billete

Forsøkk: 1-45-45-0-1-0

Q	Utvrida kanal	Vertikal vinkel		Horisontal vinkel								Plate		Ru	Samla knekkpunkt						
		1	45	45								0	1		0						
				Kanal											Avløp						
Avesing	VS	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	
	1H																				
	1V																				
5.02	2H		0.0	1.5	1.7	1.7	2.8	2.5	3.3	2.5	3.0	2.8	4.5	5.3	5.5	5.2	1.0	1.5			
5.02	2V		13.18											5.0	5.2	4.7	4.3	4.0			
	3H																				
	3V																				
15.01	4H		23.87	2.3	3.5	4.0	4.7	5.2	5.0	6.3	5.8	7.8	10.0	10.8	11.3	10.5	5.0	3.0	2.5		
15.01	4V		23.87											10.0	10.3	10.0	9.5	9.0	6.0		
	5H																				
	5V																				
25.02	6H		31.95	4.5	6.0	7.0	8.0	8.8	9.0	9.8	9.5	10.7	12.5	15.3	16.5	16.7	14.8	9.5	9.0		
25.02	6V		31.95											15.0	15.5	15.0	13.7	13.5			
	7H																				
	7V																				
35.12	8H		38.61	7.8	9.5	10.5	11.7	12.3	12.5	13.3	13.7	15.0	17.0	19.3	20.3	20.7	19.2	12.5	12.0	11.0	
35.12	8V		38.61											19.3	19.5	18.8	16.7	15.8	12.5		
	9H																				
	9V																				
44.96	10H		44.54	11.0	13.0	14.0	15.2	16.0	17.0	17.8	18.2	19.0	21.0	23.0	24.0	22.7	15.5	16.5			
44.96	10V		44.54											23.5	23.8	22.8	19.5	18.5			
	11H																				
	11V																				
55.07	12H		50.08	15.0	16.7	18.0	19.0	20.0	21.0	21.7	22.0	23.0	24.7	26.3	27.3	27.5	26.3	18.0	19.0		
55.07	12V		50.08											27.0	27.0	26.0	21.5	21.0			
	13H																				
	13V																				
	14H																				
	14V																				

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk: 1-10-22.5-0-1-0

Q	1	Utvidet kanal	Horisontal vinkel										Samling	Avløp											
			22.5											k8	k7	0									
			Vertikal vinkel		Plate		Ru		Samla knekkpunkt		0					1		1		0		1		0	
10	VS	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5						
	Avesing																								
	1H																								
	1V																								
5.02	2H	13.13	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	2.5	3.0	2.8	4.0	5.0	5.7	5.5	3.5	4.2	3.0	2.5	3.5						
5.02	2V	13.13										4.5	5.5	5.3	4.7	3.5	4.0	3.5							
	3H																								
	3V																								
14.99	4H	23.92	2.5	3.5	4.0	4.7	5.0	5.2	6.3	8.5	10.5	11.8	12.3	11.3	9.0	7.8	8.0	6.5	7.0						
14.99	4V	23.92										11.0	11.7	11.5	10.5	8.2	7.5	7.0	7.0						
	5H																								
	5V																								
25.00	6H	32.01	5.0	6.5	7.5	8.2	9.2	9.8	12.0	13.8	16.0	17.3	17.7	16.0	13.0	12.0	12.0	10.0							
25.00	6V	32.01										16.5	17.2	16.5	15.3	13.0	10.7	10.5							
	7H																								
	7V																								
35.13	8H	38.67	8.5	10.5	11.7	12.7	13.7	14.2	17.2	18.8	20.7	22.0	22.5	20.7	17.5	17.0	15.5	13.0							
35.13	8V	38.67										21.5	22.3	21.0	19.5	17.5	14.5	14.0							
	9H																								
	9V																								
45.24	10H	44.66	12.8	14.8	16.0	17.3	18.2	19.3	22.0	23.5	25.2	26.5	26.2	24.5	21.0	19.8	19.0	16.0	14.0						
45.24	10V	44.66										26.0	26.3	24.0	23.0	20.5	17.5	16.3	14.0						
	11H																								
	11V																								
55.03	12H	50.04	16.5	18.7	20.2	21.3	22.5	23.5	26.2	27.3	28.8	29.8	30.0	28.0	23.0	22.0	22.0	19.0	15.5						
55.03	12V	50.04										30.0	30.3	28.7	26.5	23.5	19.8	17.8	15.5						
	13H																								
	13V																								
	14H																								
	14V																								

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk:

Q	Utvidet kanal		Horisontal vinkel								Plate		Ru		Samlet knekkpunkt							
	0	3	22.5								0	1	0	1	0							
	Avlesing	VS	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	Kanal		Utviding			Samlingsvinkel			Avløp			
										U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5		
	1H																					
	1V																					
	2H																					
	2V																					
	3H																					
	3V																					
	4H																					
	4V																					
	5H																					
	5V																					
	6H																					
	6V																					
	7H																					
	7V																					
	8H																					
	8V																					
	9H																					
	9V																					
	10H																					
	10V																					
	11H																					
	11V																					
55.03	12H	50.04	16.5	18.7	20.2	21.3	22.5	23.5	24.3	25.2	26.2	27.3	28.8	29.8	30.0	28.0	23.0	22.0	22.0	19.0	15.5	
55.03	12V	50.04												30.0	30.3	28.7	26.5	23.5	19.8	17.8	15.5	
	13H																					
	13V																					
	14H																					
	14V																					

Merknad På grunn av felavlesing på vannmåler vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.
Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk:

Q	Utvidet kanal		Horisontal vinkel								Plate		Samle knepunkt		Avløp							
	0	3	22.5								0	1	1	0	Utviding				Samlingsvinkel			
			Kanal												Utvinding				Samlingsvinkel			
0	Avlesing	VS	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	
	1H																					
	1V																					
4.98	2H	12.97	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	2.5	3.5	2.5	3.0	3.0	3.5	4.8	5.3	4.5	2.5	2.0				
4.98	2V	12.97												4.2	5.0	4.3	4.0	3.5				
	3H																					
	3V																					
14.98	4H	23.84	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.2	6.2	5.8	5.0	6.3	8.7	9.8	10.5	8.7	5.3	3.0	2.0			
14.98	4V	23.84												9.0	10.0	9.0	8.7	8.5	6.5			
	5H																					
	5V																					
25.07	6H	32.99	4.5	5.7	6.8	7.5	8.2	8.3	8.8	8.5	8.5	11.0	13.5	15.0	15.0	12.8	7.5	9.0	6.0			
25.07	6V	32.99												13.5	14.5	13.0	11.5	11.0	8.5			
	7H																					
	7V																					
35.07	8H	38.56	7.0	8.8	9.7	10.7	11.3	11.5	11.8	11.8	12.7	14.5	17.0	18.8	18.0	15.0	11.0	10.0	8.5			
35.07	8V	38.56												17.5	18.3	16.5	14.0	14.0	11.5			
	9H																					
	9V																					
45.13	10H	44.63	10.0	12.0	13.0	13.8	14.8	15.2	16.0	15.8	16.7	18.7	20.7	22.2	21.7	19.0	13.5	10.0	8.0			
45.13	10V	44.63												21.8	21.5	18.7	16.5	16.0	14.0			
	11H																					
	11V																					
54.89	12H	50.93	13.0	15.0	16.3	17.3	18.3	18.7	19.5	19.5	20.0	22.0	23.7	25.0	24.0	22.0	16.0	16.0	15.0			
54.89	12V	50.93												24.3	24.0	21.3	18.5	18.0	16.0			
	13H																					
	13V																					
65.04	14H	51.16	16.0	18.0	19.7	20.5	21.5	22.0	22.3	22.5	23.3	25.0	26.7	28.0	26.7	23.7	18.0	18.0	17.0			
65.04	14V	51.16												27.5	27.0	25.5	21.5	20.5	20.0			

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

Forsøkk: 0-10-45-0-1-1

Q	Utvida kanal	Vertikal vinkel		Horisontal vinkel								Plate		Ru		Samla knekkpunkt		Avløp	
		0	10	45								0	1	1	1	1	1		
				k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8								
	AVlesing	VS																	
	1H																		
	1V																		
5.01	2H	13.17	0.0	1.5	1.5	1.7	2.7	2.5				3.3	3.0						
5.01	2V	13.17																	
	3H																		
	3V																		
15.01	4H	23.96	2.5	3.8	4.8	5.7	7.0	7.8			9.0	10.0							
15.01	4V	23.96																	
	5H																		
	5V																		
25.01	6H	32.06	7.2	8.8	10.0	11.3	12.3	13.2			14.5	16.0							
25.01	6V	32.06																	
	7H																		
	7V																		
35.16	8H	38.79	12.2	14.0	15.3	16.5	17.7	18.8			19.8	21.2							
35.16	8V	38.79																	
	9H																		
	9V																		
44.96	10H	44.84	16.5	18.3	20.0	21.2	22.5	23.7			24.8	26.0							
44.96	10V	44.84																	
	11H																		
	11V																		
	12H																		
	12V																		
	13H																		
	13V																		
	14H																		
	14V																		

Merknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt. Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s. Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlekanal

Forsøpk: 0-45-45-0-1-1

Q	Utvrida kanal		Horisontal vinkel							Plate			Samla knekkpunkt			Avløp					
	0	45	45							0	1	1	1								
	Avlesing	Vertikal vinkel	Kanal							Ru			Utvriding				Samlingsvinkel				
	VS	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	U1	U2	U3	V1	V2	V3	A1	A2	A3	A4	A5	
1H																					
1V																					
2H	5.02	13.15	0.0	1.5	1.5	1.7	2.8	2.5	3.3	2.5			6.0	8.0	8.0	6.0					
2V	5.02	13.15											3.5	5.2	6.5	6.0					
3H																					
3V																					
4H	15.03	24.02	2.3	3.5	4.0	4.7	5.2	5.2	6.0	5.3			11.3	15.0	14.5	2.0	2.0				
4V	15.03	24.02											5.5	8.0	9.5	13.5	10.5				
5H																					
5V																					
6H	24.98	32.03	4.3	5.8	6.5	7.2	8.0	7.8	8.3	7.5			14.8	19.5	20.5	2.0	2.0				
6V	24.98	32.03											7.0	10.5	12.5	18.8	16.0				
7H																					
7V																					
8H		38.74	7.0	8.3	9.3	9.8	10.5	10.3	10.0	8.7			18.0	21.5	24.0	2.0	2.0				
8V		38.74											11.5	12.3	15.3	23.0	21.0				
9H																					
9V																					
10H	45.06	44.68	9.0	10.7	11.7	12.2	12.8	12.5	12.5	10.7			21.7	25.5	26.0	2.0	3.0				
10V	45.06	44.68											15.0	17.5	18.0	25.5	24.2				
11H																					
11V																					
12H																					
12V																					
13H																					
13V																					
14H																					
14V																					

Mærknad På grunn av felavlesin på vannmålar vart vassføring 8 stillt inn og lest av på nytt.

Forskjellen mellom målingane er 0.92 l/s.

