

Aron Skarabot Pedersen og Kennet Skjærbekk

Klimatiske utfordringer knyttet til dimensjonering av stikkrenner og kulverter

I hvilken grad er dagens stikkrenner og kulverter i stand til å håndtere fremtidens klima?

Bacheloroppgave i Ingeniørfag, bygg

Veileder: Fred Johansen

Mai 2019

Aron Skarabot Pedersen og Kennet Skjærbekk

Klimatiske utfordringer knyttet til dimensjonering av stikkrenner og kulverter

I hvilken grad er dagens stikkrenner og kulverter i stand til å håndtere fremtidens klima?

Bacheloroppgave i Ingeniørfag, bygg
Veileder: Fred Johansen
Mai 2019

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Klimatiske utfordringer knyttet til dimensjonering av stikkrenner og kulverter

I hvilken grad er dagens stikkrenner og kulverter i stand til å håndtere fremtidens klimatiske utfordringer?

Aron Skarabot Pedersen og Kennet Skjærbekk

Gradering: Åpen

Bachelor i ingeniørfag - bygg

Innlevert: mai 2018

Veileder: Fred Johansen

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for vareproduksjon og byggingteknikk

Oppgavens tittel:	Dato: 20.05.2019		
Klimatiske utfordringer knyttet til dimensjonering av stikkrenner	Antall sider / antall sider vedlegg: 65 / 28		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	X
Navn: Aron Skarabot Pedersen og Kennet Skjærbekk			
Veileder: Fred Johansen			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: Bjørn Inge Holter			

Sammendrag:

I de senere årene har det vist seg at klimautfordringene blir stadig større, og det forventes en økning av nedbør i form av hyppighet og intensitet. Nedbør er en svært viktig faktor når man skal dimensjonere en veg, men også når vegen skal driftes og vedlikeholdes. Økt nedbør gir store konsekvenser for mye av dagens aldrende drencsystem, som ble dimensjonert på en tid hvor grunnlaget og metodene var dårligere enn de som finnes i dag. Stengte veger som følge av flom og erosjon er et stadig tilbakevendende problem. Dette gir store samfunnskostnader og ulemper. I denne oppgaven er det valgt fylkesveg 536 i Elverum kommune for å vurdere og evaluere om gjennomløpene for vann er i stand til å håndtere vannmengden vi kan forvente oss i fremtiden. For de fire gjennomløpene som leder vassdrag gjennom vegen er det foretatt flomberegninger med fire forskjellige metoder. Metodene som har blitt brukt er nasjonalt formelverk for små nedbørfelt, den rasjonelle metoden, PQRUT-metoden og flomfrekvensanalyse.

Resultatet fra flomberegningene viser at alle gjennomløpene som leder vassdrag gjennom vegen er betydelig underdimensjonert. Det viser seg også at ingen stikkrenner eller kulverter i studieområdet oppfyller dagens krav i Statens vegvesens håndbok N200 Vegbygging.

Stikkord:

Nedbør
Overvann
Flomberegning
Stikkrenner

 Aron Skarabot Pedersen og Kennet Skjærbekk

Abstract

Due to climate changes there will be an increase in precipitation, also precipitation pattern in form of intensity and frequency. Precipitation is one of the most important factors in road building, but also an important factor in operation and maintenance. Many roads in Norway have old drainage systems, which were built on an old basis and method. Increase in precipitation is already known to have big consequences for roads, as we see an increase in flood and closing of roads that costs the state millions every year. We believe that this problem will be increasingly focused on in the time that comes. To investigate this issue, we have chosen a road in Elverum municipality to control and evaluate the sizing of the culverts. To do this we have done flood calculations on four different culverts, with four different methods on every culvert. The methods that have been used are the rational equation, NIFS-formulas, PQRUT-method and flood frequency analysis.

The result show that every culvert on the road is undersized according to the guidelines made by the Norwegian Public Roads Administration, and according to flood calculations. We believe that this road is comparable to many other roads in Norway that were built on the same time, and we expect to see an increase in flooding of roads in the time that comes.

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet som avsluttende oppgave i bachelor i ingeniørfag bygg, studieretning anleggsteknikk ved NTNU Gjøvik våren 2019. Arbeidsbelastningen skal tilsvare 20 studiepoeng. Rapporten er skrevet i samarbeid med Statens vegvesen.

Problemstillingen er valgt på bakgrunn av et ønske om fordypning og læring innen et fagområde vi anser som svært viktig i tiden fremover. Overvannshåndtering og det å bygge godt nok for fremtiden er noe som inngår i alle vegprosjekter, og er en viktig del av dimensjoneringsgrunnlaget for infrastrukturen.

Oppgaven retter seg først og fremst mot personer som jobber innen veg, VA-teknikk, entreprenører, ingeniører og ingeniørstudenter.

Vi ønsker å takke Statens vegvesen for samarbeidet og muligheten de har gitt oss til å lære mer om temaet. En spesiell takk går til vår veileder hos Statens vegvesen, Bjørn Inge Holter, for hans tid og ressurser. En stor takk går også til Norges vassdrags- og energidirektorat for at de har vært behjelpelige med å svare på spørsmål og sende nødvendig data. Vi vil også takke vår interne veileder Fred Johansen, for gode og konstruktive tilbakemeldinger.

Innholdsfortegnelse

Abstract	iii
Forord	iv
Figurliste.....	vii
Tabelliste	viii
Formelliste.....	ix
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.1.1 Klimautvikling	2
1.2 Case	4
1.2.1 Klimatilpasning i Statens vegvesen	5
1.3 Problemstilling.....	5
1.4 Mål og hensikt	6
1.5 Studieområde	7
1.6 Drenering	8
1.6.1 Overvann.....	8
1.6.2 Stikkrenner og kulverter.....	8
1.6.3 Flom	10
1.6.3.1 Returperiode.....	10
1.6.4 Nedbørfelt	10
1.7 Nasjonal vegdatabank (NVDB).....	11
2 Metode.....	12
2.1 Snøsmelting	12
2.2 Flomfrekvensanalyser.....	13
2.2.1 Lokale frekvensanalyser	13
2.2.2 Fura målestasjon	15
2.3 Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt.....	16
2.4 Nedbør-avløpsanalyser	17
2.4.1 Den rasjonelle metoden.....	17
2.4.2 PQRUT-metoden	20
2.5 Resultat av klimaendringer	21
2.6 Dimensjonering av stikkrenner og kulverter	24

2.6.1 HY-8	25
2.7 Valg av metode	26
2.7.1 Bestemmelse av returperiode	26
3 Resultat	28
3.1 Dimensjon på eksisterende stikkrenner	28
3.2 Snøsmelting	29
3.3 Flomberegninger	30
3.3.1 Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt	32
3.3.2 Flomberegning med den rasjonelle metoden	33
3.3.3 Flomberegning med PQRUT-modellen	34
3.3.4 Flomfrekvensanalyse	37
3.3.5 Sammenligning av resultat	39
3.3.6 Dimensjonerende vannføring	40
3.4 Dimensjonering av stikkrenner og kulverter	42
3.4.1 Dimensjonering ved bruk av tabell	42
3.4.2 Dimensjonering av nye gjennomløp ved bruk av HY-8	43
4 Diskusjon	45
4.1 Flomberegninger	45
4.2 Dimensjonering av stikkrenner og kulverter	47
4.3 Dimensjoneringsmetodene til Statens vegvesen	48
4.4 Feilkilder	49
5 Konklusjon	50
5.1 Videre arbeid	51
Litteraturliste	52
Vedlegg	56
Vedlegg A – Feltparametere	56
Vedlegg B – Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt	59
Vedlegg C – Den rasjonelle metoden	63
Vedlegg D – PQRUT-metoden	69
Vedlegg E – Flomfrekvensanalyse	75
Vedlegg F – Dimensjonering av stikkrenner og kulverter med HY-8	79
Vedlegg G – Informasjon om stikkrenner/kulverter fra NVDB	83

Figurliste

Figur 1: Nedbørsutvikling på Østlandet 1900-2018, prosent av normalen	3
Figur 2: Temperaturavvik fra normalen i grader celsius, Østlandet 1900-2018	4
Figur 3: Oversiktsbilde av fv. 536.....	6
Figur 4: Oversiktsbilde av studieområde	7
Figur 5: Oversiktsbilde over elvenettet i studieområdet	8
Figur 6: Minimumsdimensjoner for gjennomløp	9
Figur 7: Minimumsdimensjoner for gjennomløp, Sverige.....	9
Figur 8: Oversiktskart over Fura målestasjon og fv. 536.....	16
Figur 9: Prinsippet for PQRUT-modellen.....	21
Figur 10: Klimafaktor Fk for fylker	22
Figur 11: Sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger.....	23
Figur 12: Sikkerhetsklasse for veg påvirket av flom.....	23
Figur 13: Bestemmelse av sårbare punkter langs vannvegen.....	23
Figur 14: Innløpskontroll	24
Figur 15: Vanlige strømmingssituasjoner med utløpskontroll	25
Figur 16: Antall godkjente/ikke godkjente stikkrenner og kulverter i henhold til kravet om dimensjon i Statens vegvesens håndbok N200 Vegbygging.....	29
Figur 17: Total vannføring per måned for målestasjon Fura, perioden 1971-2018	30
Figur 18: Oversiktsbilde over stikkrenner med gjennomløp for elv/bekk	31
Figur 19: IVF-tabell i liter pr. sekund pr. hektar for målestasjon Hamar II.....	33
Figur 20: Nedbør ved ulik varighet i prosent av nedbør ved et døgn.....	35
Figur 21: Nedbørforløp til målestasjon Hamar. Verdier i millimeter.	36
Figur 22: Flomfrekvensanalyse av Fura utført i Excel.....	37
Figur 23: Flomfrekvensanalyse i HYDRA II.....	38
Figur 24: Hydraulisk kapasitet (l/s) for gjennomløp med innløpskontroll.....	42

Tabelliste

Tabell 1: Anbefalte grad-dagsfaktor, Cs	13
Tabell 2: Veiledende avrenningsfaktor C, avhengig av dekketype.....	18
Tabell 3: Økning av avrenningsfaktor C, avhengig av returperiode	18
Tabell 4: Verdier for Mannings tall.....	26
Tabell 5: Stikkrenner og kulverter på tvers av vegen i studieområdet.....	28
Tabell 6: Feltparametere til nedbørsfeltene.....	32
Tabell 7: Resultat av flomberegning med nasjonalt formelverk for små nedbørfelt.....	33
Tabell 8: Inndata for flomberegning med den rasjonelle metoden	34
Tabell 9: Resultat av flomberegning med den rasjonelle metoden.	34
Tabell 10: Resultat av flomberegning ved PQRUT metoden.....	36
Tabell 11: Lokal flomfrekvensanalyse, Fura.....	38
Tabell 12: Flomfrekvensanalyse av alle felt.	39
Tabell 13: Sammenligning av resultat av flomberegninger med 50-års returperiode.....	39
Tabell 14: Sammenligning av resultat av flomberegninger med 100-års returperiode.....	40
Tabell 15: Sammenligning av resultat av flomberegninger med 200-års returperiode.....	40
Tabell 16: Vannføring som snitt av resultatene ved flomberegning, 50-års returperiode	41
Tabell 17: Vannføring som snitt av resultatene ved flomberegning, 100-års returperiode.....	41
Tabell 18: Tilstrekkelig dimensjon for stikkrenner ved bruk av kapasitetstabell.	43
Tabell 19: Dimensjonering av stikkrenner og kulvert ved bruk av HY-8.....	44

Formelliste

Formel 1: Formel for beregning av snøsmelting	12
Formel 2: Gringortens formel	14
Formel 3: Teoretisk returperiode.....	14
Formel 4: Kumulativ fordeling av Gumbels ligning	14
Formel 5: Teoretisk returperiode til Gumbels ligning	15
Formel 6: NIFS formelverk, middelflom	16
Formel 7: NIFS formelverk, vannføring for en bestemt returperiode	16
Formel 8: Den rasjonelle formel	17
Formel 9: Midling av avrenningskoeffisient	19
Formel 10: Konsentrasjonstid for et naturlig felt	19
Formel 11: Konsentrasjonstid for urbane områder.....	19
Formel 12: PQRUT-metoden	20
Formel 13: Bestemmelse av parameteren K1 til PQRUT-metoden	20
Formel 14: Bestemmelse av parameteren K2 til PQRUT-metoden	20
Formel 15: Bestemmelse av parameteren T til PQRUT-metoden	21
Formel 16: Dimensjonerende vannføring ved bruk av klimafaktor og faktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger	22

1 Innledning

Ifølge meteorologisk institutt får vi mer intens nedbør, og spesielt de siste 20 årene ser man den største økningen i nedbørsmengde og intensitet. En sammenheng kan sees mellom den globale oppvarmingen og nedbørsmengde. Når temperaturen på jorda øker, så vil luften kunne holde på mer vann, og nedbørsmengden øke (Meteorologisk institutt, 2017). Med økende nedbør i form av hyppighet og intensitet, vil det kreve at drensssystemet langs norske veger har tilstrekkelig kapasitet.