Det er observerbare forskjellar i sidekanal og samlevinkel

2: Z=1.5
6: Z=6
10: Z=10

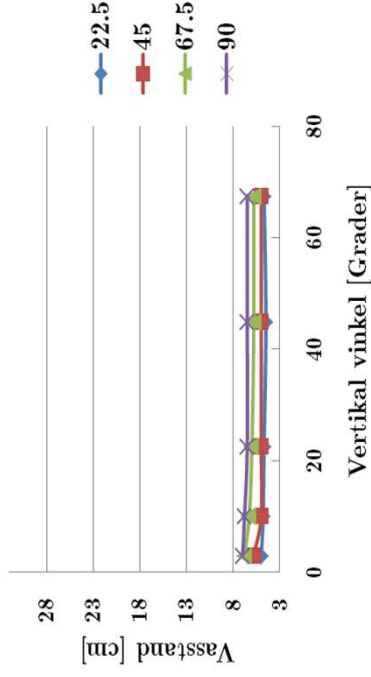


Bilete

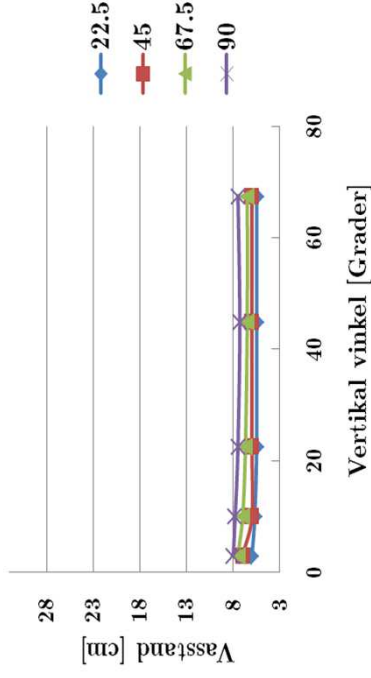
Tillegg B

Grafar for ikkje utvida Ru
kanal

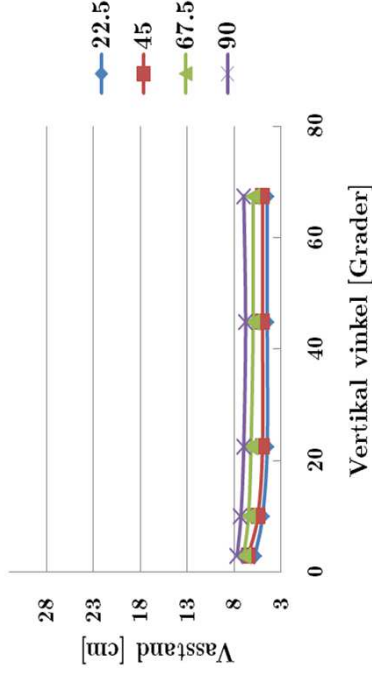
Målepunkt K8 Vassføring 5 l/s



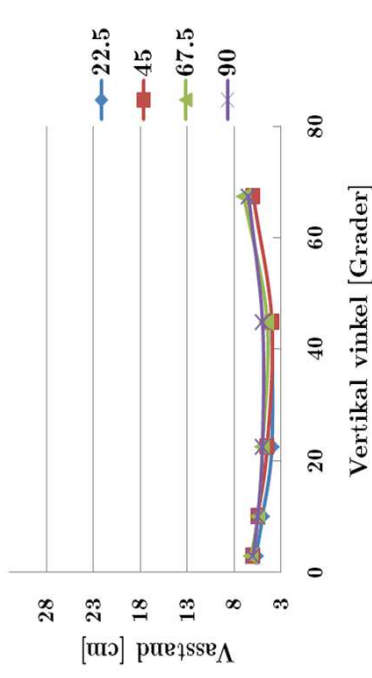
Målepunkt V2 Vassføring 5 l/s



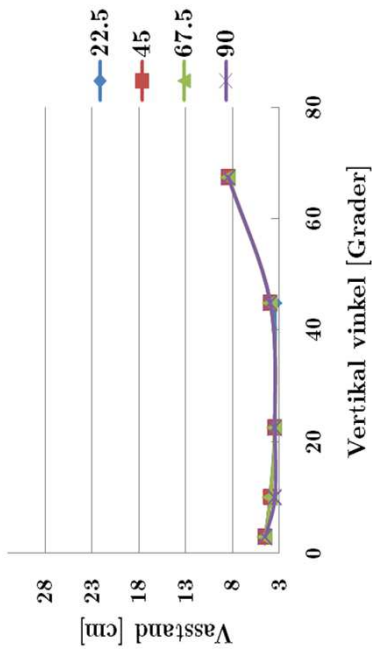
Målepunkt V3 Vassføring 5 l/s



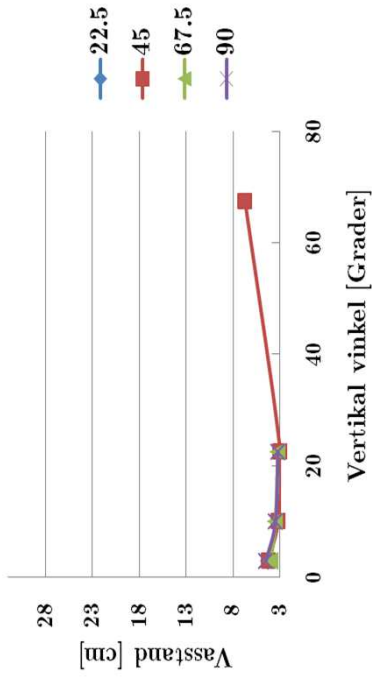
Målepunkt A1 Vassføring 5 l/s



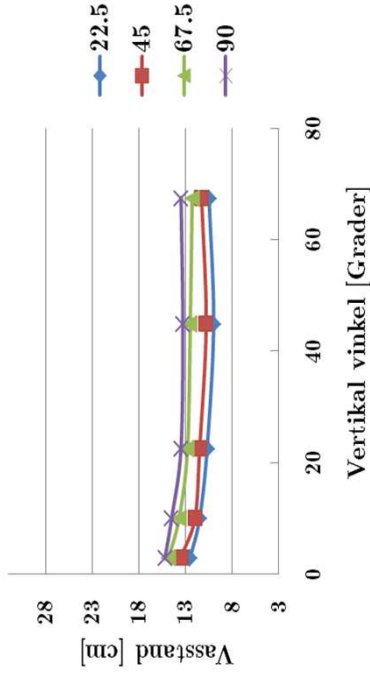
Målepunkt A2 Vassføring 5 l/s



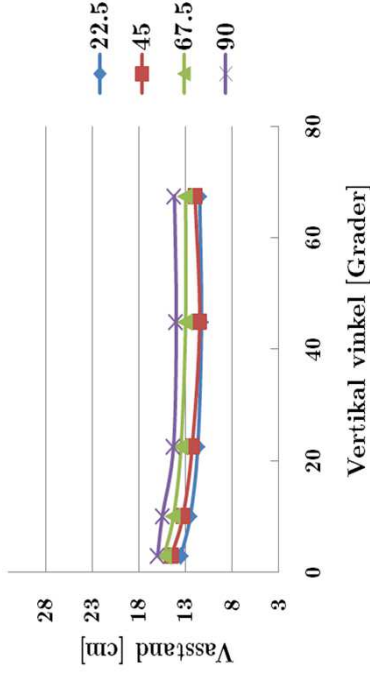
Målepunkt A3 Vassføring 5 l/s



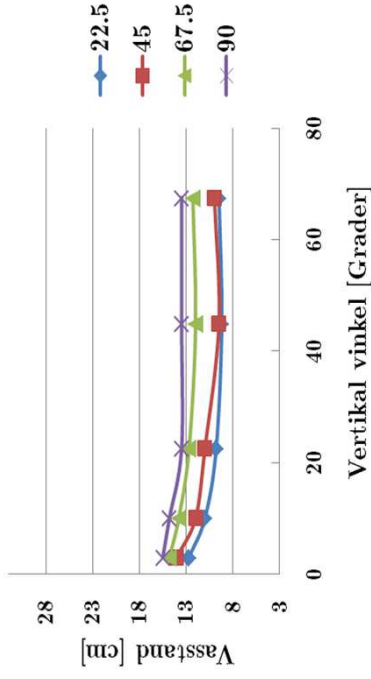
Målepunkt K8 Vassføring 15 l/s



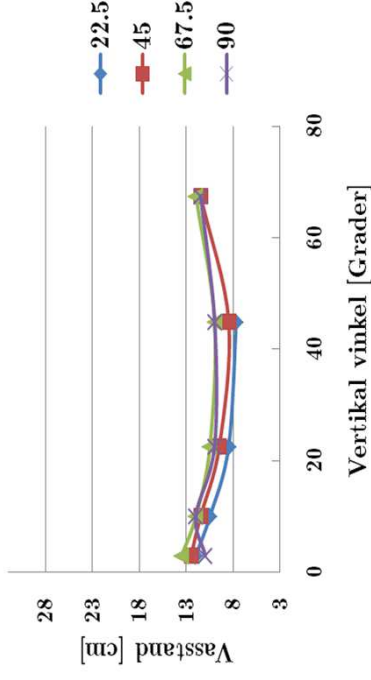
Målepunkt V2 Vassføring 15 l/s



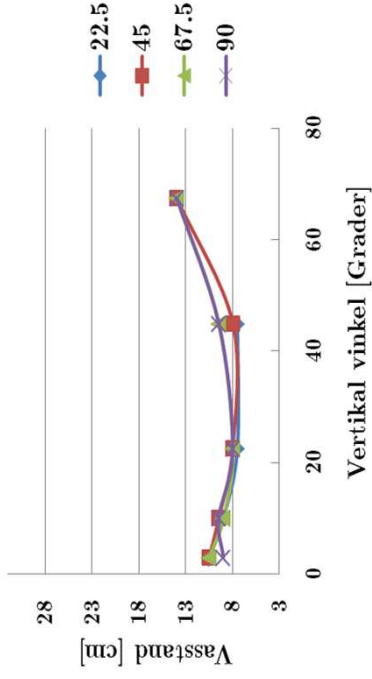
Målepunkt V3 Vassføring 15 l/s



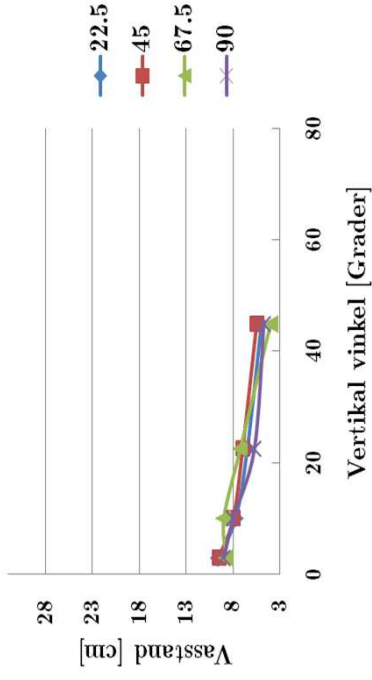
Målepunkt A1 Vassføring 15 l/s



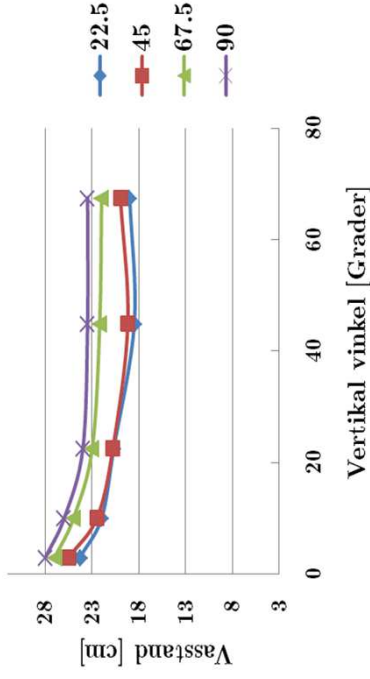