I denne bacheloroppgaven ønsker vi å se på om drensssystemet på fylkesveg 536 i Elverum kommune er godt nok dimensjonert for dagens og fremtidige nedbørsprognoser. Denne vegen har både gamle og nye stikkrenner/kulverter, derfor mener vi at dette drensssystemet er representativt for andre drensssystem på fylkesveger i Norge. Stikkrennene og kulvertene på fylkesveg 536 vil blir evaluert og dimensjonert etter dagens metoder for å kunne svare på vår problemstilling.

1.1 Bakgrunn

Det overordnede målet med å drenere bort vannet fra vegbanen og vegens konstruksjon er å opprettholde trafikksikkerheten, samt forebygge og forhindre skader som vil bidra til behov for rehabilitering og store kostnader for samfunnet. Underdimensjonering og feil materialvalg vil ofte medføre store strukturelle problemer som fører til svikt i bæreevne og forkorte levetiden på dekket. Dårlig eller feil drenering kan også medføre telehiv og reduksjon av trafikksikkerheten. Godt vedlikehold av dreneringssystemet er derfor et av de viktigste vedlikeholdstiltakene på en veg. Utilstrekkelig drenering skyldes ofte manglende vedlikehold, men også feil prosjektering av innløp, utløp, dimensjoner og plassering (Aurstad m.fl., 2016).

Drensstiltak på veger brukes med flere ulike hensikter:

- Opprettholde trafikksikkerhet, framkommelighet og forhindre vannsprut på andre trafikanter
- Hindre at materialet i vegkonstruksjonen blir fuktig og mister sin bæreevne
- Forhindre telehiv
- Sikre mot skader ved oversvømmelser

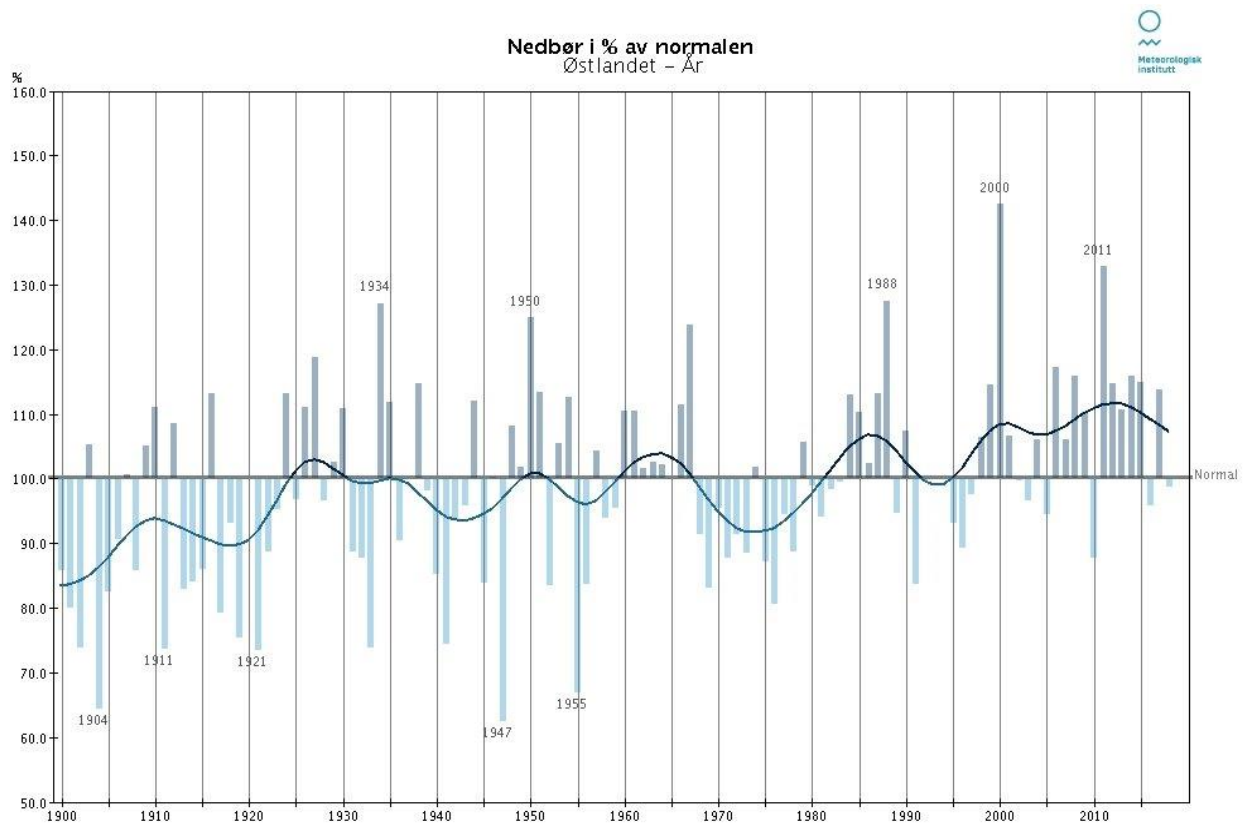
- Beskytte vannkilder mot forurensning
- Hindre skader overfor vegens naboer og andre berørte

(Aurstad m.fl., 2016)

Overvannsproblemer i veg skaper farlige situasjoner i form av vannplaning som forårsaker blant annet skadde og drepte i trafikken (Nordtømme m.fl., 2010). Av denne grunn er dette en interessant og viktig oppgave å jobbe med, slik at skader i trafikken grunnet overvann kan forhindres i størst mulig grad.

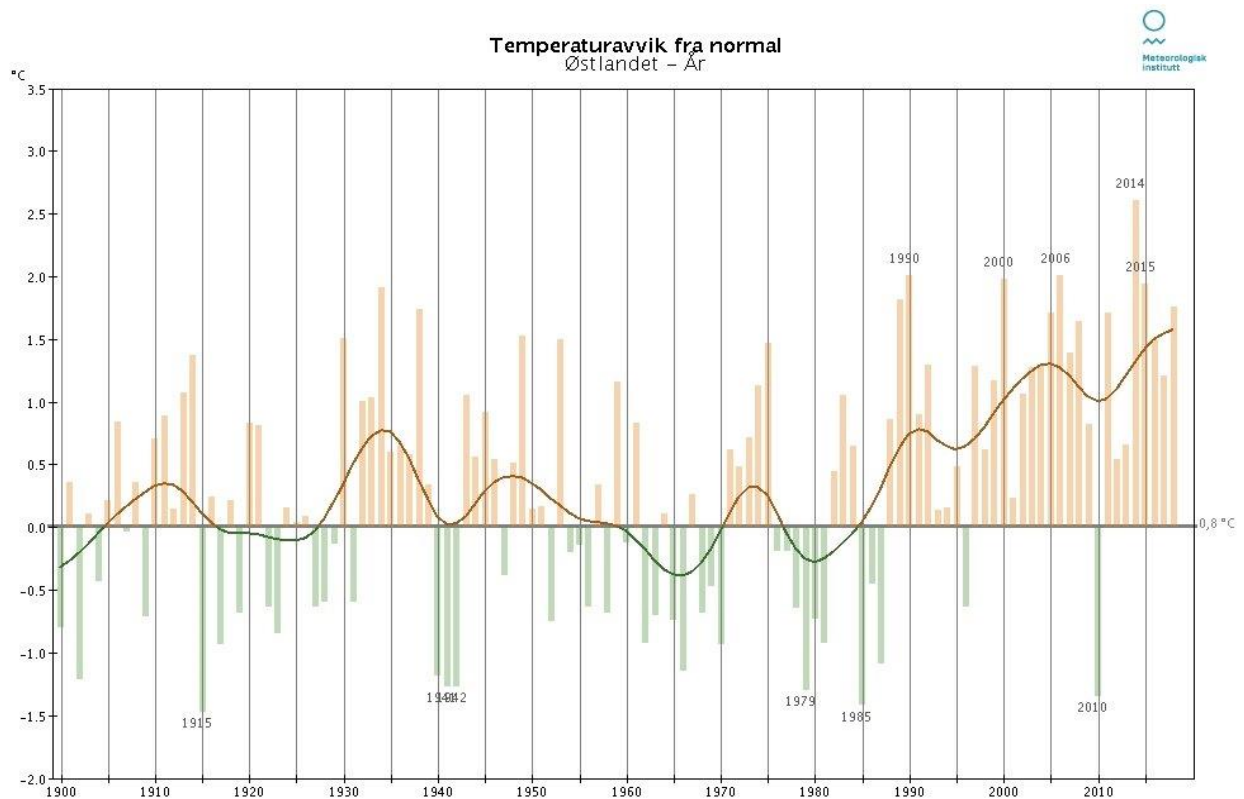
1.1.1 Klimautvikling

Ifølge rapporten Klima i Norge 2100 (Hanssen-Bauer, m.fl., 2015) har nedbøren i Norge økt med 18 prosent siden år 1900, og det forventes at den vil øke med like mye frem mot år 2100, gitt utslippsscenario «RCP8.5». Utslippsscenario RCP8.5 vil si at man forventer en økning i klimagassutslipp frem mot århundreskiftet. Den største økningen har man som nevnt sett de siste 20 årene. Samtidig øker kraftig nedbør i løpet av kort tid i form av både hyppighet og intensitet, og det forventes en dobling av dager med kraftig nedbør (RCP8.5). Den største økningen i nedbør er på våren, og den minste på sommeren. Temperaturen på vinteren er forventet å variere mer, både over og under frysepunktet. Konsekvensen av dette er at det vil falle mer nedbør på frosset mark, og i tillegg vil det skape mer snøsmelting. Til sammen vil dette føre til større mengder av overvann, og faren for flom vil øke. I vassdrag som i dag er mest utsatt for regnflom forventes det ifølge Hanssen-Bauer m.fl. (2015), en økning i flomstørrelsene på opptil 60 prosent basert på RCP8.5.



Figur 1: Nedbørsutvikling på Østlandet 1900-2018, prosent av normalen. Med normalen menes gjennomsnittsverdi over normalperioden 1961-90 (Meteorologisk institutt, 2019).

Det kan forventes en økning i temperatur på 4,5 grader frem mot århundreskiftet, gitt utslippsscenario RCP8.5. Det viser seg at temperaturen har økt med én grad siden 1900-tallet, og bare de siste 15 årene økt med en halv grad. Når temperaturen øker kan luften holde på mer vann, og som følge av dette vil det falle mer nedbør i årene som kommer (Hanssen-Bauer, m.fl., 2018).



Figur 2: Temperaturavvik fra normalen i grader celsius, Østlandet 1900-2018. Med normalen menes gjennomsnittsverdi over normalperioden 1961-90 (Meteorologisk institutt, 2019).

1.2 Case

Statens vegvesen planlegger, bygger, drifter og vedlikeholder riks- og fylkesveger i Norge (Statens vegvesen, 2018a). Mange av vegene er i dårlig forfatning, og i forbindelse med Nasjonal transportplan (NTP) 2014-2023 ble det i perioden 2010-2012 foretatt en kartlegging av Statens vegvesen på hvor mye det vil koste å fjerne vedlikeholdsetterslepet (forfallet) på riks- og fylkesvegnettet. Her ble kostnaden på å rette opp i vedlikeholdsetterslepet estimert til 36 milliarder kroner på riksvegnettet, og 58 milliarder kroner for fylkesvegene. Totalt over 90 milliarder kroner, med et usikkerhetsspenn opp mot 130 milliarder kroner (Sund, m.fl., 2014).

Mye av etterslepet på riks- og fylkesveger i Norge knytter seg til dreneringssystemer. Det er estimert at det vil koste 8,3 milliarder kroner å rette opp i etterslepet forbundet med drenering.

I dokumentet om vedlikeholdsetterslepet er klimaendringene en vesentlig faktor, og det kommer blant annet frem at:

Transportinfrastrukturen er sårbar overfor virkninger fra ekstreme værhendelser. Klimaendringer forventes å gi større usikkerhet knyttet til sannsynligheten for ekstreme værhendelser. Valg av klimatilpasning og klimatiltak, på kort sikt, vil påvirke risikoen for virkningene av klimatiske forandringer mot 2100. **Vedlikeholdsetterslepet bidrar til å gjøre infrastrukturen mindre robust i forhold til klimaendringer.** Derfor er styrket drift, vedlikehold og reduksjon av vedlikeholdsetterslepet en sentral del av klimatilpasningsarbeidet. Dette kan omfatte blant annet økt behov for beredskap, inspeksjoner og vinterdrift. De viktigste tiltakene er imidlertid fornyings- og utbedringstiltak, som gir økt standard og dermed mer robust infrastruktur. Eksempler på dette er tiltak som gir økt kapasitet i dreneringsanlegg, skredsikring, flomsikring og utbedring av moloer (Sund m.fl. 2014a, side 8) (vår utheving).

1.2.1 Klimatilpasning i Statens vegvesen

Statens vegvesen har ansvaret for at vegnettet tilpasses et klima under endring. Det jobbes med å implementere dagens kunnskap om klima og klimatilpasning i pågående og fremtidige vegprosjekter.

Statens vegvesen anser de viktigste utfordringene knyttet til klimatilpasning av vegnettet til å være:

- Økt risiko for flom og erosjon
- Økt risiko for skred, og skred på nye steder
- Utilstrekkelig drencapasitet
- Behov for bedre vedlikehold
- Utfordringer knyttet til vinterdrift
- Større krav til beredskap

(Statens vegvesen, 2019)

Basert på kunnskap og erfaringer fra tidligere prosjekter oppdateres regelverket (håndbøkene) og kvalitetssystemet jevnlig. I 2018 fikk håndbok N200 Vegbygging en omfattende oppdatering på blant annet drenering, hvor en klimafaktor for de enkelte fylkene ble innarbeidet, samt sikkerhetsfaktor basert på sikkerhetsklasse (Statens vegvesen, 2018).

1.3 Problemstilling

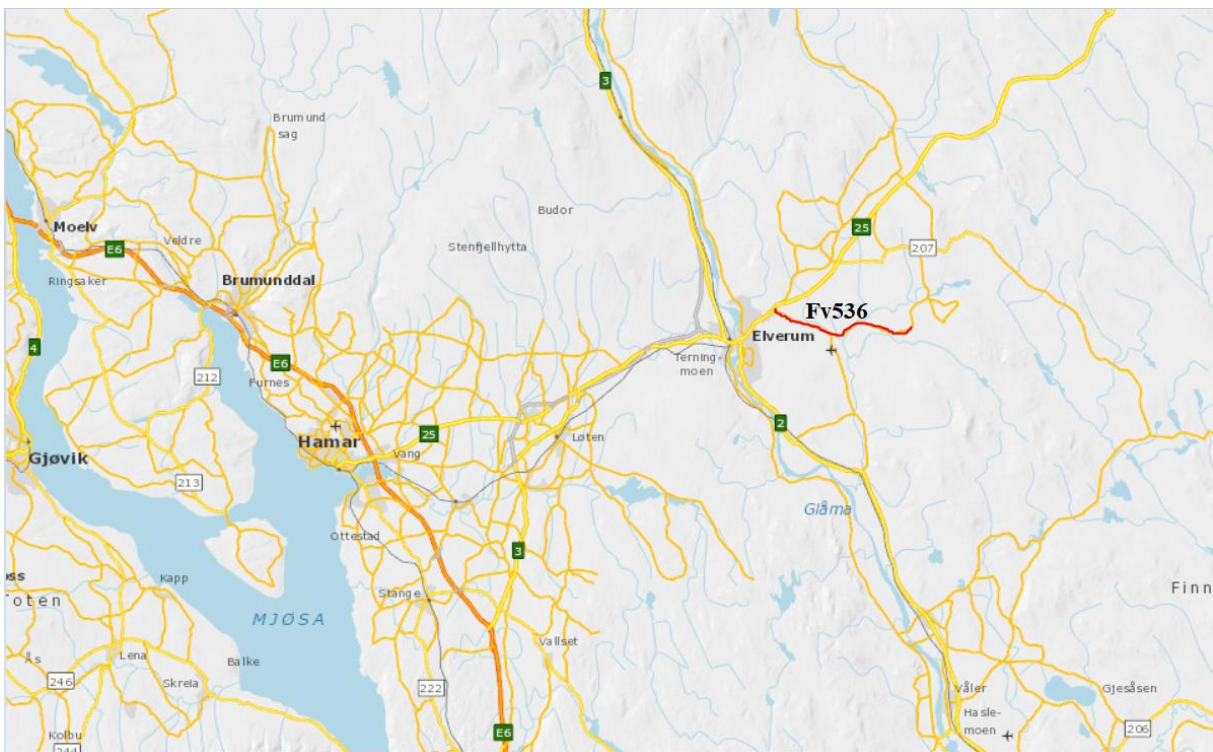
Bakgrunnen for denne oppgaven er å se på om dagens drencsystem er tilstrekkelig for dagens og fremtidens nedbørsprognoser med fokus på stikkrenner og kulverter. Det har blitt valgt en veg i Elverum kommune (se kap. 1.4 og 1.5). Valget falt på fv. 536 da dette kan være en representativ strekning for mange norske fylkesveger bygget på samme grunnlag og metode.

Med tanke på et klima under stor endring, og Statens vegvesens mål om å være rustet for fremtiden har vi derfor kommet frem til følgende problemstilling:

I hvilken grad er dagens stikkrenner og kulverter i stand til å håndtere fremtidens klimatiske utfordringer?

1.4 Mål og hensikt

Hensikten med oppgaven er å vurdere og evaluere dimensjoneringen på drencsystemet på fylkesveg 536, figur 3, ved å dimensjonere etter dagens metoder.



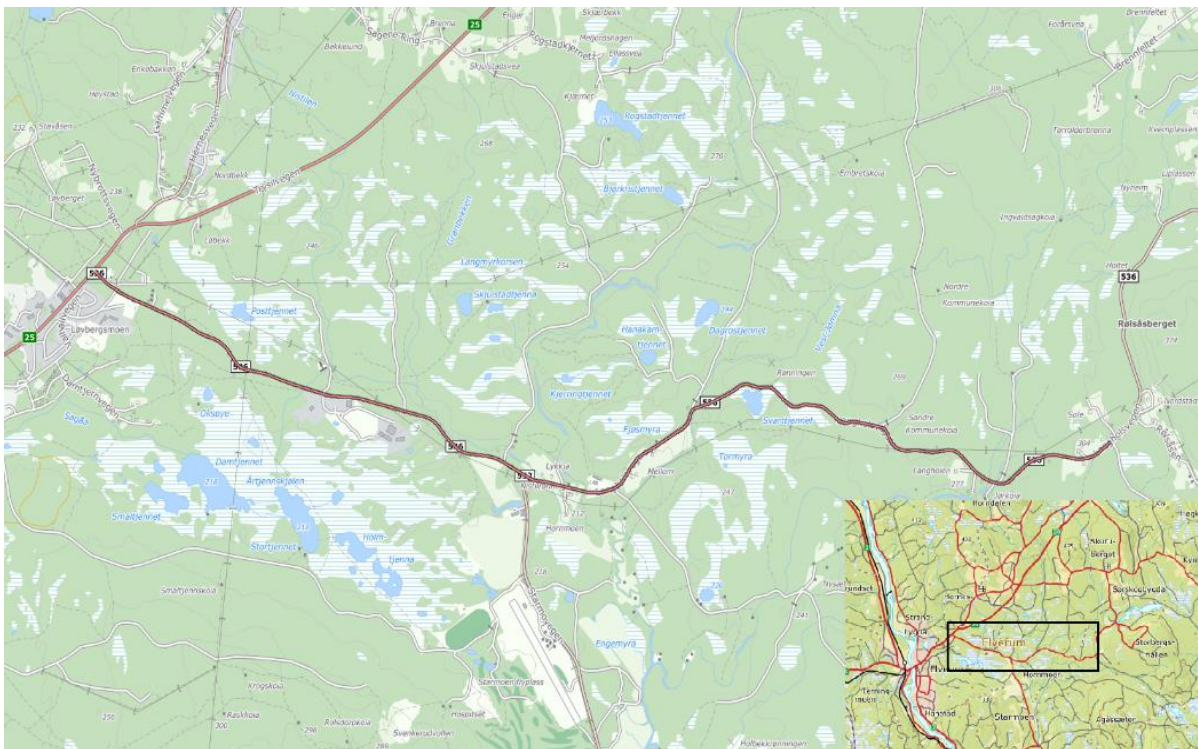
Figur 3: Oversiktsbilde av fv. 536 (hentet fra www.vegkart.no).

Målet er å vurdere om stikkrennene og kulvertene er tilstrekkelig dimensjonert for fremtidens klima. Vi vil også se på dagens dimensjoneringsmetoder og programmer slik at vi kan komme med anbefalinger for fremtiden. I tillegg ønsker vi å belyse problematikken rundt klimaendringene vi står ovenfor knyttet til et aldrene drencsystem som befinner seg på mange norske veier.

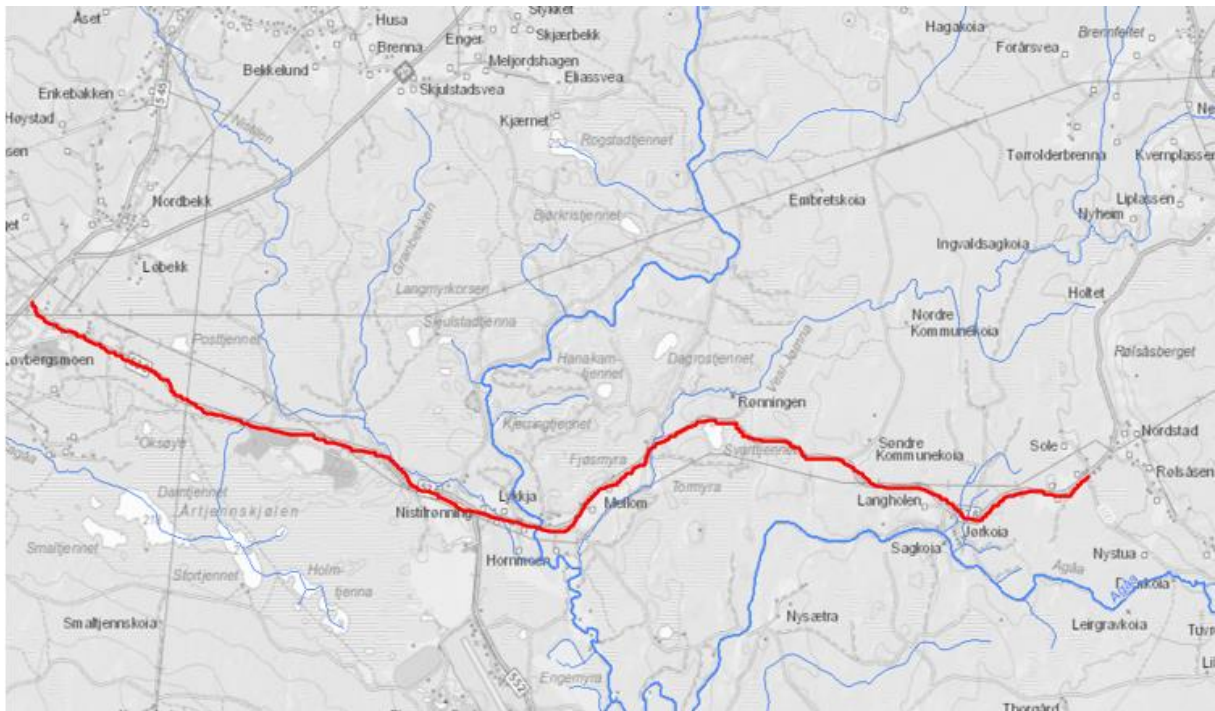
1.5 Studieområde

Studieområde for å belyse valgt problemstilling er en del av fylkesveg 536 Langholsvegen, som ligger i Elverum kommune i Hedmark fylke, se figur 3. Vegen går fra riksveg 25 nordøst i Elverum sentrum til Sørskogbygda, og blir i all hovedsak brukt av lokaltrafikken. Vegen går over flere elver og bekker som renner ut i glommavassdraget, og har vært preget av flom senest i 2018 som førte til at overvann rant over vegen, og berørte nærliggende eiendommer. Ett tiltak ble gjort etter denne hendelsen, og det er interessant å se om dette tiltaket er tilstrekkelig dimensjonert.

Figur 4 viser et nærmere bilde av fv. 536. Se figur 3 for oversiktsbilde.



Figur 4: Oversiktsbilde av studieområde (Hentet fra NVDB og norgeskart.no).



Figur 5: Oversiktsbilde over elvenettet i studieområdet (Hentet fra atlas.nve.no).

1.6 Drenering

Drenering er å lede bort vann, og i dette tilfelle fra vegens konstruksjon. Hensikten er å forhindre at overvann skader vegen. Samtidig har vegbyggeren ansvar for å ikke forstyrre den naturlige ledningen av vannet. Det vil si at vannet bør dreneres bort fra vegens konstruksjon på en effektiv måte uten at vannet endrer retning. Drenering blir brukt som en fellesbetegnelse for håndtering av både grunnvann og overflatevann (Aurstad m.fl., 2016).

1.6.1 Overvann

Overvann forekommer ved kraftig nedbør og/eller smeltevann fra snø. Mesteparten av dette infiltrerer i grunnen. Det som ikke infiltrerer renner bort på overflaten og kalles overvann (Ødegaard m.fl., 2014).