Målepunkt A2 Vassføring 15 l/s



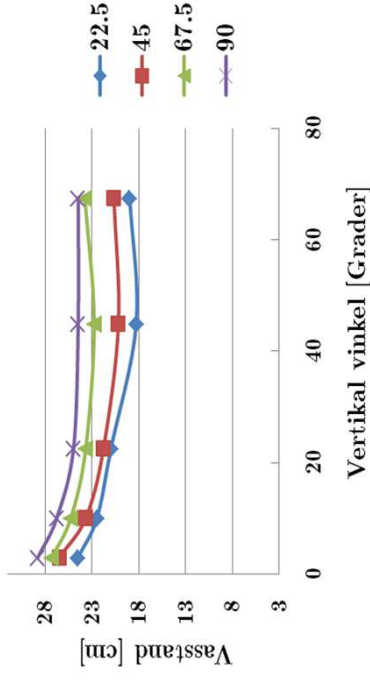
Målepunkt A3 Vassføring 15 l/s



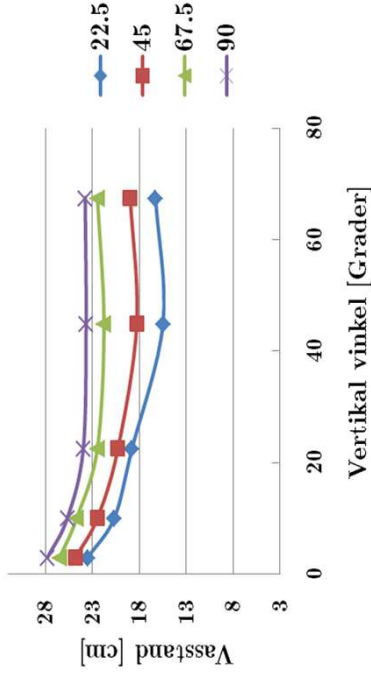
Målepunkt K8 Vassføring 35 l/s



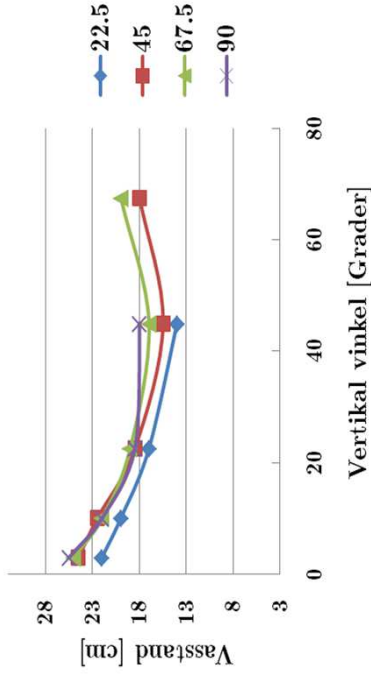
Målepunkt V2 Vassføring 35 l/s



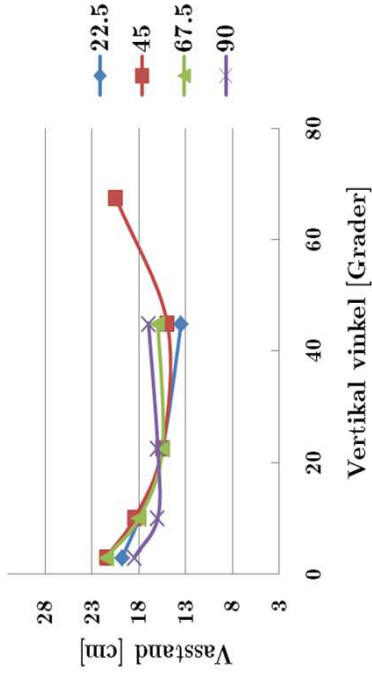
Målepunkt V3 Vassføring 35 l/s



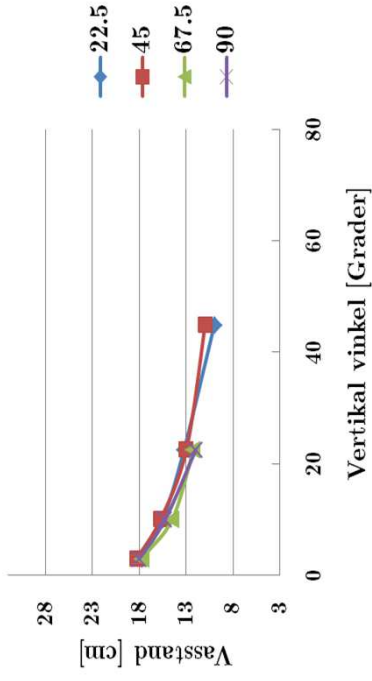
Målepunkt A1 Vassføring 35 l/s



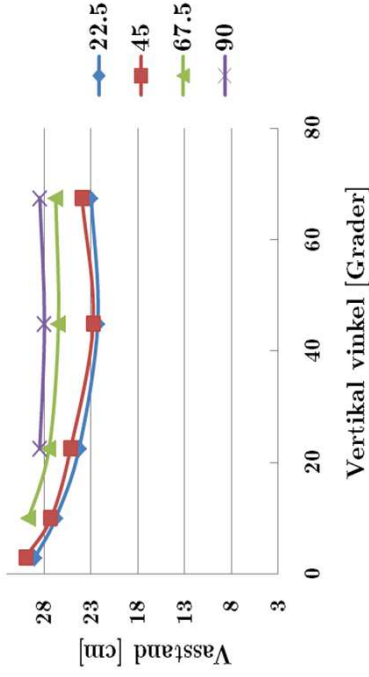
Målepunkt A2 Vassføring 35 l/s



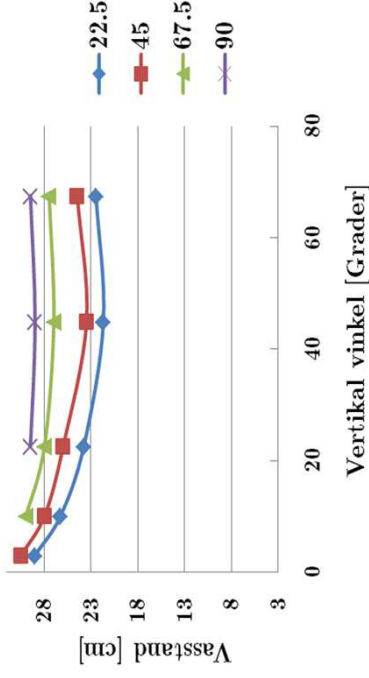
Målepunkt A3 Vassføring 35 l/s



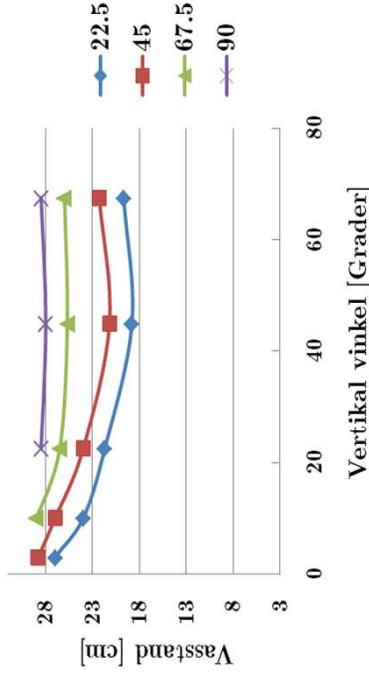
Målepunkt K8 Vassføring 45 l/s



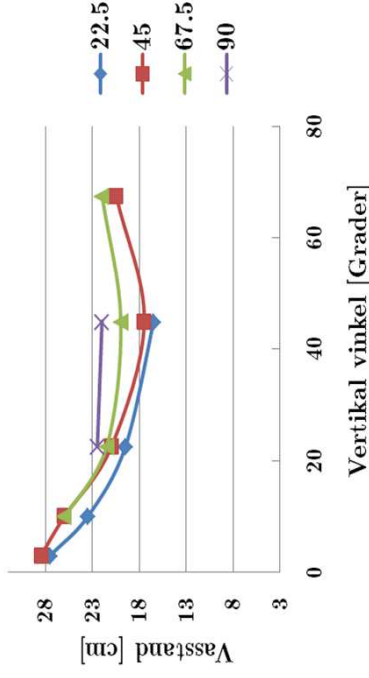
Målepunkt V2 Vassføring 45 l/s



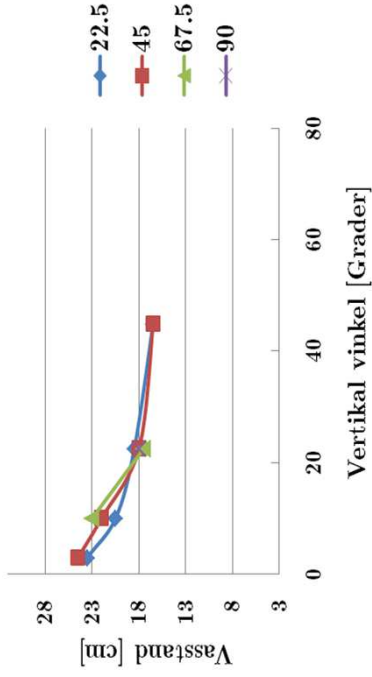
Målepunkt V3 Vassføring 45 l/s



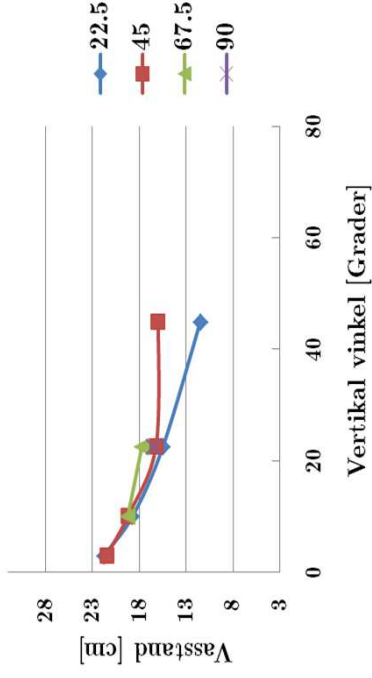
Målepunkt A1 Vassføring 45 l/s



Målepunkt A2 Vassføring 45 l/s

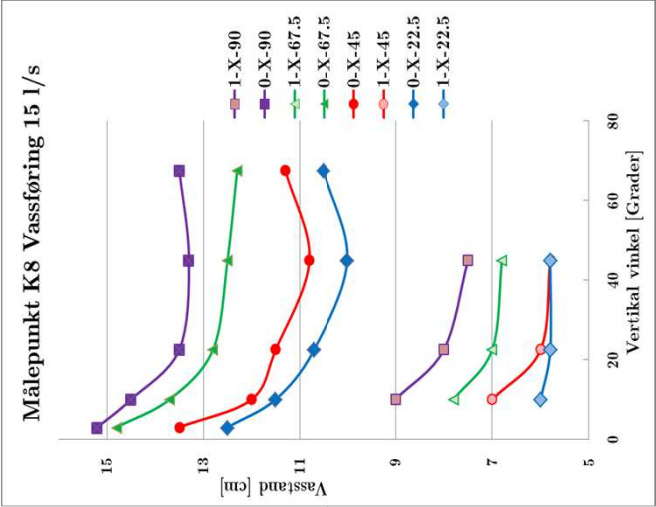
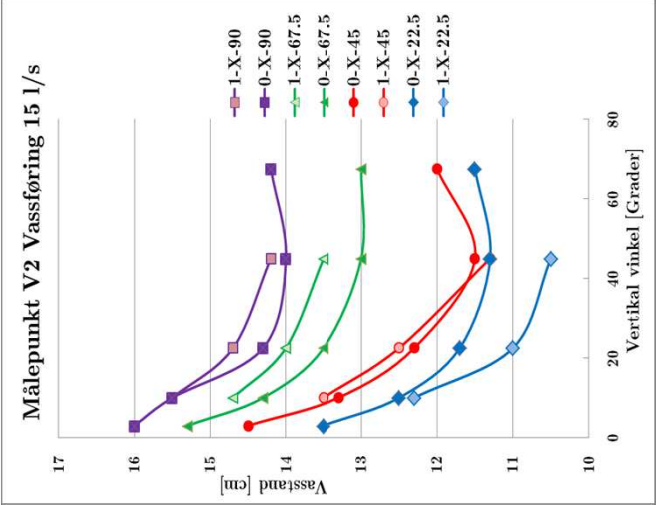
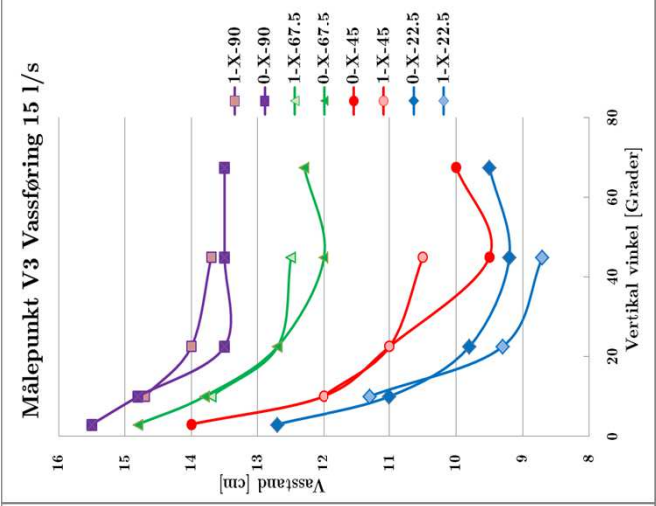