1.6.2 Stikkrenner og kulverter

Stikkrenner og kulverter er samlebegrepet på vanngjennomløp som går på tvers av vegen, med en dimensjon opp til 2,5 meter. Dimensjoner større enn 2,5 meter regnes som bru (Statens vegvesen, 2018). Stikkrenner og kulverter består ofte av plast, betong, stål eller

naturstein. Begrepene stikkrenne og kulvert blir ofte benyttet om hverandre, men Statens vegvesens håndbok N200 fra 2014 betegner stikkrenner som gjennomløp med maksimum en meter fri åpning. Begrepet kulvert kan også brukes til gjennomløp for gang- og sykkelveg samt bilveg. Vanngjennomløpet er svært viktig for å hindre vann i kjørebanelen, men brukes også til fiskepassasjer i bekker og vassdrag (Statens vegvesen, 2018).

Det stilles minstekrav til dimensjonering av stikkrenner, gitt i figur 6.

Vegtype	Minimumsdimensjon - D_{min}
Veger og gater	600 mm
Adkomstveger og gang- og sykkelveger	400 mm
Avkjørsler	300 mm

Figur 6: Minimumsdimensjoner for gjennomløp (Statens vegvesen, 2018. Side 90)

For å sammenligne kan vi se på Trafikverkets minimumskrav til dimensjoner for vanngjennomløp. Trafikverket er Sveriges svar på Statens vegvesen. Deres bestemmelser er vist i figur 7.

Trumlängd, m	Trummor genom belagda vägar, utom GC-vägar ¹⁾	Trummor genom grusvägar ¹⁾	Sidotrummor och trummor genom GC-vägar ²⁾
<15	500	400	300
15-25	600	500	300
>25	800	600	400

- 1) Trummor i klimatzon 4 och 5 ska ha en innerdiameter på minst 800 mm oavsett trumlängd.
- 2) Sidotrummor i klimatzon 4 och 5 ska ha en innerdiameter på minst 400 mm oavsett trumlängd.

Figur 7: Minimumsdimensjoner for gjennomløp (Trafikverkets tekniska krav Vagkonstruktion, 2011. Side 47)

Figur 7 viser at Trafikverket i Sverige deler gjennomløpene opp i lengder, og minstedimensjon bestemmes ut ifra dette. I klimasone 4 og 5, som ligger på breddegrad med Elverum og nordover, er minstedimensjonen 800 millimeter uavhengig av lengden på gjennomløpet (TRVK Väg, 2011).

1.6.3 Flom

Definisjonen på en flom er når vannet i vassdrag stiger over det som er normalt, slik at det vanligvis tørre terrenget rundt blir vått og dekket av vann. Man skiller i hovedsak mellom tre typer flommer:

- Regnflom
 - Hvis de største flommene stort sett oppstår på høsten så kalles disse som regel regnflom. Regnflom kan oppstå på vår om snøsmelting ikke har et betydelig bidrag. Regnflom er ofte dominerende for små felt med rask avrenning.
- Smelteflom
 - Hvis flommene oppstår om våren på grunn av snøsmelting kalles dette en smelteflom. Flomskapende sesong er som regel på våren, og det er mest vanlig for store felt.
- Kombinasjonsflom
 - Kombinasjon av regn- og smelteflom.

(Stenius, m.fl., 2014)

1.6.3.1 Returperiode

En returperiode kan også kalles et gjentakintervall. Med returperiode menes hvor ofte man antar at en bestemt hendelse vil inntreffe. Vanligst i faget er 50-, 100- og 200-års returperiode. For veger som er i fare for å bli påvirket av flom bestemmes returperiode ut ifra ÅDT (årsdøgntrafikk). Bestemmelsene er vist i figur 12.

1.6.4 Nedbørfelt

Et nedbørfelt (også kalt nedslagsfelt) er et område med felles avrenning til en innsjø, hav, elv eller andre vassdrag (Heggstad og Rosvold, 2018).

NEVINA er ett av mange kartverktøy fra Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE). NEVINA (Nedbørsfelt- og indekspanalyse) er et GIS-verktøy (Geografisk informasjonssystem) som automatisk genererer nedbørsfelt for et selvvalgt punkt i, eller i nærheten av et vassdrag.

Her får man ut feltparametere som kan brukes videre i flomberegning, samt en automatisk generert flomberegning. Dette kartverktøyet er åpent for alle på nettsidene deres.

1.7 Nasjonal vegdatabank (NVDB)

Nasjonal vegdatabank er en database som inneholder informasjon om samtlige veger i Norge. Her finner vi informasjon om riks- og fylkesveger, kommunale- og privatveger samt skogsbilveger (Statens vegvesen, 2018b). Det jobbes kontinuerlig med å oppdatere NVDB for å sikre god kvalitet på innholdet.

NVDB kan blant annet brukes til å hente ut informasjon om plassering og dimensjon av stikkrenner, som er aktuelt for denne oppgaven.

2 Metode

For å beregne dimensjonerende vannmengder har vi brukt disse fire metodene:

- Flomfrekvensanalyse
- Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt
- Den rasjonelle metode
- PQRUT modellen

Det er som regel stor usikkerhet rundt metodene, og det er anbefalt å gjøre flomberegninger med flere metoder dersom det er mulig, for å kunne si med større sikkerhet at valgt dimensjonerende vannmengde gjenspeiler i størst mulig grad det virkelige (Norem m.fl., 2016).

2.1 Snøsmelting

Snøsmelting kan være en faktor som medfører flom og overvann. Ved flomberegninger og dimensjonering av stikkrenner og kulverter, er det viktig å vurdere om et bidrag fra snøsmelting skal tas med eller ikke. Bidrag av vann fra snøsmelting kan brukes alene eller i tillegg til nedbør (Midttømme m.fl., 2011). Beregning av snøsmelting gjøres ut ifra formel 1.

$$S = C_s \cdot T_L$$

Formel 1

Hvor:

S = Snøsmeltingen [mm/døgn]

C_s = Graddagsfaktor [mm/°C/døgn]

T_L = Observerte temperatur i den flomskapende sesongen [°C]

En graddagsfaktor er en faktor som tar hensyn til hvilken type arealdekning som er dominerende i feltet, vist i tabell 1.

Tabell 1:

Anbefalte grad-dagsfaktor, C_s (Midttømme m.fl., 2011).

	Tett skog	Noe skog	Snaufjell	Bre
Perioder uten nedbør	1,5	2,0	2,5	3,5
Perioder med nedbør	3,0	4,0	5,0	7,0

Det er også viktig å begrunne om snøsmelting tas med eller ikke, og hvis det ikke tas med skal dette begrunnes spesielt. Ved en slik vurdering kan man bruke et kart for snødybde, som finnes på blant annet nettsiden www.senorge.no, hvor snødybden for den aktuelle smeltesesongen kan undersøkes (Midttømme m.fl., 2011).

2.2 Flomfrekvensanalyser

Flomfrekvensanalyser (FFA) baserer seg på en rekke målinger i et vassdrag over flere år hvor flomtoppene plukkes ut basert på findata (for eksempel høyeste vannføring per time) eller døgndata (høyeste vannføring per døgn). Findata er anbefalt på små felt ($A < 50 \text{ km}^2$) da de reagerer raskt på nedbør (Stenius m.fl., 2015). Når disse dataene er plukket ut ordnes det til en statistisk fordeling, hvor blant annet Gumbel-fordelingen kan brukes.

2.2.1 Lokale frekvensanalyser

Lokal flomfrekvensanalyse er analyser av enkelthendelser for et vassdrag, sammensatt til en statistisk fordeling. Her trengs en eller flere målestasjoner i vassdraget som skal analyseres. Slike analyser baserer seg på antagelser om at den største flommen hvert år er en stokastisk variabel.

Flomfrekvensanalyser kan utføres på observerte flomdata fra enkeltstasjoner, og kan derfor benyttes på alle typer felt (Stenius m.fl., 2015).

Disse flommene blir beskrevet av en fordelingsfunksjon slik at vi kan ekstrapolere til flommer med den returperioden vi ønsker å dimensjonere for. Det er en fordel å ikke overskride et gjentakintervall langt over observasjonsperiodens lengde på grunn av usikkerheter (Sælthun m.fl., 1997).

Ved en slik analyse er det viktig å ha god data fra flommene hvert år. En slik analyse baserer seg ofte på døgn- eller findata. Et lite felt, som ofte reagerer raskt på store nedbørsmengder, bør baseres på findata (for eksempel timesverdier) for å få med flomtoppene (Stenius m.fl., 2015).

Det er flere typer fordelingsfunksjoner som kan brukes, her er det valgt Gumbels fordelingsfunksjon. Først brukes Gringortens metode for å rangere innsamlet data. Her skal alle data klassifiseres fra 1 til n, hvor 1 er den høyeste vannføringen vi har målt. Gringortens formel ser slik ut:

$$q_i = \frac{i-a}{N+1-2a}$$

Formel 2

Hvor:

q_i = Overskridelsessannsynlighet

i = Klassifisering (rang) av den spesifikke observasjon

N = Antall observasjoner

a = 0,44 (Gringortens tall)

Dette vil gi en sannsynlighet for hver observasjon kun avhengig av rang og det er derfor viktig at vi har mange observasjoner for at den enkelte fordelingen skal være gyldig.

Fra disse målingene kan vi estimere returperiode fra formel 3:

$$T_i = \frac{1}{q_i}$$

Formel 3

Ved å plote T_i med sammenhengende flomobservasjon vil man få et plott som passer godt med en logaritmisk funksjon. Dette blir da en antatt sannsynlighet ut ifra antall målinger man har og fortsatt uavhengig av størrelsen på flomtoppene.

Man kan så bruke kumulativ fordeling av Gumbels ligning:

$$p = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\sigma}\right)}}$$

Formel 4

Hvor:

p = Sannsynlighet

x = Vannmengden til den spesifikke observasjon [l/s]

u = Forventningsverdi [l/s]

$\sigma = \frac{\sqrt{6} \cdot S_x}{\pi}$ som er et standardavvik [l/s]

Fra disse målingene kan vi estimere en teoretisk returperiode fra formel 5:

$$T_p = \frac{1}{p}$$

Formel 5

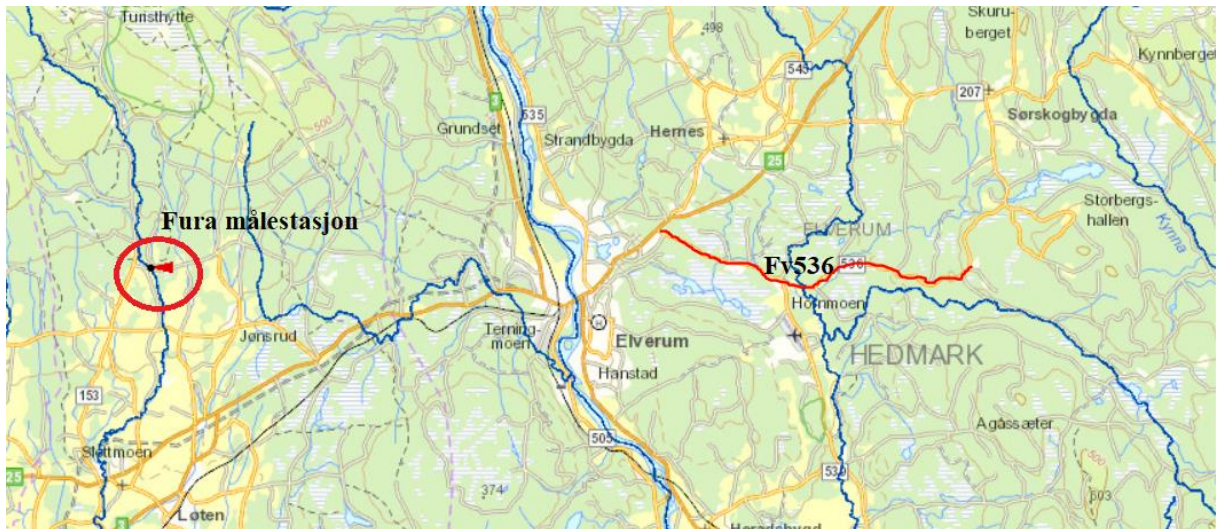
T_p kan nå plottes sammen med flomobservasjonene, og denne passer også godt til en logaritmisk funksjon. Dette blir nå en antatt sannsynlighet ut ifra størrelsen på flomtoppene.

Ved beregning av den dimensjonerende vannmengde er det hensiktsmessig å velge den høyeste vannmengden av disse to fordelingene. Fordelingene skal ikke ha store variasjoner i vannmengde.

En flomfrekvensanalyse kan utføres i NVE sitt dataprogram Hydra II. Programmet krever innlogging for å kunne utføre en flomfrekvensanalyse. I denne oppgaven har det blitt valgt å bruke den manuelle metoden og Hydra II for å kunne sammenligne metodene, slik at egne svar kan kvalitetssikres.