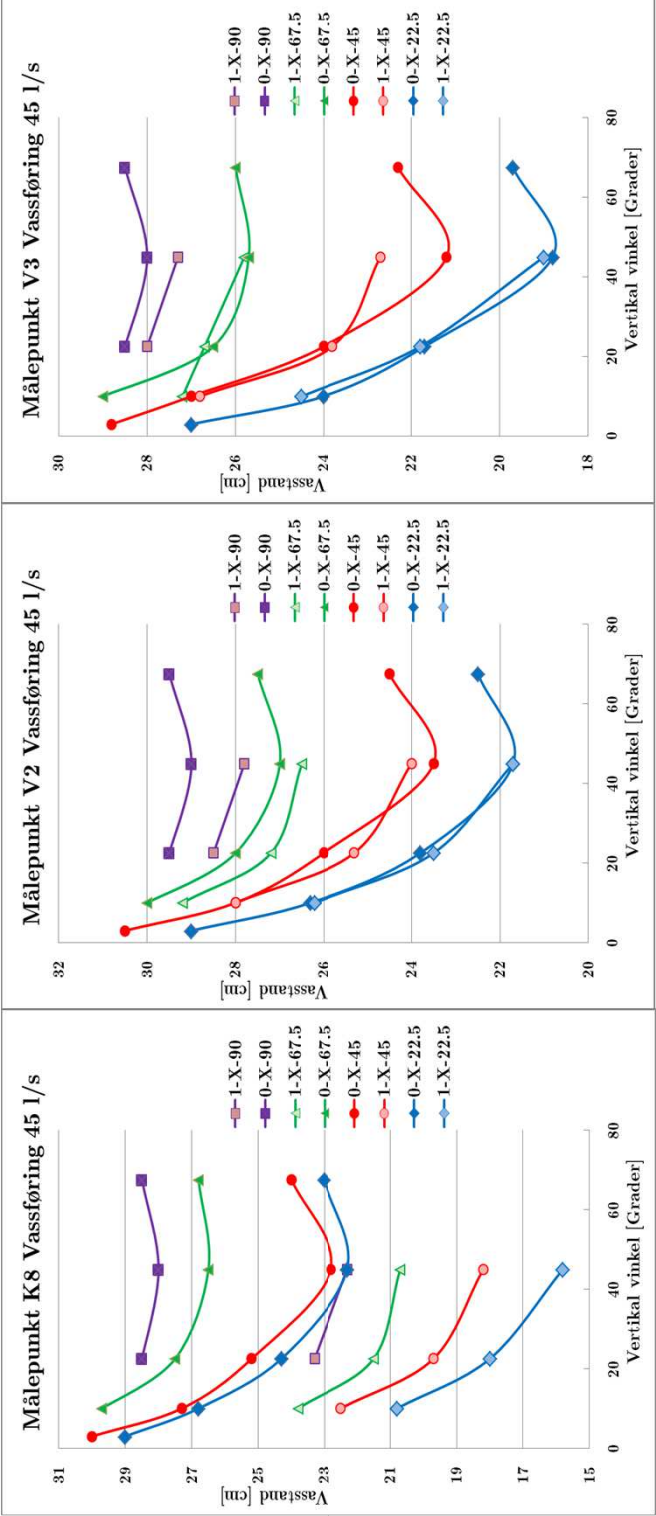
Målepunkt A3 Vassføring 45 l/s



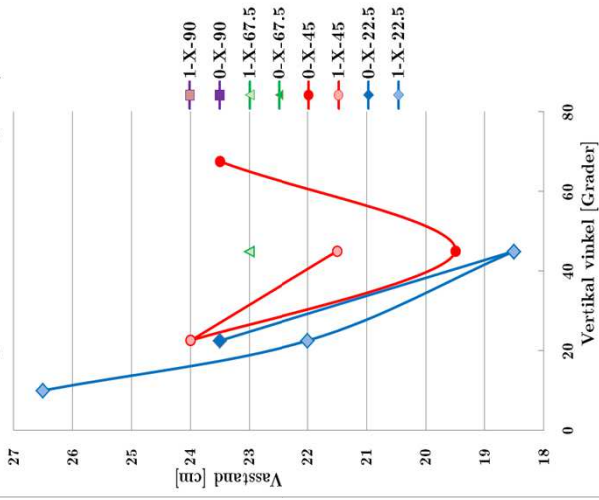
Tillegg C

Samanlikning mellom utvida
og ikkje utvida

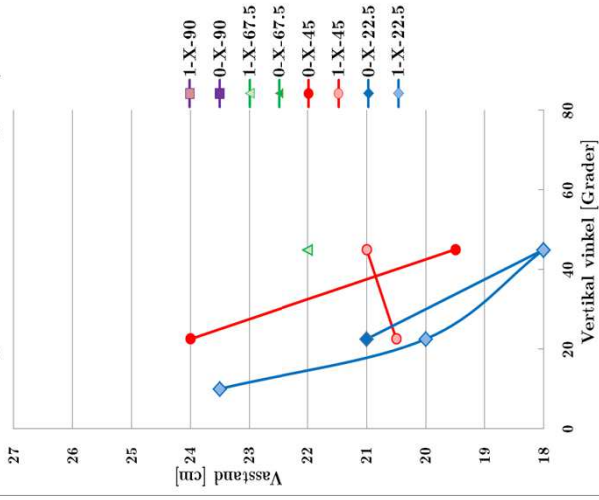




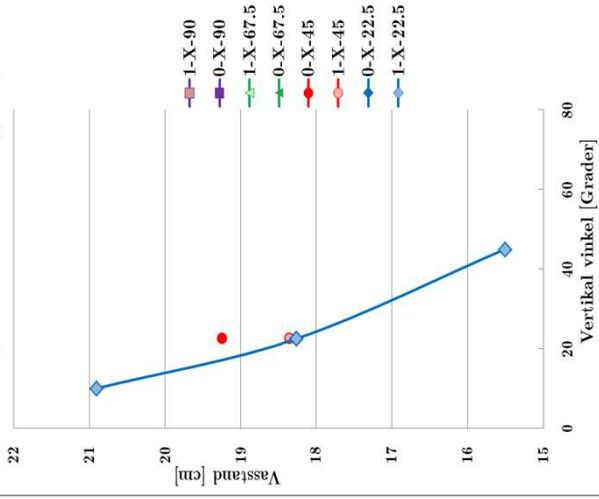
Målepunkt A1 Vassføring 55 l/s



Målepunkt A2 Vassføring 55 l/s



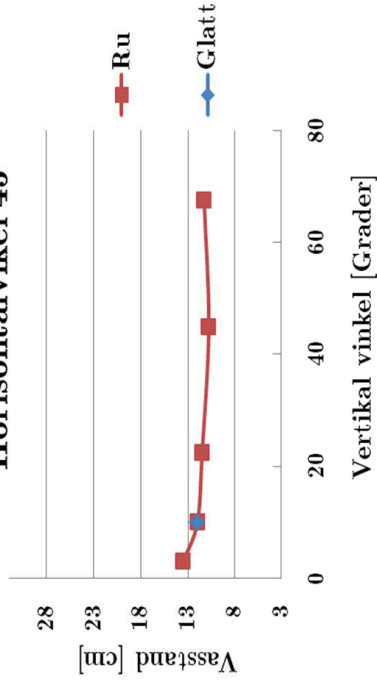
Målepunkt A3 Vassføring 55 l/s



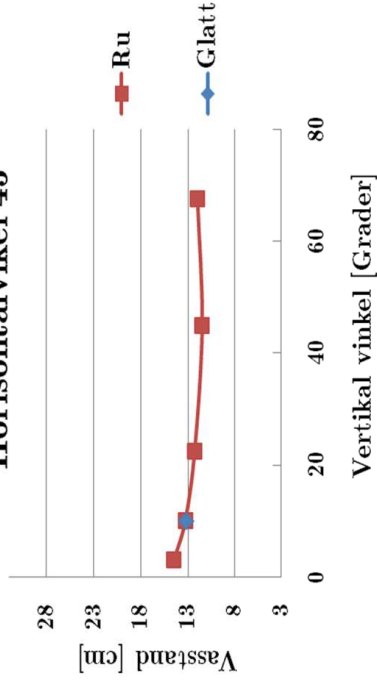
Tillegg D

Grafar for Ru og Glatt kanal

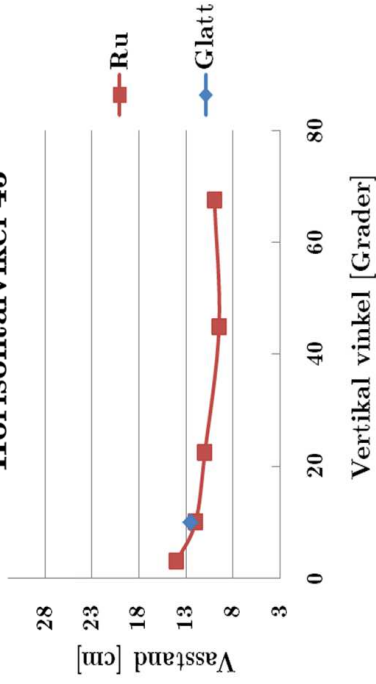
Målepunkt K8 Vassføring 15 l/s
Horisontalvinkel 45°



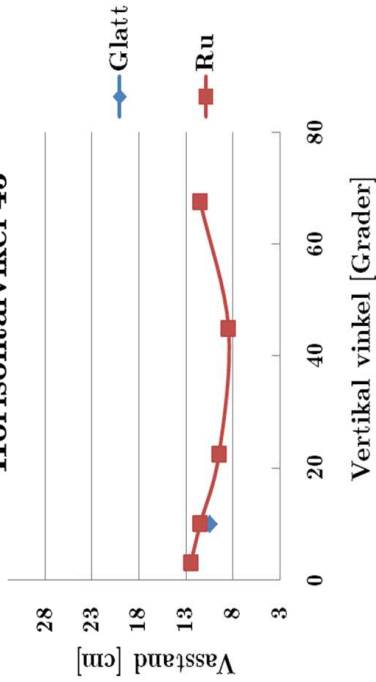
Målepunkt V2 Vassføring 15 l/s
Horisontalvinkel 45°