2.2.2 Fura målestasjon

Ingen av vassdragene i studieområdet har målestasjon som måler vannføring. Nærmeste og mest representative målestasjon for feltene på fv. 536 er målestasjonen til elven Fura i Løten kommune, omtrent 20 kilometer fra studieområdet. Målestasjonen til Fura har vært i drift siden 1970, og gir et godt grunnlag for en flomfrekvensanalyse på grunn av relativt like feltparametere. Denne målestasjonen kommer til å bli brukt i denne oppgaven og omtalt som Fura målestasjon.



Figur 8: Oversiktskart over Fura målestasjon og fv. 536. Hentet fra nevina.nve.no

2.3 Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt

I forbindelse med etatsprogrammet «NATURFARE – infrastruktur, flom og skred (NIFS) 2012–2015» som er et felles samarbeid mellom Norges Vassdrag- og energidirektorat (NVE), Bane NOR og Statens vegvesen, ble det opprettet nasjonale formler for flomberegninger i små (< ca. 50 km²), uregulerte nedbørfelt (Glad m.fl., 2015). Ved bruk av formel 6 finner man middelflommen, Q_M , og flommen for en bestemt returperiode T , Q_T , bestemmes med formel 7.

$$Q_M = 18,97 Q_N^{0,864} e^{-0,251 \sqrt{A_{SE}}}$$

Formel 6

$$Q_T = Q_M (1 + 0,308 \cdot (q_N^{-0,137}) \cdot \frac{\Gamma(1+k) \cdot \Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}}{k})$$

Formel 7

Hvor

Q_N = Nedbørfeltets middelvannføring 1961-90 [l/s]

A_{SE} = Effektiv sjøprosent [%]

q_N = Midlere spesifikk avrenning [l/s·km²]

Γ = Gammafunksjonen

T = Returperiode [år]

$$k = -1 + \frac{2}{1 + e^{0,391 + 1,54 \cdot \frac{ASE}{100}}}$$

Denne metoden er automatisk generert ved bruk av NEVINA, som er nærmere beskrevet i kapittel 1.6.4. Ettersom metoden kun tar hensyn til feltparametere som middelvannføring, effektiv sjøprosent og midlere spesifikk avrenning er usikkerheten knyttet til denne stor. Resultatet uttrykkes derfor som regel med 95 prosent konfidensintervall og en median.

2.4 Nedbør-avløpsanalyser

I Norge blir det stort sett brukt to flomberegningsmodeller som baseres på nedbørsdata. Disse er:

- Den rasjonelle formel
- PQRUT-metoden

Hensikten med en nedbør-avløpsmodell er at nedbørforløp, sammen med et eventuelt bidrag fra snøsmelting, skal regnes om til en vannføring i et gitt nedbørsfelt. Metodene egner seg best for mindre felt hvor regnflommer er de mest kritiske (Midttømme m.fl., 2011).

2.4.1 Den rasjonelle metoden

Den rasjonelle metoden brukes til overslagsberegninger av vannføringen fra små nedbørsfelt opp til 2 km² (Statens vegvesen, 2018). Metoden er basert på direkte sammenheng mellom nedbør og avrenning, og gir et enkelt og raskt overslag for dimensjonering.

Formelen for den rasjonelle metoden er gitt ved:

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Formel 8

Hvor

Q = Avrenning [l/s]

C = Avrenningsfaktor

i = Dimensjonerende nedbørintensitet [l/s·ha]

A = Feltareal [ha]

Avrenningsfaktoren (C) utrykker hvor mye av nedbøren i et nedbørsfelt som renner bort som overflatevann, og varierer avhengig av hvor mye vann grunnmaterialet klarer å ta til seg.

Faktoren har et spenn fra 0,1 i område med mye skog og vegetasjon, og opp til 0,9 i urbane felt og felt dekket av snaufjell. Veiledende verdier er vist i tabell 2.

Tabell 2:

Veiledende avrenningsfaktor C, avhengig av dekketype. Returperiode 10 år (Statens vegvesen, 2018).

Type flater	Avrenningsfaktor, C
Betong, asfalt, bart fjell, og lignende	0,6 - 0,9
Grusveger	0,3 - 0,7
Dyrket mark og parkområder	0,2 - 0,4
Skogsområder	0,2 - 0,5

Hvis man skal beregne for frosset mark, vannmettet grunn eller områder dekket av bre kan avrenningsfaktor for «Betong, asfalt, bart fjell og lignende» benyttes (Statens vegvesen, 2018).

Avrenningsfaktoren bør ifølge Stenius m.fl. (2015) justeres avhengig av nedbørens varighet og returperioden det skal beregnes for. For nedbør med varighet kortere enn en time kan de lave verdiene benyttes, mens for nedbør med varighet på mer enn tre timer bør de høye verdiene benyttes. Her regnes varighet som konsentrasjonstid. For å ta hensyn til at grunnen blir mer mettet med vann avhengig av nedbørens varighet anbefales en økning av avrenningsfaktoren, C, avhengig av returperioden.

Tabell 3:

Økning av avrenningsfaktor C, avhengig av returperiode (Statens vegvesen, 2018).

25 år	C økes med 10 %
50 år	C økes med 20 %
100 år	C økes med 25 %
200 år	C økes med 30 %

Da det sjeldent er samme overflate i hele nedbørsfeltet kan formel 9 benyttes for å midle verdien, og få en så nøyaktig avrenningsfaktor som mulig.

$$C_{\text{midl}} = \frac{C_1 \cdot A_1 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + \dots + A_n}$$

Formel 9

Det er også viktig å undersøke fremtidige utbyggingsplaner som kan endre avrenningsfaktoren.

Dimensjonerende nedbørintensitet (i) er avhengig av returperiode og varighet (konsentrasjonstid). Denne bestemmes ut ifra intensitet-, varighet-, og frekvenskurve (IVF-kurve). Data skal hentes fra kvalitetsgodkjente sider, slik som meteorologisk institutt.

Konsentrasjonstiden (T_c) angir tiden det tar fra nedbør treffer det fjerneste punket i nedbørsfeltet til det når fram til det punktet hvor vannmengden skal beregnes eller utløpet.

Konsentrasjonstiden avhenger av høydeforskjell, andel sjø i feltet og areal.

Konsentrasjonstiden beregnes forskjellig ut ifra om vi har et naturlig felt (skogsområder) eller om vi har et utbygd felt (urbane områder). Formlene for konsentrasjonstid gitt i håndbok N200 (Statens vegvesen, 2018) er:

For et naturlig felt

$$T_c = 0,6 \cdot L \cdot H^{-0,5} + 3000 \cdot A_{SE}$$

Formel 10

For urbane områder

$$T_c = 0,02 \cdot L^{1,15} \cdot H^{-0,39}$$

Formel 11

Hvor:

L = Lengen på feltet [m]

H = Høydeforskjellen i feltet [m]

A_{SE} = Effektiv innsjøprosent [%]

Konsentrasjonstiden kan bli urealistisk lang dersom det er over 0,5 effektiv sjøprosent (Norem, m.fl., 2016).

Usikkerheten rundt den rasjonelle formel er mye knyttet til valg av avrenningsfaktor, C.

Denne kan variere mye innad i et nedbørsfelt, og øke etter hvert som grunnen blir mer mettet

med vann. Metoden forutsetter at nedbørforløpet skjer med lik fordeling over hele feltet og konstant intensitet. Noe usikkerhet er også knyttet til dimensjonerende nedbørsintensitet (i), dersom det er lang avstand til nærmeste målestasjon. Norsk Klimaservicesenter arbeider med at man kan velge et vilkårlig sted i landet og få IVF-verdier for valgt område, men foreløpig anbefales ikke dette til bruk av dimensjonering (Norsk klimaservicesenter, 2019).

Stenius m.fl., undersøkte i 2015 den rasjonelle metoden ved bruk i felt med areal under 15 km². Totalt 49 felt ble undersøkt; 19 felt hadde areal under 5 km², 15 felt var mellom 5 og 10 km², og 15 felt hadde et areal på 10–15 km². Resultatet av undersøkelsen viste ingen store forskjeller på bruk av den rasjonelle metoden sammenlignet med andre metoder.

2.4.2 PQRUT-metoden

PQRUT-metoden er en nedbør-avløpsmodell utviklet av Andersen m.fl. (1983) til bruk i flomberegninger. Metoden er en enklere versjon av Hydrologiska Byråns Vattenbalanssektions modell (HBV-modellen) som er utviklet av Svenska Meteorogiska och Hydrologiska institut i 1976 (NVE, 2018). PQRUT-metoden skal brukes for felt med areal 1–200 km² ifølge Statens vegvesens håndbok N200 (Statens vegvesen, 2018).

Modellen kan illustreres ved å betrakte nedbørsfeltet som en beholder med to åpninger, vist i figur 9. I bunnen er den første åpningen hvor avrenningen er $q = K_2 \cdot H$, hvor q er avrenningen i m³/s, K_2 en tømmekonstant og H er dybden på vannet i millimeter. Den andre åpningen er i høyden T (millimeter) over bunnen av beholderen. Denne har en tømmekonstant K_1 , og avrenning fra denne vil skje hvis dybden på vannet er større en T , som gir en avrenning $q = K_1 \cdot (H - T)$. Den totale avrenningen blir da:

$$Q_{tot} = K_1 \cdot (H - T) + K_2 \cdot H$$

Formel 12

For å bestemme parameterne K_1 , K_2 og T brukes følgende ligninger:

$$K_1 = 0,0135 + 0,00268 \cdot H_L - 0,0165 \cdot \ln(A_{SE})$$

Formel 13

$$K_2 = 0,009 + 0,21 \cdot K_1 - 0,00021 \cdot H_L$$

Formel 14

$$T = -9,0 + 4,4 \cdot K1^{-0,6} + 0,28 \cdot q_N$$

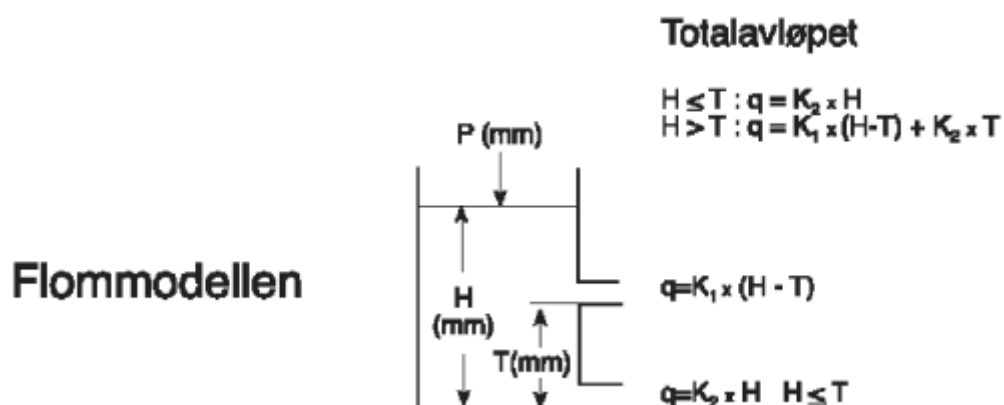
Formel 15

Hvor:

H_L = Relieff forhold (H_{50}/L_F) [m/km]

A_{SE} = Effektiv sjøprosent [%]

q_N = Midlere spesifikk avrenning 1961-90 [l/s·km²]



Figur 9: Prinsippet for PQRUT-modellen (Andersen m.fl, 1983. Side 4).

Med denne modellen er det nødvendig med gode observasjonsdata for nedbør og vannføring. Usikkerheten til metoden skyldes ofte manglende informasjon om dette, som fører til at ligningene må brukes til å bestemme modellparametere. Videre må det fastsettes initialverdier for simulering av flom, som har stor betydning for resultatet. Dette er forhold som nedbørfeltets metningsgrad og geografiske forhold. NVE har utviklet en digital versjon av PQRUT-modellen som blir brukt videre i beregningene.

2.5 Resultat av klimaendringer

Som nevnt i kapittel 1.2.1 gjør Statens vegvesen endringer i retningslinjene (håndbøkene) basert på erfaring og klimaendringer. I den nyeste versjonen av håndbok N200 Vegbygging (2018) er det implementert klimafaktor for hvert fylke (F_k) og en sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger (F_u). Faktorene skal benyttes ved alle permanente anlegg. Endringene gir følgende formel for dimensjonerende avrenning:

$$Q_{dim,T} = Q_T \cdot F_k \cdot F_u$$

Formel 16

Hvor

$Q_{dim,T}$ = Dimensjonerende avrenning for returperiode T [m^3/s]

Q_T = Beregnet avrenning for returperiode [m^3/s]

F_k = Sikkerhetsfaktor for fremtidige klimaendringer

F_u = Sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger

Sikkerhetsfaktoren for fremtidige klimaendringer bestemmes ut ifra figur 10. Klimafaktorene gjelder for alle permanente anlegg med levetid på over 50 år. Med store nedbørsfelt menes her alle felt med areal over 10 km^2 (Statens vegvesen, 2019a).