Målepunkt V3 Vassføring 15 l/s
Horisontalvinkel 45°

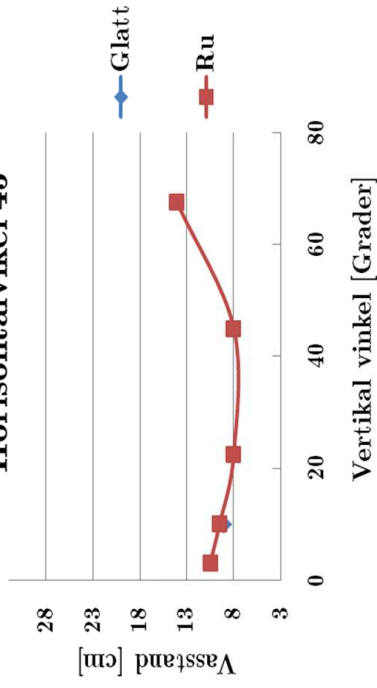


Målepunkt A1 Vassføring 15 l/s
Horisontalvinkel 45°



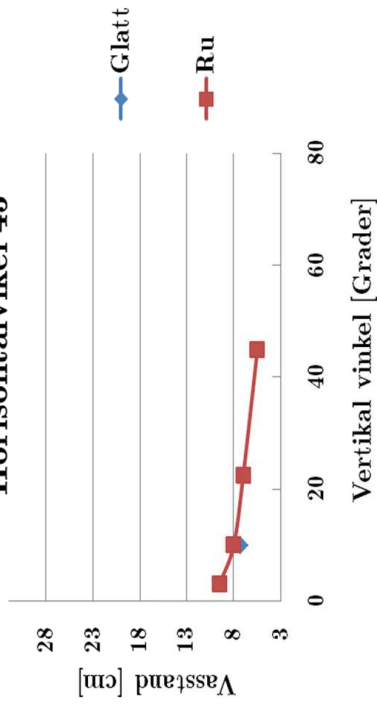
Målepunkt A2 Vassføring 15 l/s

Horisontalvinkel 45°



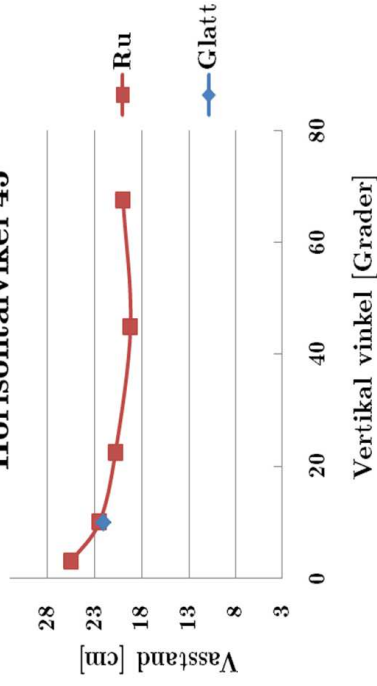
Målepunkt A3 Vassføring 15 l/s

Horisontalvinkel 45°



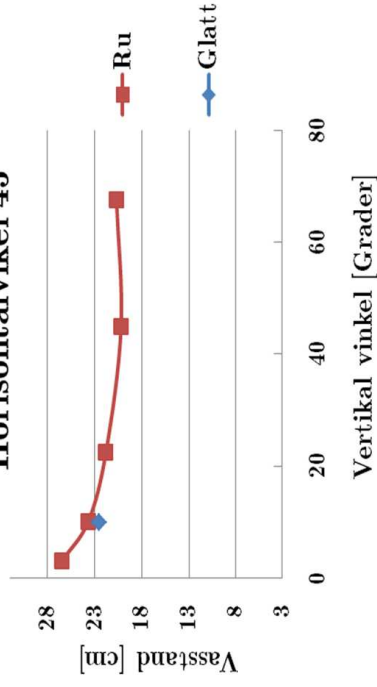
Målepunkt K8 Vassføring 35 l/s

Horisontalvinkel 45°



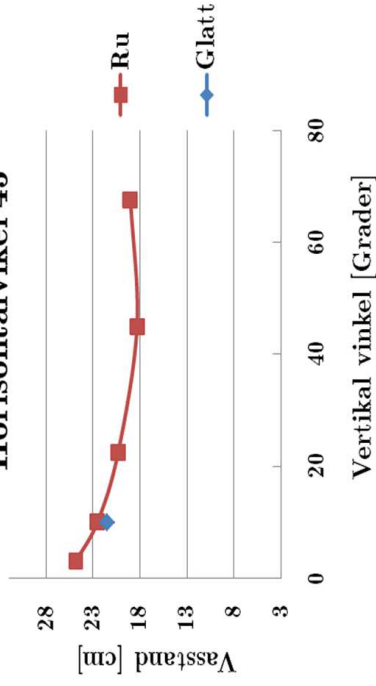
Målepunkt V2 Vassføring 35 l/s

Horisontalvinkel 45°



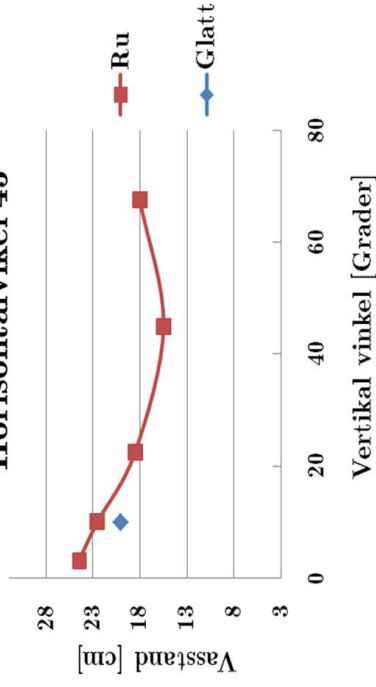
Målepunkt V3 Vassføring 35 l/s

Horisontalvinkel 45°



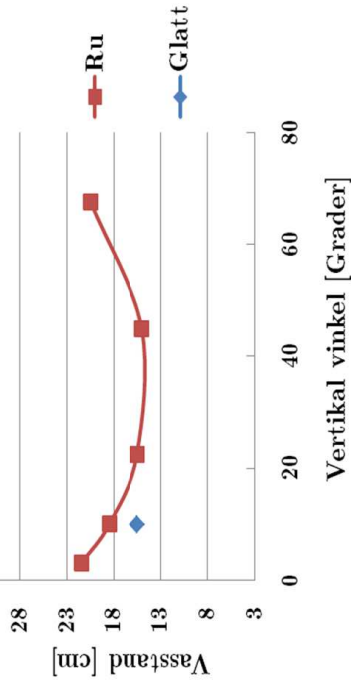
Målepunkt A1 Vassføring 35 l/s

Horisontalvinkel 45°



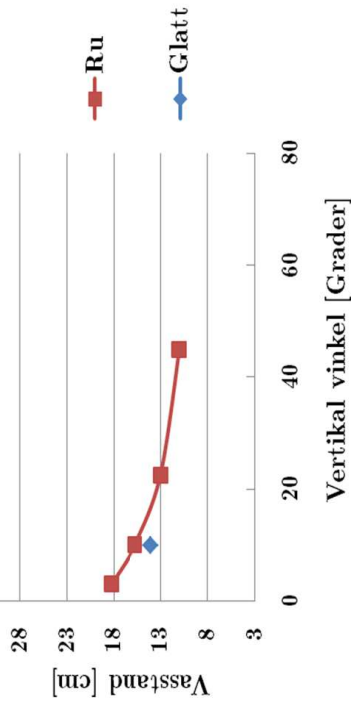
Målepunkt A2 Vassføring 35 l/s

Horisontalvinkel 45°



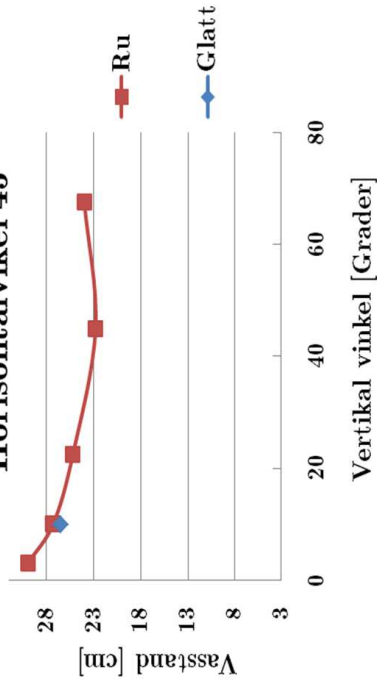
Målepunkt A3 Vassføring 35 l/s

Horisontalvinkel 45°



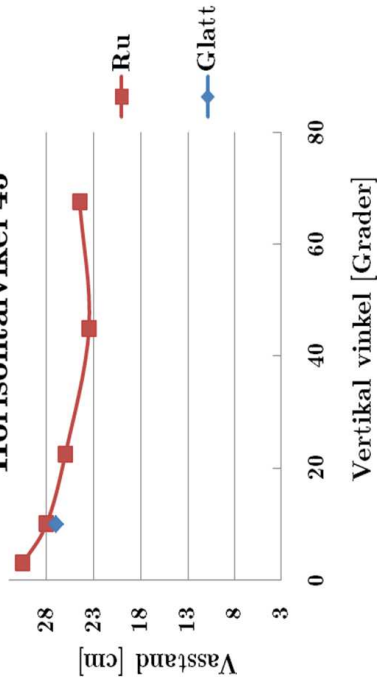
Målepunkt K8 Vassføring 45 l/s

Horisontalvinkel 45°



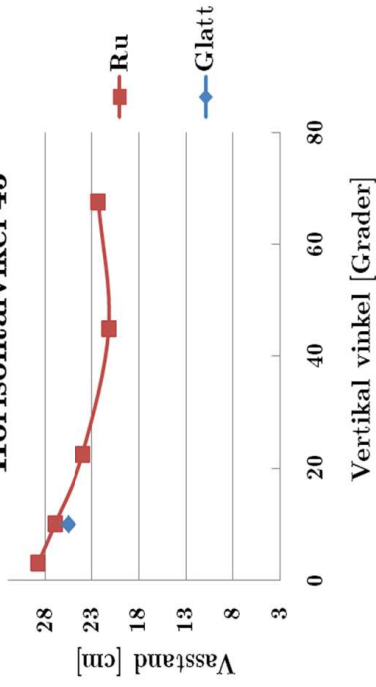
Målepunkt V2 Vassføring 45 l/s

Horisontalvinkel 45°



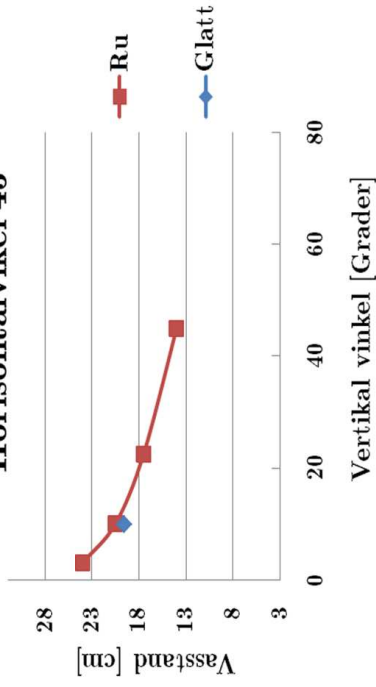
Målepunkt V3 Vassføring 45 l/s

Horisontalvinkel 45°



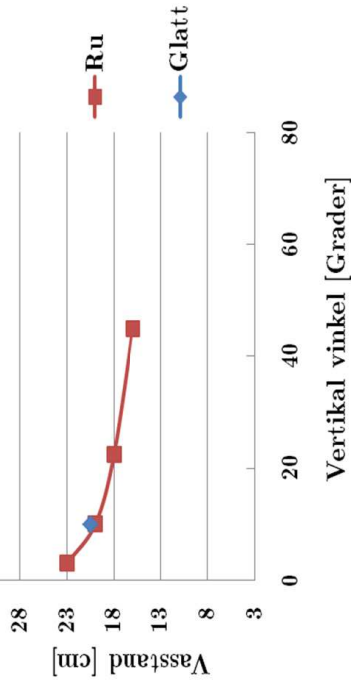
Målepunkt A1 Vassføring 45 l/s

Horisontalvinkel 45°



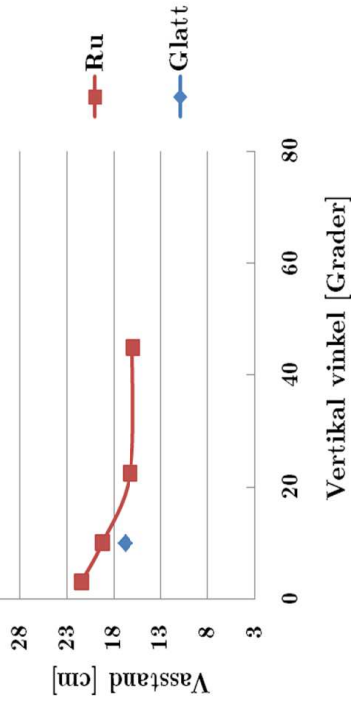
Målepunkt A2 Vassføring 45 l/s

Horisontalvinkel 45°



Målepunkt A3 Vassføring 45 l/s

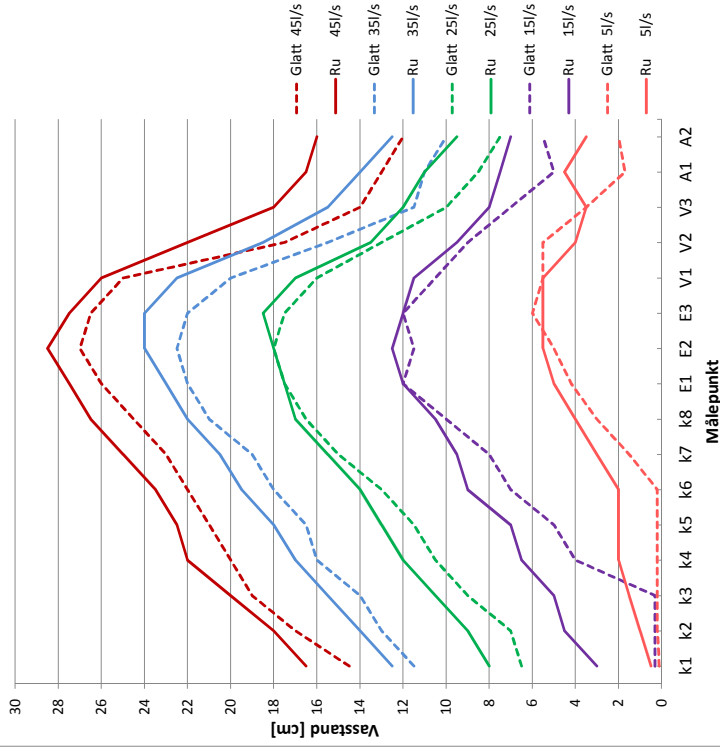
Horisontalvinkel 45°



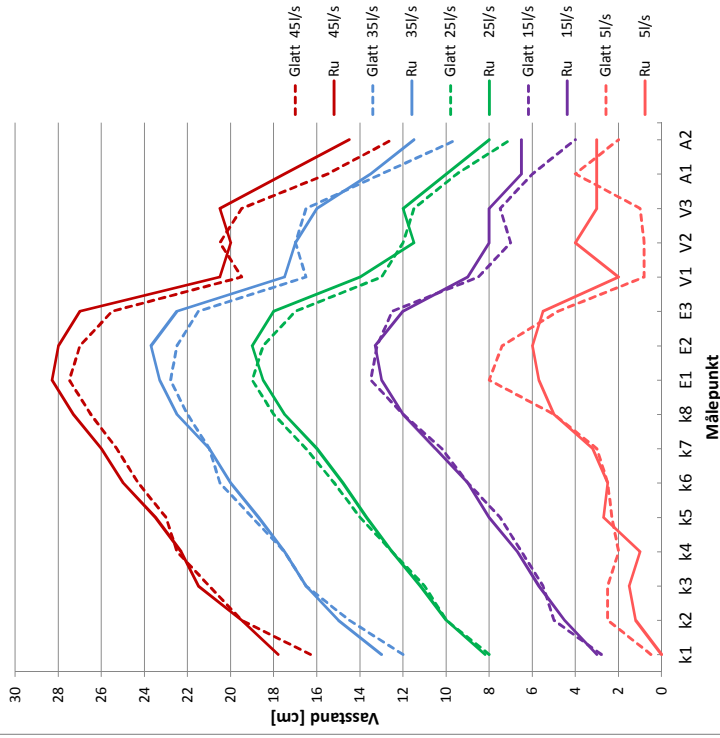
TILLEGG D. GRAFAR FOR RU OG GLATT KANAL

Vasslinje:

Vasslinje, forsøk i glatt og ru kanal
 Observasjonar i venstre side



Vasslinje, forsøk i glatt og ru kanal
 Observasjonar i høgre side

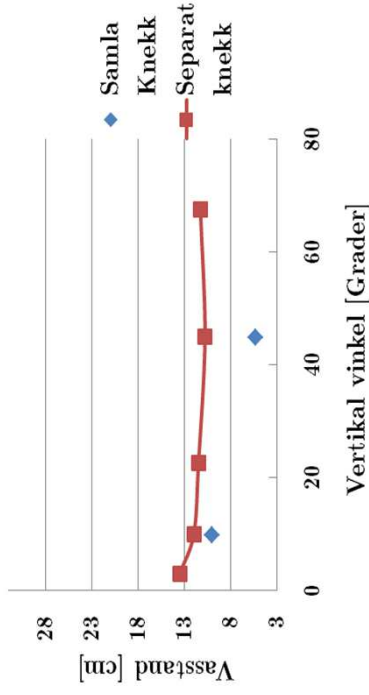


Tillegg E

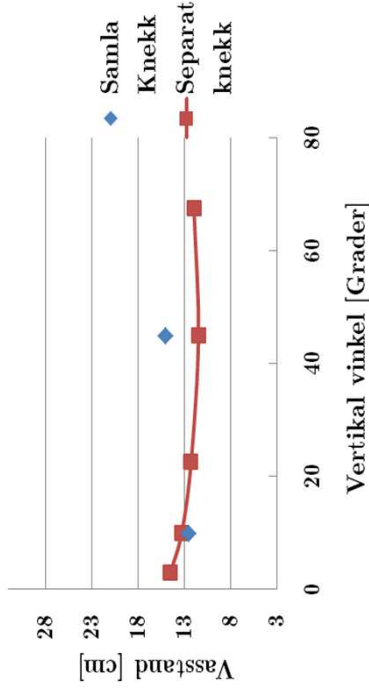
Samla knekkpunkt

Grafar for vasstanden med og utan samla knekkpunkt.