Fylke	Små nedbørsfelt F_k	Store nedbørsfelt F_k
Oslo og Akershus	1.3	1.3
Buskerud	1.4	1.3
Vest-Agder	1.3	1.2
Aust-Agder	1.3	1.2
Finnmark	1.3	1.2
Hordaland	1.4	1.4
Møre og Romsdal	1.4	1.4
Nord-Trøndelag	1.3	1.3
Nordland	1.4	1.4
Oppland	1.2	1.2
Hedmark	1.4	1.2
Rogaland	1.3	1.3
Sogn og Fjordane	1.4	1.4
Sør-Trøndelag	1.2	1.2
Telemark	1.2	1.2
Troms	1.3	1.3
Østfold	1.4	1.2
Vestfold	1.2	1.2

Figur 10: Klimafaktor F_k for fylker (Statens vegvesen, 2019a. Side 6).

Sikkerhetsfaktoren for usikkerheten ved hydrologiske beregninger, F_u , bestemmes ut ifra sikkerhetsklassen til vegen (V1, V2 og V3) eller bebyggelse (F1, F2 og F3), før man får en verdi for F_u ut ifra figur 11 (Statens vegvesen, 2018).

Sikkerhetsklasse	F _u
V1 eller F1*	1,0
V2 eller F2*	1,1
V3 eller F3*	1,2

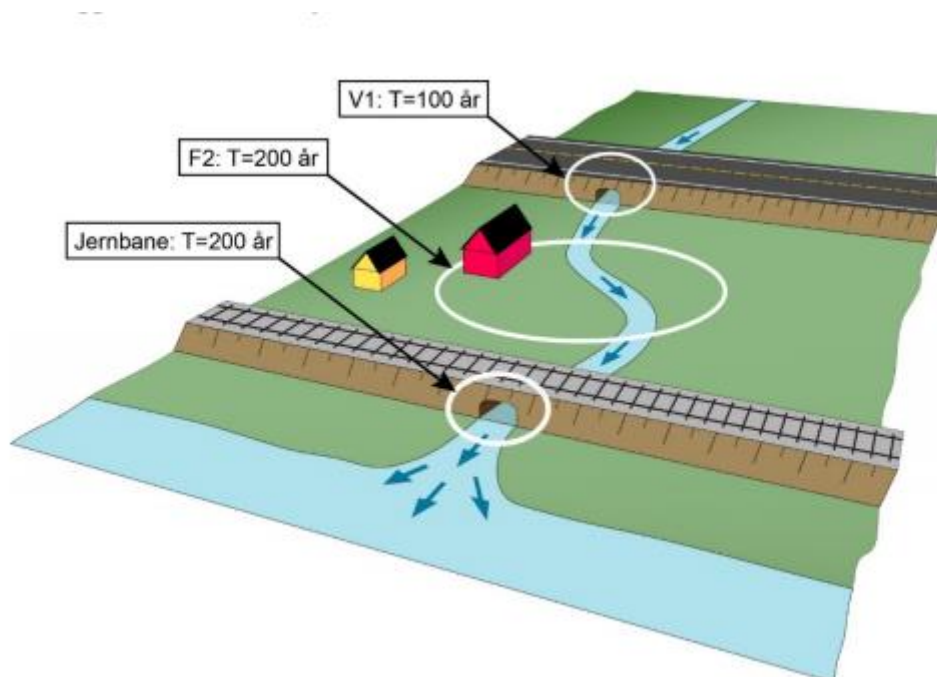
Figur 11: Sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger. Sikkerhetsklassene F1, F2 og F3 henviser til sikkerhetsklasse i Plan- og bygningsloven § 7 (Statens vegvesen, 2018. Side 89).

Hvor sikkerhetsklassene for veg er gitt ved figur 12:

Sikkerhets-klasse	ÅDT	Returperiode for flomhendelse			
		Med omkjøringsmulighet		Uten omkjøringsmulighet	
		Tverrdrenering	Langsgående drenering	Tverrdrenering	Langsgående drenering
V1	0 – 500	50 år	50 år	100 år	50 år
V2	500 – 4000	100 år	50 år	200 år	100 år
V3	> 4000	200 år	100 år	200 år	100 år

Figur 12: Sikkerhetsklasse for veg påvirket av flom (Statens vegvesen, 2018. Side 83).

Prinsippet for sikkerhetsklassene er illustrert i figur 13:



Figur 13: Bestemmelse av sårbare punkter langs vannvegen (Statens vegvesen, 2018. Side 82).

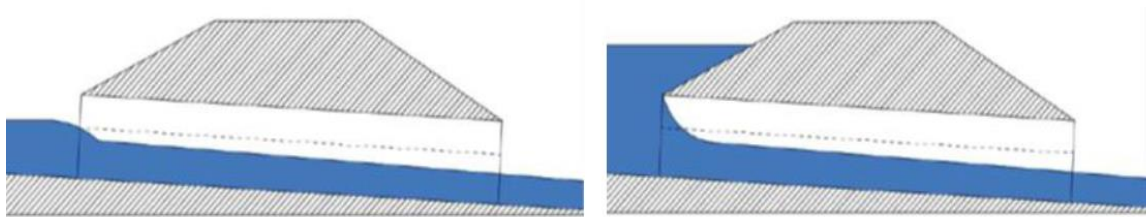
2.6 Dimensjonering av stikkrenner og kulverter

Ved dimensjonering av stikkrenner og kulverter, skilles det mellom to metoder som gir grunnlaget for videre dimensjonering:

- Innløpskontroll
- Utløpskontroll

Innløpskontroll vil si at selve gjennomløpet fører vannet mer effektivt enn hva innløpet klarer å føre inn. Her vil kritisk snitt befinne seg på oppstrømssiden. Da vil vannstanden stå over innløpet mens selve gjennomløpet kun eksempelvis går 80 prosent full. Innløpskontroll er vanlig for bratte og korte gjennomløp (Aurstad m.fl., 2016).

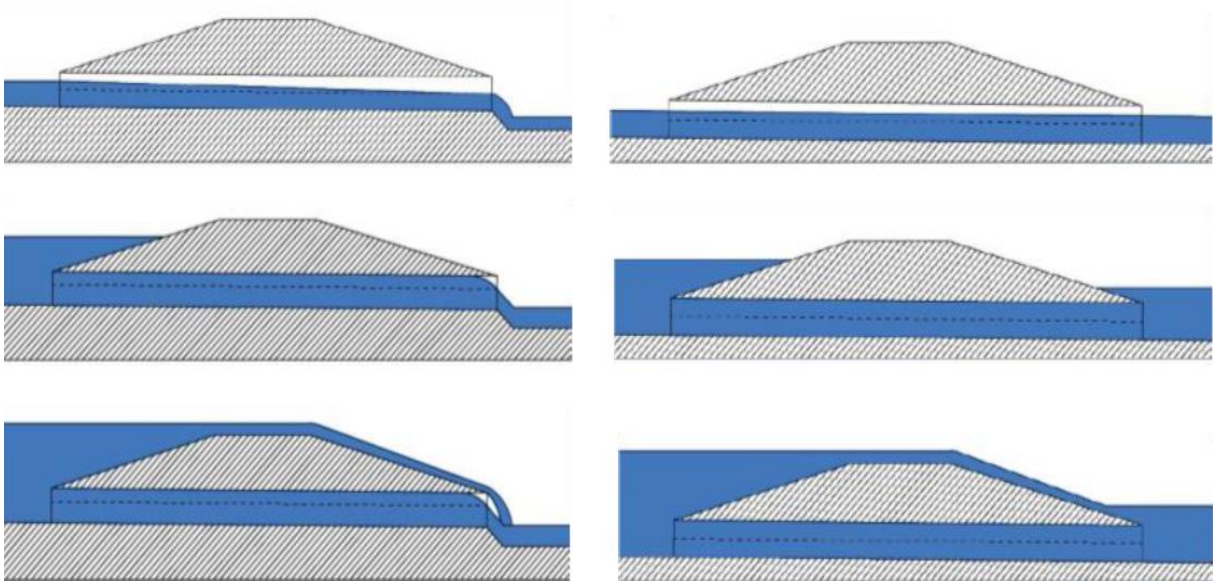
Figur 14 illustrerer to vanlige tilfeller av innløpskontroll, her ser vi at vannet hopper seg opp ved innløpet, mens gjennomføringsløpet ikke er fullt.



Figur 14: Innløpskontroll (Aurstad m.fl., 2016. Side 344)

Utløpskontroll er det motsatte av innløpskontroll, altså hvor gjennomløpet fører vann mindre effektivt enn innløpet. Her vil kritisk snitt befinne seg på nedstrømssiden, og vannhastigheten er ofte lav. Utløpskontroll er vanlig for lange gjennomløp med høy ruhet og lite fall, og spesielt der man har høy vannstand ved utløpet (Aurstad m.fl., 2016).

Figur 15 illustrerer seks vanlige situasjoner med utløpskontroll.



Figur 15: Vanlige strømnings situasjoner med utløpskontroll (Aurstad m.fl., 2016. Side 344).

2.6.1 HY-8

HY-8 er et program utviklet av United States Federal Highway Administration (FHWA), som er laget for å dimensjonere stikkrenner og kulverter (FHWA, 2018). Det kan også brukes til kapasitetsberegninger av eksisterende gjennomløp. Programmet er mest brukt i USA, og ser ikke ut til å være så utbredt i Norge. I denne oppgaven blir programmet benyttet til å dimensjonere stikkrenner og kulverter.

HY-8 tar hensyn til svært mange faktorer som spiller inn på kapasiteten og vannhastigheten. Dette er faktorer som bredden, helningen og ruheten til elvebunnen. Samt fallet, ruheten og utformingen på innløpet til gjennomløpet. Her kan man også enkelt velge mellom forskjellige innløpsutforminger og se hvordan kapasiteten til gjennomløpet endrer seg som følge av dette. Ruheten til vassdraget og gjennomløpet er gitt ved Mannings tall. Mannings tall, som er mest relevant for denne oppgaven, er vist i tabell 4.

Tabell 4:

Verdier for Mannings tall (Vassdragshåndboka, 1998).

Overflatetype	Mannings tall, M
Betong	70–90
Plast	100–120
Naturlig bekk og elv	5–40
Asfaltert dekke	60–75
Ujevn steinkledning	25–30

2.7 Valg av metode

Ved valg av metode for flomberegning er det viktig å gjøre en vurdering av feltet, slik at man kan konkludere med hvilke metoder som passer best. I våre felt er det ingen målestasjoner i vassdragene. Derfor må et sammenlignbart felt i nærheten brukes som grunnlag for å kunne danne et bilde av vannmengdene i feltene i denne oppgaven (se kap. 2.2.2). Videre bør man sammenligne arealet med begrensningene på de forskjellige metodene, slik at man kan utelukke ytterligere metoder. Som vist i tabell 6 er to felt, 002.H3AZ og 002.H3AZB for små for Statens vegvesens håndbok N200 Vegbygging (2018) sine anbefalinger til PQRUT-modellen, mens felt 002.H3B er for stort for den rasjonelle metoden. Vi ønsker likevel å gjøre flomberegninger med disse metodene for å kunne sammenligne resultatene, og komme med videre anbefalinger. Metoden «Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt», beskrevet i kapittel 2.3 er ikke nevnt i Statens vegvesens håndbok N200. Denne metoden er den enkleste overslagsmetoden ettersom den er automatisk generert via tjenesten NEVINA, nevnt i kapittel 1.6.4. Formlene til metoden baserer seg kun på nedbørfeltets normalavrenning, areal og effektiv innsjøprosent. Dette gjør usikkerheten knyttet til denne stor, men i små, umålte felt er det et raskt verktøy å bruke til å sammenligne videre beregninger med.

2.7.1 Bestemmelse av returperiode

Ved bestemmelsene i figur 12, og ved å hente årsdøgntrafikk (ÅDT) fra NVDB kan man finne returperiode som det skal dimensjoneres for. Felt 002.H5 ligger på en strekning med ÅDT på 1000, mens de andre feltene har en ÅDT på 250. Derfor skal felt 002.H5 dimensjoneres med en returperiode på 100 år, mens de ytterlige feltene skal dimensjoneres med en returperiode på

50 år. Vi ønsker likevel å gjøre flomberegninger med 50-, 100- og 200-års returperiode for alle felt slik at vi kan sammenligne resultatene og komme med videre anbefalinger.

3 Resultat

Resultatene er basert på teoretisk grunnlag, hvor vi først ser på alle stikkrenner og kulverter i studieområdet og sjekker dette opp mot Statens vegvesens egne krav i håndbok N200 (2018). Et bidrag fra snøsmelting blir også vurdert i dette kapitlet før beregningene begynner. Videre blir vannmengden beregnet ved hjelp av flomfrekvensanalyse, nasjonalt formelverk for små nedbørfelt, den rasjonelle metode og PQRUT metoden. Dette danner grunnlaget for å kunne evaluere dimensjonen på gjennomløpene som leder elver og bekker gjennom vegen i dag, og hvilken dimensjon som er tilstrekkelig.