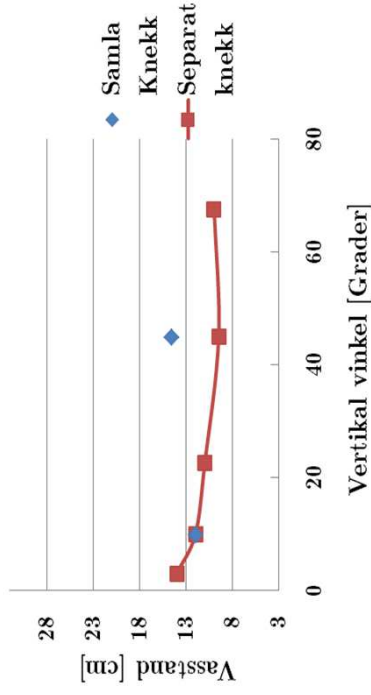
Målepunkt K8 Vassføring 15 l/s



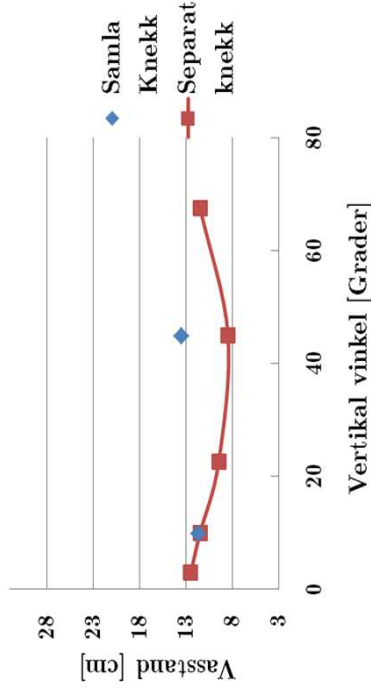
Målepunkt V2 Vassføring 15 l/s



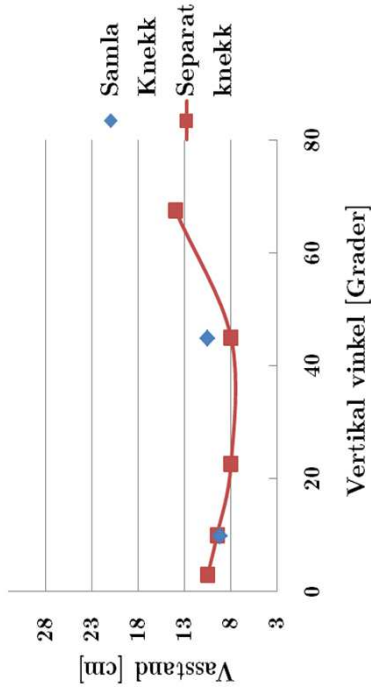
Målepunkt V3 Vassføring 15 l/s



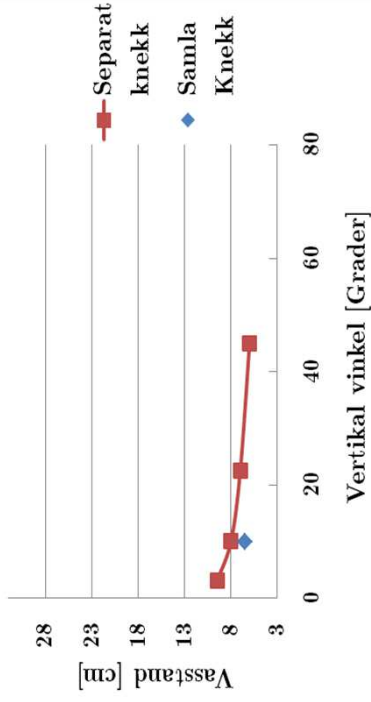
Målepunkt A1 Vassføring 15 l/s



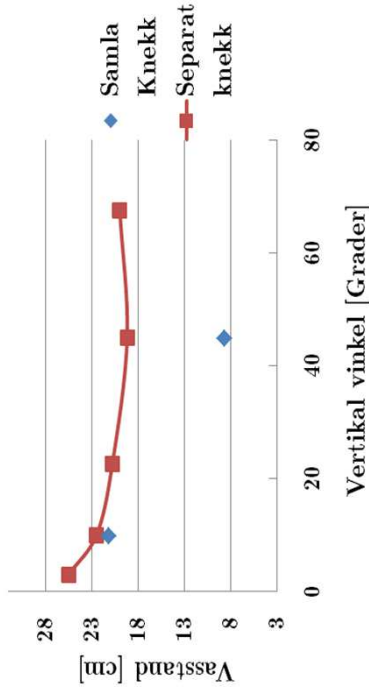
Målepunkt A2 Vassføring 15 l/s



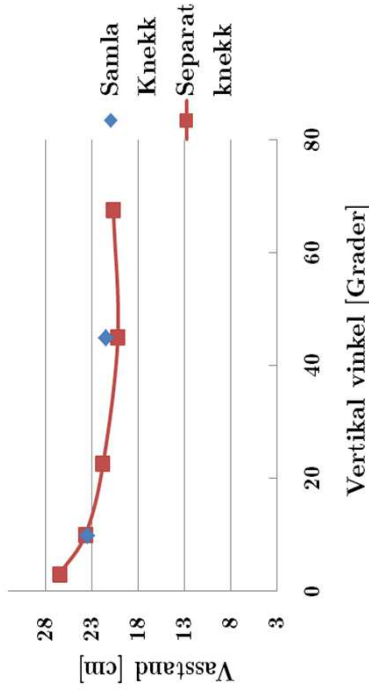
Målepunkt A3 Vassføring 15 l/s



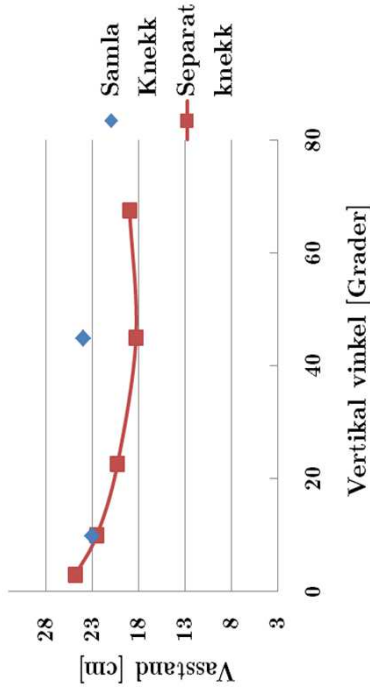
Målepunkt K8 Vassføring 35 l/s



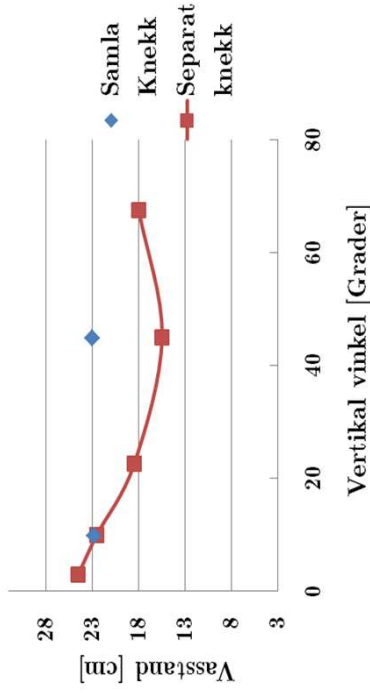
Målepunkt V2 Vassføring 35 l/s



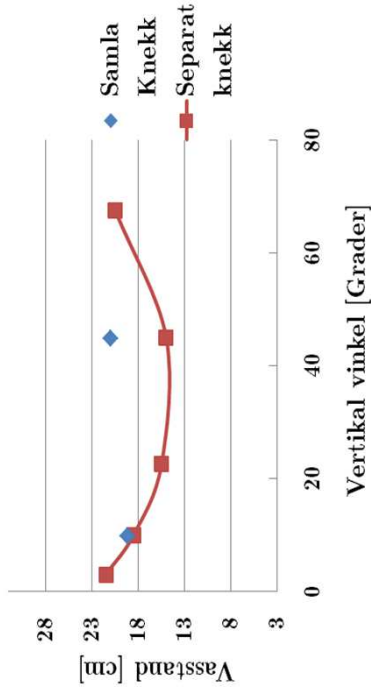
Målepunkt V3 Vassføring 35 l/s



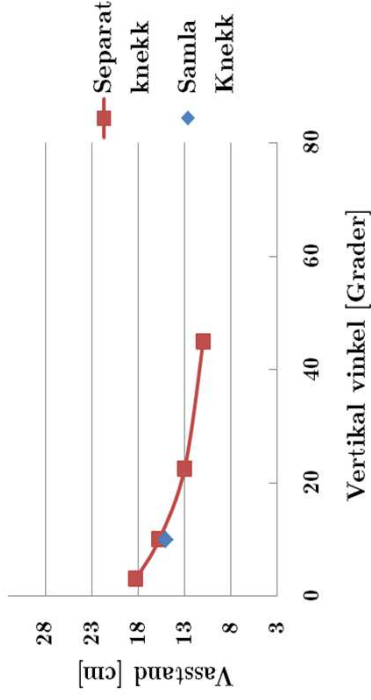
Målepunkt A1 Vassføring 35 l/s



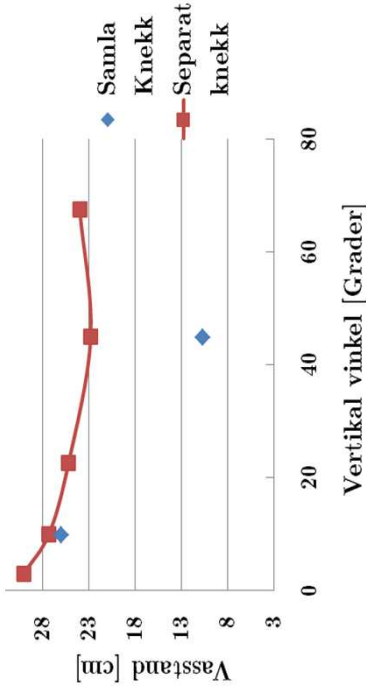
Målepunkt A2 Vassføring 35 l/s



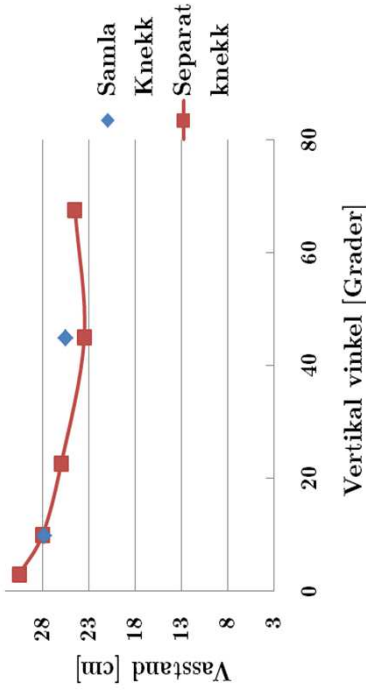
Målepunkt A3 Vassføring 35 l/s



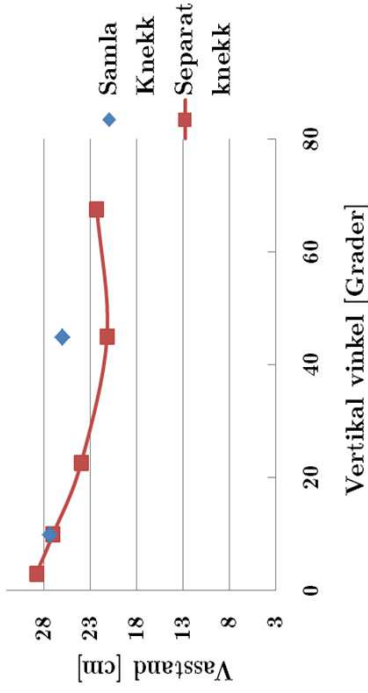
Målepunkt K8 Vassføring 45 l/s



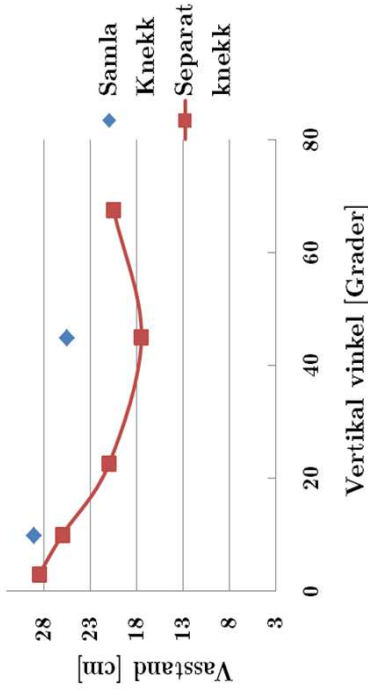
Målepunkt V2 Vassføring 35 l/s



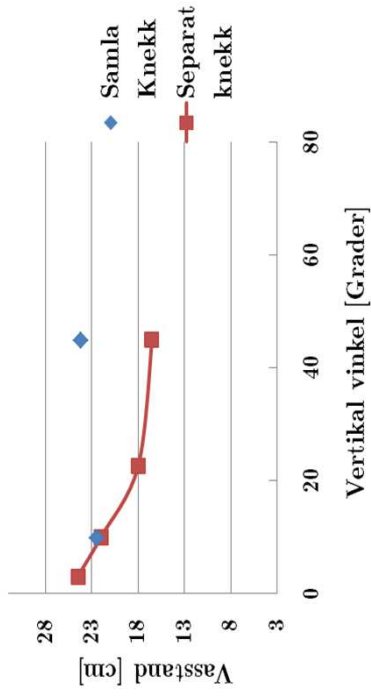
Målepunkt V3 Vassføring 45 l/s



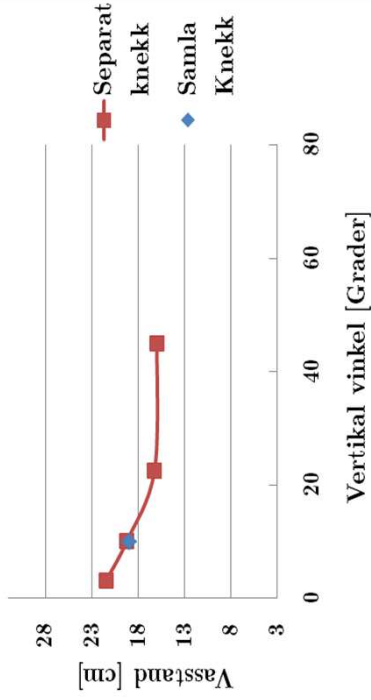
Målepunkt A1 Vassføring 45 l/s



Målepunkt A2 Vassføring 45 l/s



Målepunkt A3 Vassføring 35 l/s



Tillegg F

Plate i sidekanal

Viser vasslinja for forsøka med plate i sidekanal, og samanliknar dei med det same forsøket utan plate.

Plate i sidekanal, Vassføring=40l/s

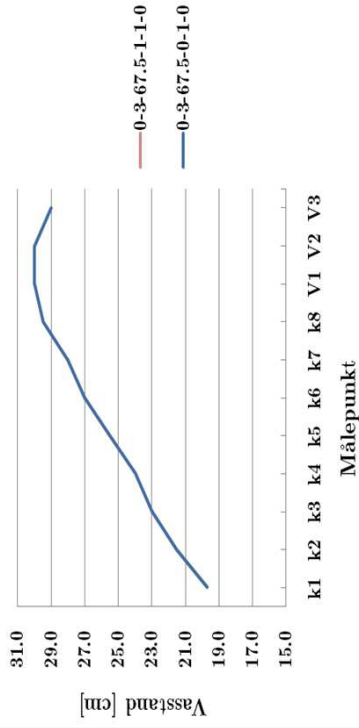


Plate i sidekanal, Vassføring=45l/s

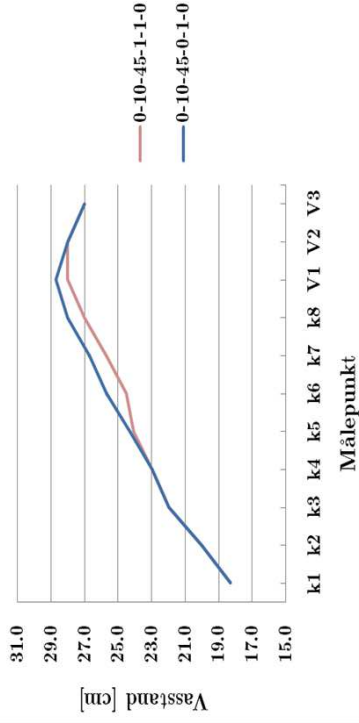


Plate i sidekanal, Vassføring=45l/s

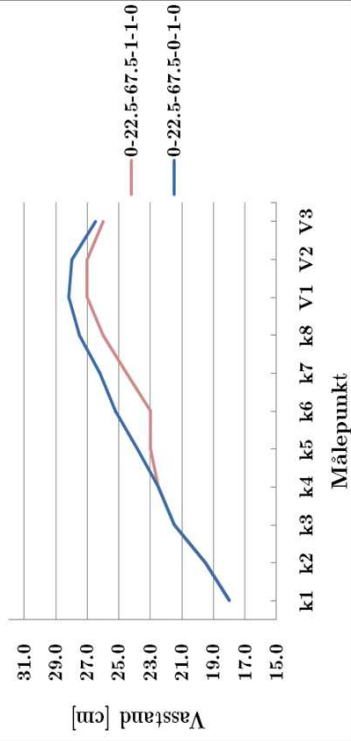


Plate i sidekanal, Vassføring=45l/s

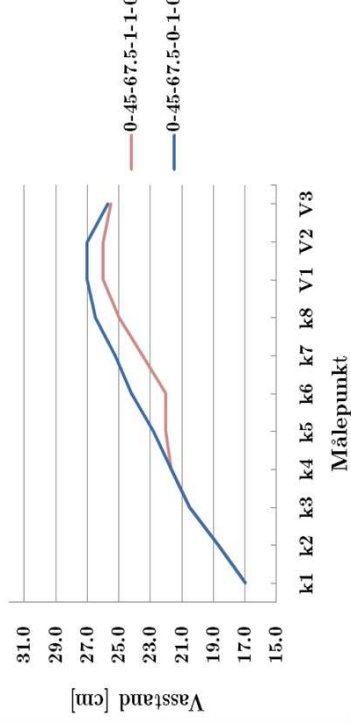


Plate i sidekanal, Vassføring=45l/s

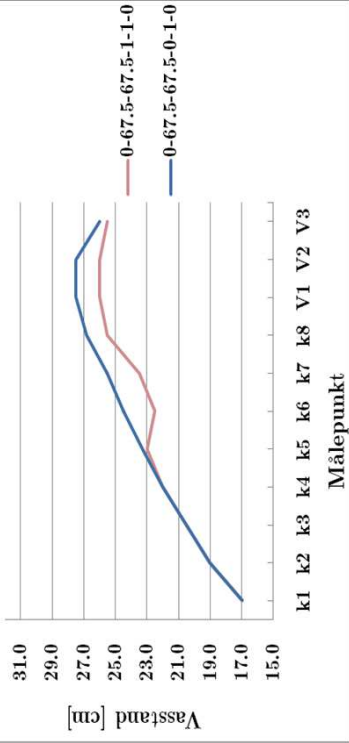


Plate i sidekanal, Vassføring=45l/s

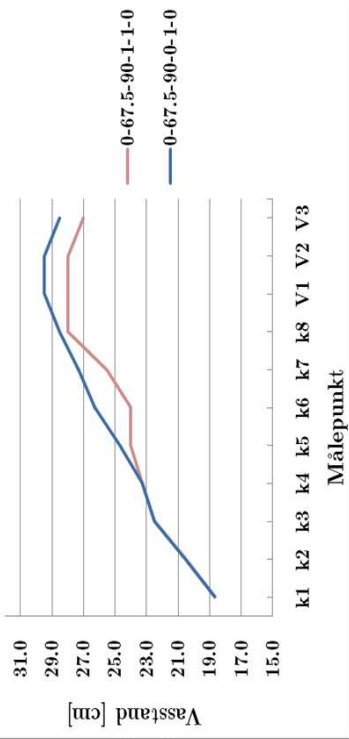


Plate i sidekanal, Vassføring=55l/s

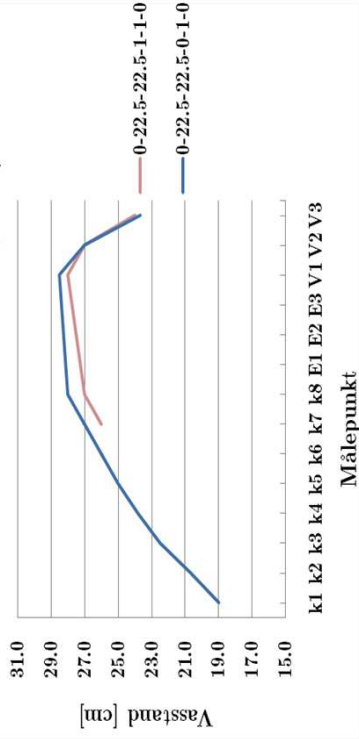


Plate i sidekanal, Vassføring=65l/s

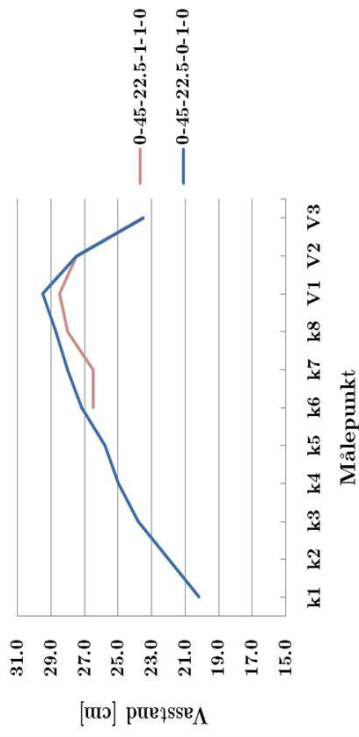


Plate i sidekanal, Vassføring=40l/s

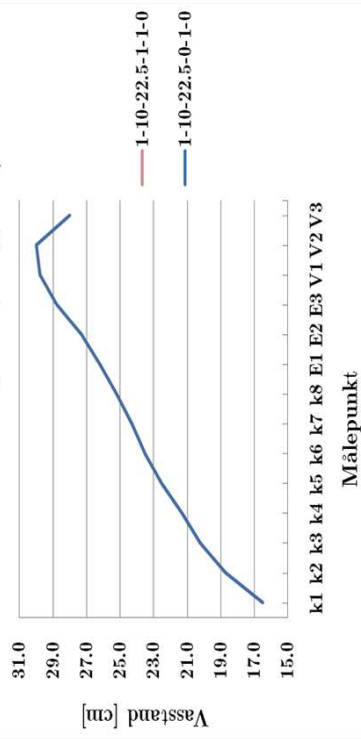
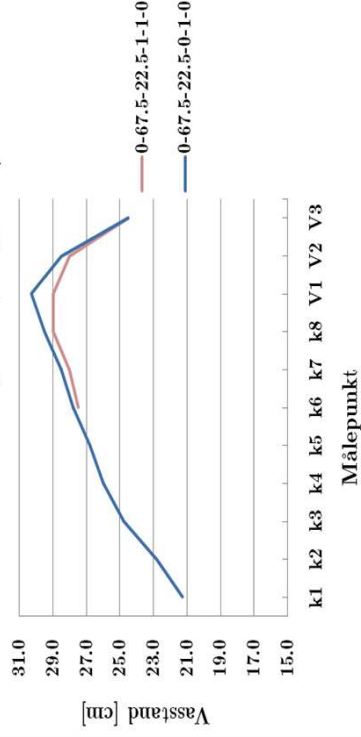


Plate i sidekanal, Vassføring=65l/s

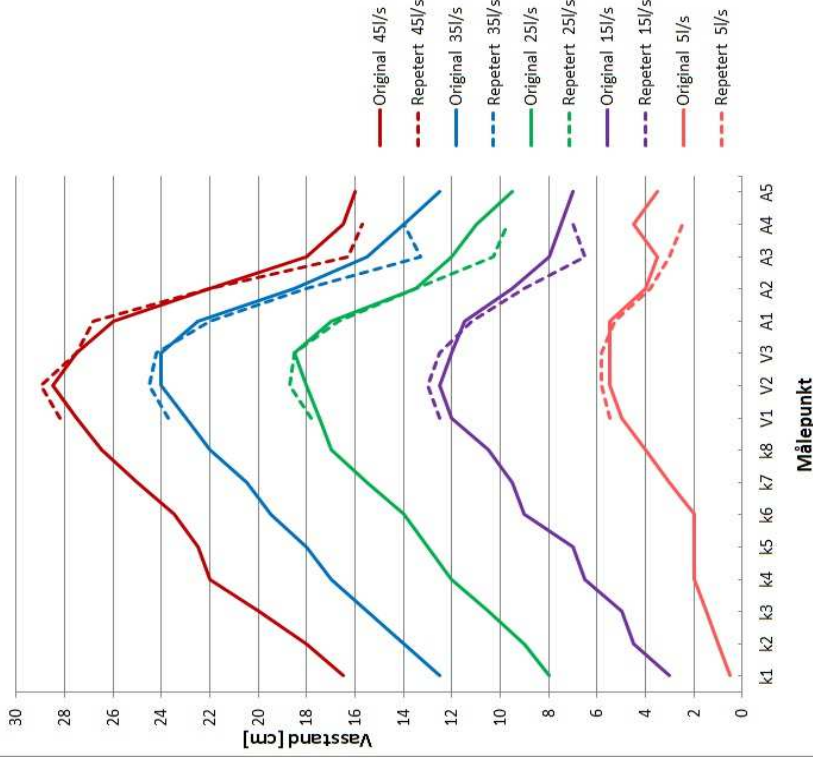


Tillegg G

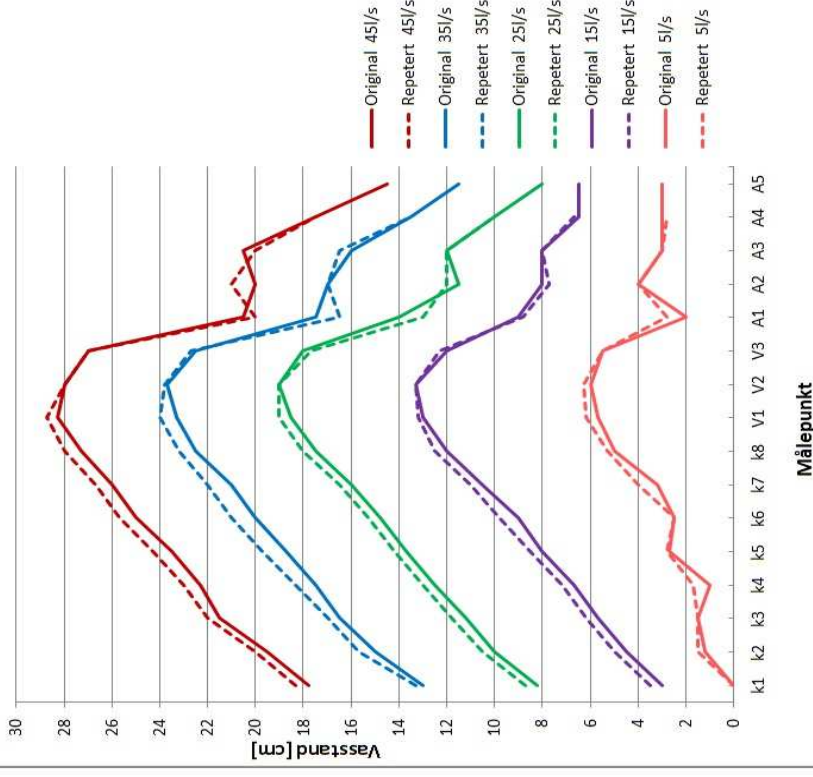
Repeterbarheit

Første side viser korrelasjonen for eit repetert forsøk ved å vise vasslinja.
Den neste sida viser kor små forskjellar i vassføring som kan oppdagast.

Vasslinje repetert forsøk 0-10-45-0-1-0
 Observasjonar i venstre side

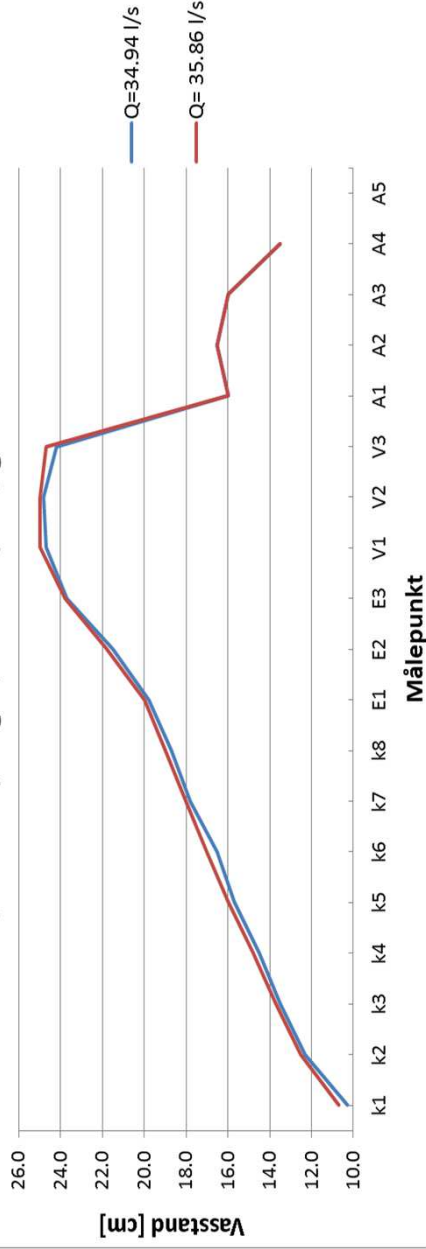


Vasslinje repetert forsøk 0-10-45-0-1-0
 Observasjonar i høgre side

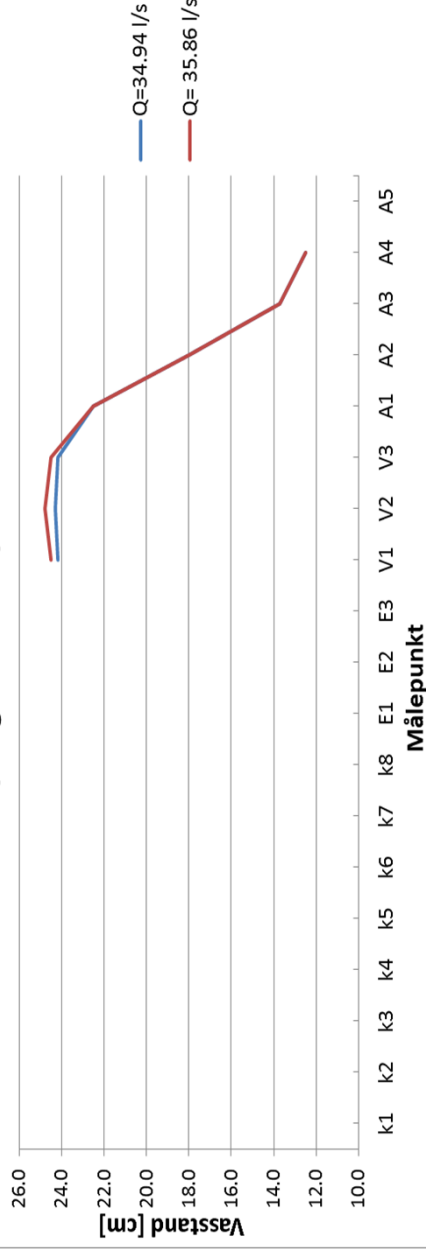


to nesten like

Vasslinje forsøk 1-10-67.5-0-1-0
Q= 34.94 l/s og Q= 35.86 l/s Høgre side



Vasslinje forsøk 1-10-67.5-0-1-0
Q= 34.94 l/s og Q= 35.86 l/s Venstre side



Tillegg H

Tabell A.1., A.2, A.3 og A.4
Norman et al. (2012)

Table A.1. Constants for Inlet Control Equations for Charts in Appendix G.