3.1 Dimensjon på eksisterende stikkrenner

Studieområdet har totalt 39 stikkrenner og én kulvert på tvers av vegen. Fordelingen er som vist i tabell 5.

Tabell 5:

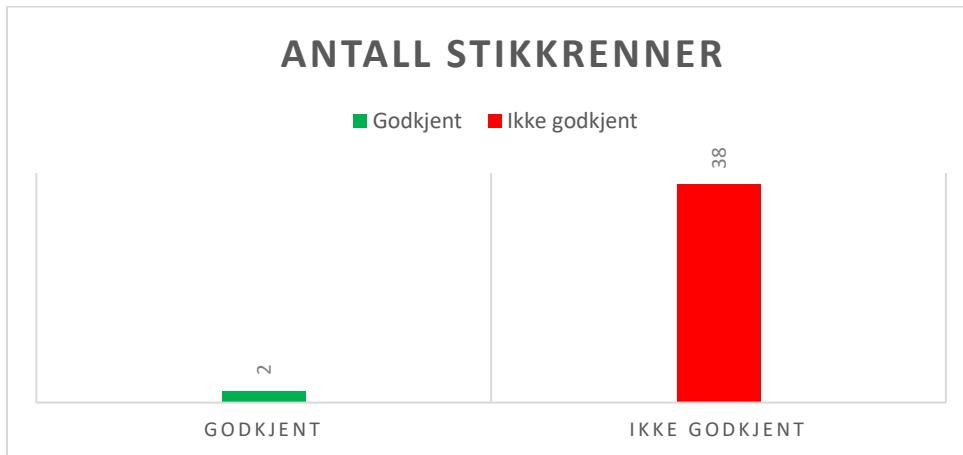
Stikkrenner og kulverter på tvers av vegen i studieområdet (hentet fra NVDB).

Stikkrenner og kulverter på tvers av vegen				
Dimensjon i millimeter, diameter / b x h	Antall gjennomløp	Plast	Betong	Kulvert av betong
200	3	1	2	
250	7	5	2	
300	16	8	8	
400	5	3	2	
500	6	5	1	
600	1	0	1	
2300x1800	1	0	0	1

Fra figur 6 er det oppgitt minimumsdimensjoner for gjennomløp. På tvers av vegen skal stikkrenner ha en minimumsdiameter på 600 millimeter. I dette tilfelle er det kun 2 av 40

stikkrenner/kulverter som tilfredsstillt kravet i Statens vegvesens håndbok N200 (2018), det vil si stikkrennen med diameter 600 millimeter og kulverten på 2300 x 1800 millimeter.

Kun 5 prosent har stor nok dimensjon til å opprettholde minimumskravet i Statens vegvesens håndbok N200 (2018).

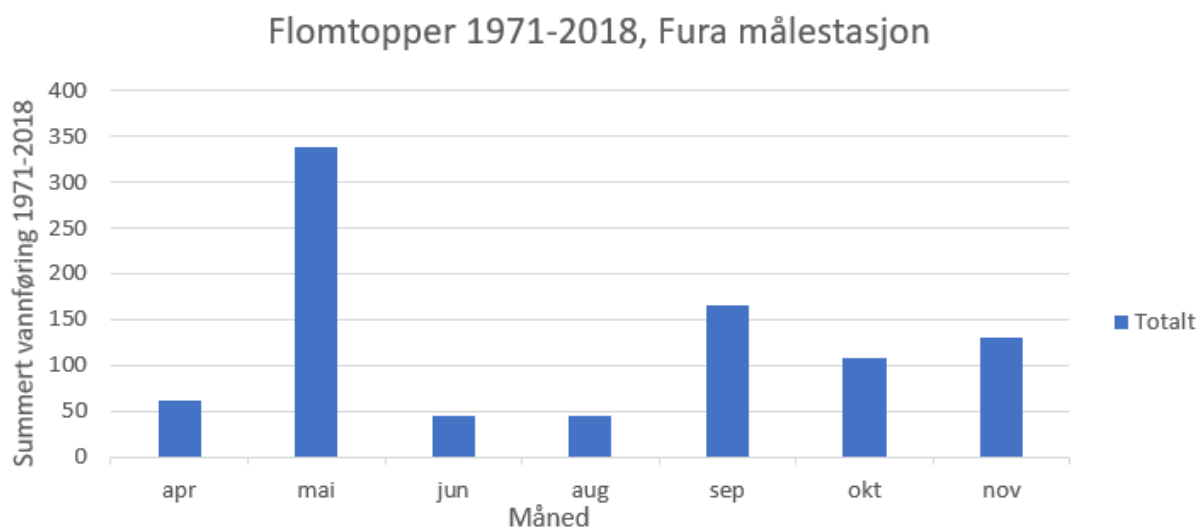


Figur 16: Antall godkjente/ikke godkjente stikkrenner og kulverter i henhold til kravet om dimensjon i Statens vegvesens håndbok N200 Vegbygging.

3.2 Snøsmelting

Før beregningene begynner bør man vurdere om et bidrag fra snøsmelting skal være med eller ikke, og eventuelt finne dette bidraget.

For å finne måneden med størst vannmengde blir det her brukt data fra en nærliggende målestasjon (Fura, se kap 2.2.2) for å danne et bilde av når på året vannmengdene kommer. Se figur 17 for summerte vannmengder fra 1971 til 2018. Data baserer seg på findata som er plukket ut for Fura målestasjon, vist i vedlegg E.



Figur 17: Total vannføring per måned for målestasjon Fura, perioden 1971-2018.

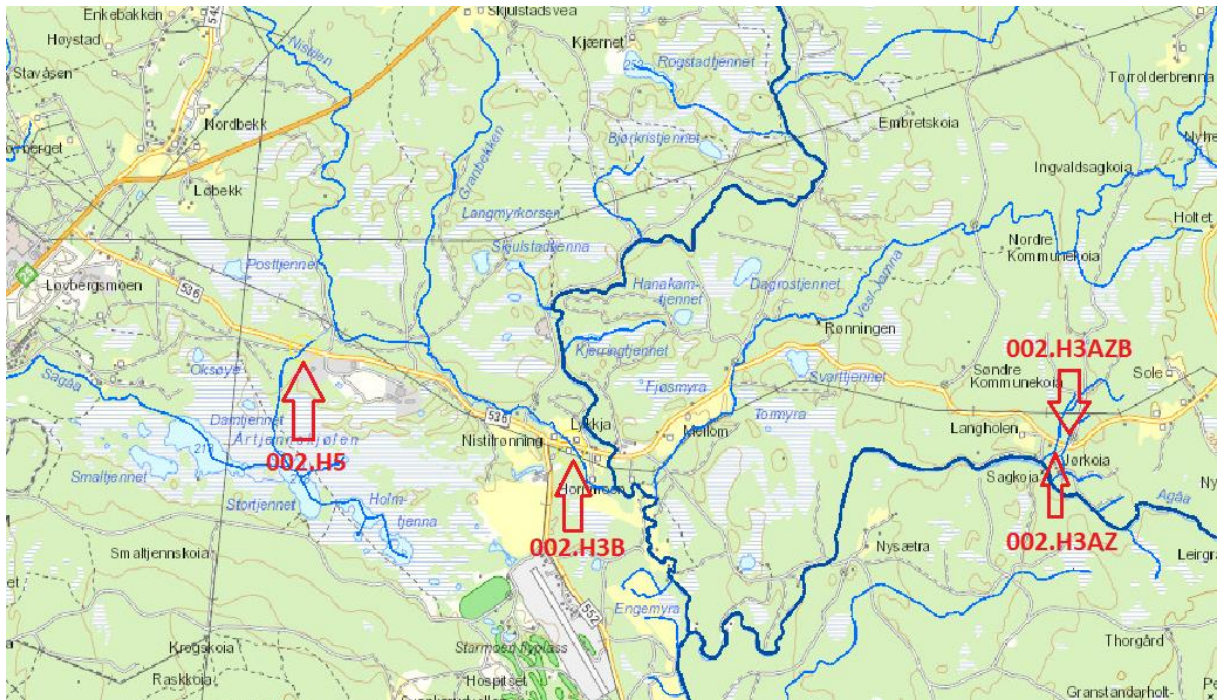
Det er tydelig at den mest flomskapende måneden er mai, og det er nå viktig å finne ut om flommen skyldes regn, snøsmelting eller en kombinasjon av disse to.

Fra vedlegg E, er det en gjenganger at de fleste flommene oppstår i mai, derfor vil denne måneden bli lagt til grunn i kartet for snødybde (se kap. 2.1). Det viser seg at snøsmelting har et lite bidrag til vårflommen. Spesielt fra år 2000 er det tilnærmet barmark hvert år i denne måneden. Den største flommen som er målt på Fura målestasjon siden 1971 er på 38,51 m³/s som inntraff 23. mai 2016. På denne datoen og hele mai måned er det også ifølge www.senorge.no barmark.

Siden området har vært tilnærmet snøfritt i mai siden 1995, og den største målte flommen sannsynligvis hadde et mindre bidrag fra snøsmelting, konkluderes det med at snøsmelting ikke skal legges til som et bidrag i beregningene. Ettersom de fleste flommene opptrer i mai, vist i figur 17, antas det at det skyldes at grunnen er mettet med vann og kan være frosset. Noe som vil gi raskere avrenning av nedbør (Midttømme, m.fl., 2011).

3.3 Flomberegninger

I studieområdet er det tre stikkrenner og én kulvert, vist i figur 18, som leder elver/bekker gjennom vegen. Disse anses som de mest kritiske med hensyn på flom og overvann. I disse vassdragene er det foretatt flomberegninger for å finne nødvendig dimensjon på gjennomløpet.



Figur 18: Oversiktsbilde over stikkrenner med gjennomløp for elv/bekk (Hentet fra NEVINA.nve.no).

Feltparametere for Fura og de forskjellige nedbørsfeltene er vist i tabell 6.

Tabell 6:

Feltparametere til nedbørsfeltene som renner gjennom fv. 536 med stikkrenne/kulvert (hentet fra NEVINA.nve.no og NVDB).

Feltparameter	Fura¹	002.H5	002.H3B	002.H3AZ	002.H3AZB
Areal på nedbørsfelt, A (km ²)	36,4	1,63	21,09	0,52	0,17
Middelvanntføring, q _N (l/s·km ²)	11,6	9,1	10,6	9,9	9,4
Feltlengde, F _L (km)	10,02	3,1	8,7	1,7	0,8
Laveste punkt i feltet, H _{min} (moh)	349	224	212	266	266
Høyeste punkt i feltet, H _{max} (moh)	758	302	496	371	300
Effektiv sjøprosent, A _{SE} (%)	0,06	0,1	0	0	0
Andel sjø (%)	0,1	1,1	0,2	0	0
Andel skog (%)	79,5	68,9	74,6	88,5	100
Andel myr (%)	14,9	20,6	5,2	0	0
Andel dyrket mark (%)	1,6	7,5	18,2	0	0
Andel urban (%)	0,2	0	0,5	0	0
Dimensjon gjennomløp (mm/bxh)		500	2300x1800	600	400

¹ Benyttes til flomfrekvensanalyse se kap. 2.2.2

3.3.1 Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt

Dette er en digital metode hvor NEVINA anslår en vannmengde for nedbørsfeltet. Metoden er nærmere beskrevet i kap. 2.3.

Vannføringen har et øvre og nedre konfidensintervall, samt en median og er oppført slik: 95 prosent nedre grense – median – 95 prosent øvre grense. Flomverdiene er beskrevet grafisk for alle feltene i vedlegg B. I tabell 7 er 50-, 100- og 200-års flommen beskrevet.

Tabell 7:

Resultat av flomberegning med nasjonalt formelverk for små nedbørfelt for returperiode 50-, 100- og 200 år. Alle verdier er uten klimafaktor og faktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger.

Felt	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)
002.H5	0,5 – 1 – 2	0,6 – 1,2 – 2,4	0,7 – 1,4 – 2,8
002.H3B	5,8 – 11,3 – 22,1	6,6 – 13,2 – 26,3	7,6 – 15,2 – 30,5
002.H3AZ	0,2 – 0,4 – 0,9	0,3 – 0,5 – 1,0	0,3 – 0,6 – 1,2
002.H3AZB	0,1 – 0,2 – 0,3	0,1 – 0,2 – 0,4	0,1 – 0,2 – 0,4

Resultatet fra denne metoden gir grunnlaget for videre sammenligning med andre metoder. Selv om det er stor usikkerhet knyttet til denne metoden gir den et grunnlag for hva man bør forvente at videre resultater fra flomberegningsmetoder bør ligge i mellom.