Chart No	Shape and Material	Nomograph Scale	Inlet Configuration	Equation Form	Unsubmerged K	Unsubmerged M	Submerged c	Submerged Y	References
1	Circular Concrete	1	Square edge w/headwall	1	0.0098	2.0	0.0398	0.67	1, 2
1	Circular Concrete	2	Groove end w/headwall	1	0.0018	2.0	0.0292	0.74	1, 2
1	Circular Concrete	3	Groove end projecting	1	0.0045	2.0	0.0317	0.69	1, 2
2	Circular CM	1	Headwall	1	0.0078	2.0	0.0379	0.69	1, 2
2	Circular CM	2	Mitered to slope	1	0.0210	1.33	0.0463	0.75	1, 2
2	Circular CM	3	Projecting	1	0.0340	1.50	0.0553	0.54	1, 2
3	Circular	A	Beveled ring, 45° bevels	1	0.0018	2.50	0.0300	0.74	2
3	Circular	B	Beveled ring, 33.7° bevels*	1	0.0018	2.50	0.0243	0.83	2
8	Rect. Box Concrete	1	30° to 75° wingwall flares	1	0.026	1.0	0.0347	0.81	1, 3
8	Rect. Box Concrete	2	90° and 15° wingwall flares	1	0.061	0.75	0.0400	0.80	1, 3
8	Rect. Box Concrete	3	0° wingwall flares	1	0.061	0.75	0.0423	0.82	1, 3
9	Rect. Box Concrete	1	45° wingwall flare d = .043D	2	0.510	0.667	0.0309	0.80	3
9	Rect. Box Concrete	2	18° to 33.7° wingwall flare d = .083D	2	0.486	0.667	0.0249	0.83	3
10	Rect. Box Concrete	1	90° headwall w/3/4" chamfers	2	0.515	0.667	0.0375	0.79	3
10	Rect. Box Concrete	2	90° headwall w/45° bevels	2	0.495	0.667	0.0314	0.82	3
10	Rect. Box Concrete	3	90° headwall w/33.7° bevels	2	0.486	0.667	0.0252	0.865	3
11	Rect. Box Concrete	1	3/4" chamfers; 45° skewed headwall	2	0.545	0.667	0.04505	0.73	3
11	Rect. Box Concrete	2	3/4" chamfers; 30° skewed headwall	2	0.533	0.667	0.0425	0.705	3
11	Rect. Box Concrete	3	3/4" chamfers; 15° skewed headwall	2	0.522	0.667	0.0402	0.68	3
11	Rect. Box Concrete	4	45° bevels; 10°-45° skewed headw.	2	0.498	0.667	0.0327	0.75	3
12	Rect. Box 3/4" chamf. Conc.	1	45° non-offset wingwall flares	2	0.497	0.667	0.0339	0.803	3
12	Rect. Box 3/4" chamf. Conc.	2	18.4° non-offset wingwall flares	2	0.493	0.667	0.0361	0.806	3
12	Rect. Box 3/4" chamf. Conc.	3	18.4° non-offset wingwall flares 30° skewed barrel	2	0.495	0.667	0.0386	0.71	3
13	Rect. Box Top Bev. Conc.	1	45° wingwall flares - offset	2	0.497	0.667	0.0302	0.835	3
13	Rect. Box Top Bev. Conc.	2	33.7° wingwall flares - offset	2	0.495	0.667	0.0252	0.881	3
13	Rect. Box Top Bev. Conc.	3	18.4° wingwall flares - offset	2	0.493	0.667	0.0227	0.887	3
55	Circular	1	Smooth tapered inlet throat	2	0.534	0.555	0.0196	0.90	4
55	Circular	2	Rough tapered inlet throat	2	0.519	0.64	0.0210	0.90	4
56	Elliptical Face	1	Tapered inlet-beveled edges	2	0.536	0.622	0.0368	0.83	4
56	Elliptical Face	2	Tapered inlet-square edges	2	0.5035	0.719	0.0478	0.80	4
56	Elliptical Face	3	Tapered inlet-thin edge projecting	2	0.547	0.80	0.0598	0.75	4
57	Rectangular Concrete	1	Tapered inlet throat	2	0.475	0.667	0.0179	0.97	4
58	Rectangular Concrete	1	Side tapered-less favorable edges	2	0.56	0.667	0.0446	0.85	4
58	Rectangular Concrete	2	Side tapered-more favorable edges	2	0.56	0.667	0.0378	0.87	4
59	Rectangular Concrete	1	Slope tapered-less favorable edges	2	0.50	0.667	0.0446	0.65	4
59	Rectangular Concrete	2	Slope tapered-more favorable edges	2	0.50	0.667	0.0378	0.71	4

*Bossy 1963, ²FHWA 1974, ³NBS 5th, ⁴HEC 13

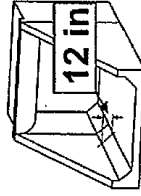
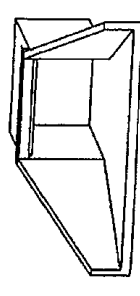
Table A.2. Constants for Inlet Control Equations for Discontinued Charts (see 2005 HDS 5).

Chart No.	Shape and Material	Nomograph Scale	Inlet Configuration	Equation Form	Unsubmerged K	Unsubmerged M	Submerged c	Submerged Y	References
16-19	Boxes CM	2	90° headwall	1	0.0083	2.0	0.0379	0.69	FHWA 1974
16-19	Boxes CM	3	Thick wall projecting	1	0.0145	1.75	0.0419	0.64	FHWA 1974
16-19	Boxes CM	5	Thin wall projecting	1	0.0340	1.5	0.0496	0.57	FHWA 1974
29	Horizontal Ellipse Concrete	1	Square edge w/headwall	1	0.0100	2.0	0.0398	0.67	FHWA 1974
29	Horizontal Ellipse Concrete	2	Groove end w/headwall	1	0.0018	2.5	0.0292	0.74	FHWA 1974
29	Horizontal Ellipse Concrete	3	Groove end projecting	1	0.0045	2.0	0.0317	0.69	FHWA 1974
30	Vertical Ellipse Concrete	1	Square edge w/headwall	1	0.0100	2.0	0.0398	0.67	FHWA 1974
30	Vertical Ellipse Concrete	2	Groove end w/headwall	1	0.0018	2.5	0.0292	0.74	FHWA 1974
30	Vertical Ellipse Concrete	3	Groove end projecting	1	0.0095	2.0	0.0317	0.69	FHWA 1974
34	Pipe Arch 18" Corner radius CM	1	90° headwall	1	0.0083	2.0	0.0379	0.69	FHWA 1974
34	Pipe Arch 18" Corner radius CM	2	Mitered to slope	1	0.0300	1.0	0.0463	0.75	FHWA 1974
34	Pipe Arch 18" Corner radius CM	3	Projecting	1	0.0340	1.5	0.0496	0.57	FHWA 1974
35	Pipe Arch 18" Corner radius CM	1	Projecting	1	0.0300	1.5	0.0496	0.57	Bossy 1963
35	Pipe Arch 18" Corner radius CM	2	No Bevels	1	0.0088	2.0	0.0368	0.68	Bossy 1963
35	Pipe Arch 18" Corner radius CM	3	33.7° Bevels	1	0.0030	2.0	0.0269	0.77	Bossy 1963
36	Pipe Arch 31" Corner radius CM	1	Projecting	1	0.0300	1.5	0.0496	0.57	Bossy 1963
36	Pipe Arch 31" Corner radius CM	2	No Bevels	1	0.0088	2.0	0.0368	0.68	Bossy 1963
36	Pipe Arch 31" Corner radius CM	3	33.7° Bevels	1	0.0030	2.0	0.0269	0.77	Bossy 1963
41-43	Arch CM	1	90° headwall	1	0.0083	2.0	0.0379	0.69	FHWA 1974
41-43	Arch CM	2	Mitered to slope	1	0.0300	1.0	0.0473	0.75	FHWA 1974
41-43	Arch CM	3	Thin wall projecting	1	0.0340	1.5	0.0496	0.57	FHWA 1974

Table A.3. Constants for Inlet Control Equations for South Dakota Concrete Box (HY-8 User Manual and Table 11 of FHWA 2006).

Sketch	Wingwall Flare	Top Bevel	Top Radius	Corner Fillet	RCB Inlet Configuration	Equation Form	Unsubmerged K	Unsubmerged M	Submerged c	Submerged Y
1	30°	45°	-	-	Single barrel	2	0.44	0.74	0.040	0.48
2	30°	45°	-	6"	Multiple barrel (2, 3, and 4 cells)	2	0.47	0.68	0.04	0.62
3	30°	45°	-	-	Single barrel (2:1 to 4:1 span-to-rise ratio)	2	0.48	0.65	0.041	0.57
4	30°	45°	-	-	Multiple barrels (15° skewed headwall)	2	0.69	0.49	0.029	0.95
5	30°	45°	-	-	Multiple barrels (30° to 45° skewed headwall)	2	0.69	0.49	0.027	1.02
6	0°	none	-	-	Single barrel, top edge 90°	2	0.55	0.64	0.047	0.55
7	0°	45°	-	6"	Single barrel, (0 and 6-inch corner fillets)	2	0.56	0.62	0.045	0.55
8	0°	45°	-	6"	Multiple barrels (2, 3, and 4 cells)	2	0.55	0.59	0.038	0.69
9	0°	45°	-	-	Single barrels 2:1 to 4:1 span-to-rise ratio)	2	0.61	0.57	0.041	0.67
10	0°	-	8"	6"	Single barrel (0 and 6-inch fillets)	2	0.56	0.62	0.038	0.67
11	0°	-	8"	12"	Single barrel (12-inch corner fillets)	2	0.56	0.62	0.038	0.67
12	0°	-	8"	12"	Multiple barrels (2, 3, and 4 cells)	2	0.55	0.6	0.023	0.96
13	0°	-	8"	12"	Single barrel (2:1 to 4:1 span-to-rise ratio)	2	0.61	0.57	0.033	0.79

Sketches are shown in the HY-8 documentation and research report. Since sketches 2 and 8 show fillets, a 6-inch fillet is assumed.



Sketches 1 through 5 have this configuration.

Sketches 7 through 13 have this configuration.

Span to Rise ¹	Wingwall Flare	Top Edge	Inlet Configuration	Equation Form	Unsubmerged K	Unsubmerged M	Submerged c	Submerged Y
2:1	0°	90°	Mitered to conform to slope	2	0.44	0.74	0.040	0.48
2:1	45°	90°	Headwall with wingwalls	2	0.47	0.68	0.04	0.62
2:1	90°	90°	Headwall	2	0.48	0.65	0.041	0.57
4:1	0°	90°	Mitered to conform to slope	2	0.69	0.49	0.029	0.95
4:1	45°	90°	Headwall with wingwalls	2	0.69	0.49	0.027	1.02
4:1	90°	90°	Headwall	2	0.56	0.62	0.045	0.55

¹The 2:1 constants are used for ratios less than or equal to 3:1 and the 4:1 constants for ratios greater than 3:1.

Embedded	Top Edge	Inlet Configuration	Unsubmerged K Form 1	Unsubmerged M Form 1	Unsubmerged K Form 2	Unsubmerged M Form 2	Submerged c	Submerged Y
0.2D	thin	Projecting End, Ponded	0.0860	0.58	0.4293	0.64	0.0303	0.58
0.2D	thin	Projecting End, Channelized	0.0737	0.45	0.4175	0.62	0.0250	0.63
0.2D	--	Mitered End 1.5H:1V	0.0431	0.58	0.4002	0.63	0.0235	0.61
0.2D	90°	Square Headwall	0.0566	0.44	0.4001	0.63	0.0198	0.69
0.2D	45°	Beveled End	0.0292	0.57	0.3869	0.63	0.0161	0.73
0.4D	thin	Projecting End, Ponded	0.0840	0.76	0.4706	0.69	0.0453	0.69
0.4D	thin	Projecting End, Channelized	0.0927	0.59	0.4789	0.66	0.0441	0.52
0.4D	--	Mitered End 1.5H:1V	0.0317	0.77	0.4185	0.68	0.0363	0.65
0.4D	90°	Square Headwall	0.0490	0.71	0.4354	0.68	0.0332	0.67
0.4D	45°	Beveled End	0.0358	0.62	0.4223	0.67	0.0245	0.75
0.5D	thin	Projecting End, Ponded	0.1057	0.69	0.4955	0.71	0.0606	0.54
0.5D	thin	Projecting End, Channelized	0.1055	0.59	0.4955	0.69	0.0570	0.48
0.5D	--	Mitered End 1.5H:1V	0.0351	0.59	0.4419	0.68	0.0504	0.44
0.5D	90°	Square Headwall	0.0595	0.59	0.0595	0.59	0.0402	0.65
0.5D	45°	Beveled End	0.0464	0.46	0.4364	0.69	0.0324	0.67

Embedded	Top Edge	Inlet Configuration	Unsubmerged K Form 1	Unsubmerged M Form 1	Unsubmerged K Form 2	Unsubmerged M Form 2	Submerged c	Submerged Y
0.5D	thin	Projecting End, Ponded	0.1231	0.51	0.5261	0.65	0.0643	0.50
0.5D	thin	Projecting End, Channelized	0.0928	0.54	0.4937	0.67	0.0649	0.12
0.5D	--	Mitered End 1.5H:1V	0.0599	0.60	0.4820	0.67	0.0541	0.50
0.5D	90°	Square Headwall	0.0819	0.45	0.4867	0.66	0.0431	0.61
0.5D	45°	Beveled End	0.0551	0.52	0.4663	0.63	0.0318	0.68