3.3.2 Flomberegning med den rasjonelle metoden

Den rasjonelle metoden er nærmere beskrevet i kapittel 2.4.1. Metoden er den enkleste beregningsmetoden for dimensjonerende vannføring, og gir oss et raskt overslag. For å bestemme dimensjonerende nedbørintensitet (i) benyttes IVF-kurve fra målestasjon Hamar (figur 19). Hamar ligger omtrent 30 kilometer unna studieområdet, og har gode måleserier som strekker seg tilbake til 1968.

Returperioder(år); Nedbørintensitet i liter pr. sekund pr. hektar(10 000m ²) (l/s*ha)																
12290 HAMAR II																
Periode: 1968 - 2017																
Antall sesonger: 45																
År	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
2	256,0	223,8	197,0	162,4	115,3	86,9	71,3	52,3	39,2	31,7	22,6	18,4	14,0	9,1	6,1	3,9
5	327,8	289,5	258,2	212,8	152,9	117,7	96,2	70,5	51,7	41,7	29,1	23,3	17,7	11,5	7,9	4,9
10	375,2	332,9	298,7	246,1	177,8	138,1	112,7	82,5	60,0	48,4	33,4	26,6	20,0	13,0	9,0	5,6
20	420,8	374,6	337,6	278,1	201,7	157,6	128,6	94,1	67,9	54,7	37,5	29,7	22,3	14,5	10,1	6,3
25	435,3	387,8	349,9	288,2	209,3	163,8	133,6	97,8	70,4	56,8	38,8	30,7	23,1	14,9	10,4	6,5
50	479,8	428,5	387,9	319,5	232,6	182,9	149,1	109,1	78,2	63,0	42,8	33,8	25,3	16,4	11,5	7,2
100	524,0	469,0	425,6	350,5	255,8	201,9	164,4	120,3	85,9	69,2	46,8	36,8	27,5	17,8	12,6	7,9
200	568,1	509,3	463,2	381,5	278,9	220,8	179,7	131,5	93,6	75,3	50,8	39,9	29,8	19,2	13,6	8,5

Figur 19: IVF-tabell i liter pr. sekund pr. hektar for målestasjon Hamar II (hentet fra eklime.met.no).

Ut ifra figur 19 velges det en dimensjonerende nedbør basert på konsentrasjonstid, og det interpoleres for å få en eksakt verdi for nedbørintensiteten.

Tabell 8:

Inndata for flomberegning med den rasjonelle metoden for 50-, 100- og 200-årsflom. L er feltlengde, H er høydeforskjell, A_{SE} er effektiv sjøprosent, t_c er konsentrasjonstiden og i er dimensjonerende nedbørintensitet for de forskjellige returperiodene.

Felt	Areal (km ²)	L (m)	H (m)	A_{SE} (%)	T_c (min)	i_{50} (l/s·ha)	i_{100} (l/s·ha)	i_{200} (l/s·ha)	C_{50}	C_{100}	C_{200}
002.H5	1,63	3100	78	0,011	244	22,2	24,1	26,1	0,56	0,58	0,61
002.H3B	21,09	8700	284	0	310	18,9	20,5	22,2	0,57	0,59	0,62
002.H3AZ	0,52	1700	105	0	100	39,9	43,6	47,3	0,35	0,37	0,38
002.H3AZB	0,17	800	34	0	82	48,0	52,5	57,1	0,36	0,38	0,39

Tabell 9:

Resultat av flomberegning med den rasjonelle metoden. Alle verdier er uten klimafaktor og faktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger.

Felt	Q_{50} (m ³ /s)	Q_{100} (m ³ /s)	Q_{200} (m ³ /s)
002.H5	2,03	2,28	2,60
002.H3B	22,72	25,51	29,03
002.H3AZ	0,54	0,84	0,93
002.H3AZB	0,29	0,34	0,38

Fra resultatene ser man at flomverdiene ved bruk av den rasjonelle metode ligger stort sett innenfor verdiene fra tabell 7. De fleste verdiene ligger høyt opp mot det øvre 95 prosent intervallet.

3.3.3 Flomberegning med PQRUT-modellen

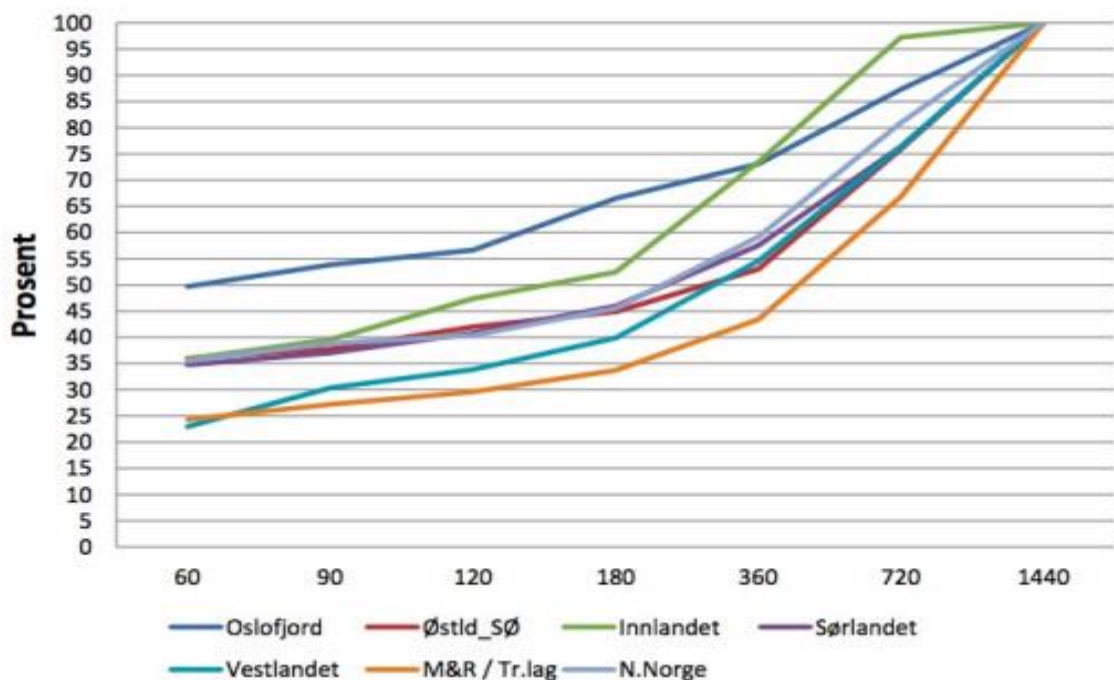
Ved bruk av den digitale PQRUT-modellen til NVE får man tømmekonstantene K_1 , K_2 og terskelverdien T (nærmere beskrevet i kapittel 2.4.2) automatisk ved input av feltparametere.

En bør allikevel være kritisk til disse verdiene, og Andersen m.fl. (1983) kommer med flere retningslinjer til disse tømmekonstantene og terskelverdien:

- Når effektiv sjøprosent er i området 10–15 % reduseres K1 med 25 %
- Når effektiv sjøprosent er større enn 15 % reduseres K1 med 50 %
- Verdien for K1 skal ikke være under 0,005
- Hvis andelen myr/bart fjell i området er 20–40 %, økes K1 med 0.04–0.05
- Hvis andelen myr/bart fjell i området er større enn 40 % økes K1 med 0.08–0.1
- Hvis K2 er svært liten (0.005–0.015) anbefales det å sette $K2 = 0,5 \cdot K1$

Videre er initialvannføringen satt til tre ganger normalvannføringen, og metningsgraden til 100 % (Stenius, m.fl., 2015).

Når man skal benytte seg av PQRUT-modellen må man bestemme et nedbørforløp. Dette kan gjøres ut ifra IVF-tabeller, vist i figur 19, og det anbefales en symmetrisk fordeling rundt høyeste nedbørintensitet dersom kritisk varighet er mindre eller lik to døgn (Midttømme, m.fl., 2011). Som vist i tabell 8 er vår høyeste konsentrasjonstid på 5 timer. Det er derfor valgt å simulere et døgn med høyeste nedbørintensitet i 12. time. Nedbørforløpet for de forskjellige returperiodene er vist i figur 21, og tar utgangspunkt i figur 19 og 20. Resultatet til flomberegningen er vist i tabell 10, og time for time er vist i vedlegg D.



Figur 20: Nedbør ved ulik varighet i prosent av nedbør ved et døgn (Stenius, m.fl., 2015. Side 63).

Time	Returperiode		
	50 år	100 år	200 år
1	0,47	0,50	1
2	0,93	1,00	1,18
3	1,36	1,52	1,55
4	1,60	1,71	1,74
5	1,73	1,85	1,9
6	1,92	2,07	2,09
7	2,07	2,21	2,23
8	2,19	2,32	2,39
9	2,31	2,41	2,57
10	2,42	2,58	2,9
11	2,75	3,53	3,6
12	22,7	24,90	27,1
13	2,75	3,53	3,6
14	2,42	2,58	2,9
15	2,31	2,41	2,57
16	2,19	2,32	2,39
17	2,07	2,21	2,23
18	1,92	2,07	2,09
19	1,73	1,85	1,9
20	1,6	1,71	1,74
21	1,36	1,52	1,55
22	0,93	1,00	1,18
23	0,47	0,50	1
SUM	62,2	68,30	73,4

Figur 21: Nedbørforløp til målestasjon Hamar. Verdier i millimeter.

Tabell 10:

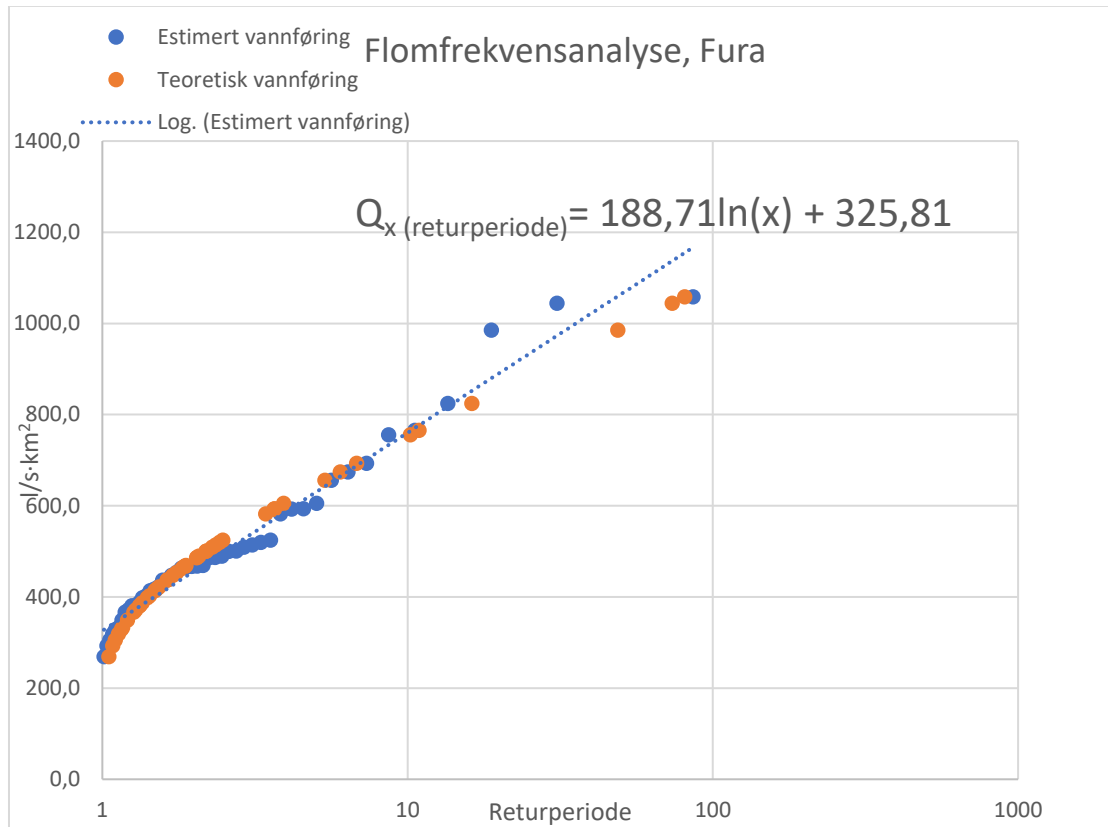
Resultat av flomberegning ved PQRUT metoden. Alle verdier er uten klimafaktor og faktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger.

Felt	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)
002.H5	1,46	1,64	1,78
002.H3B	24,47	27,24	29,35
002.H3AZ	0,68	0,75	0,81
002.H3AZB	0,22	0,24	0,26

Sammenlignet med resultatene i tabell 7 så ligger verdiene innenfor konfidensintervallet. Sammenlignet med resultatet ved bruk av den rasjonelle metoden i tabell 9, ser vi at verdiene for de små feltene ligger noe under. Det store feltet, felt 002.H3B gir et veldig likt resultat, til tross for at feltet er over ti ganger større enn det Statens vegvesens håndbok N200 (2018) retningslinjer til den rasjonelle metoden anbefaler.

3.3.4 Flomfrekvensanalyse

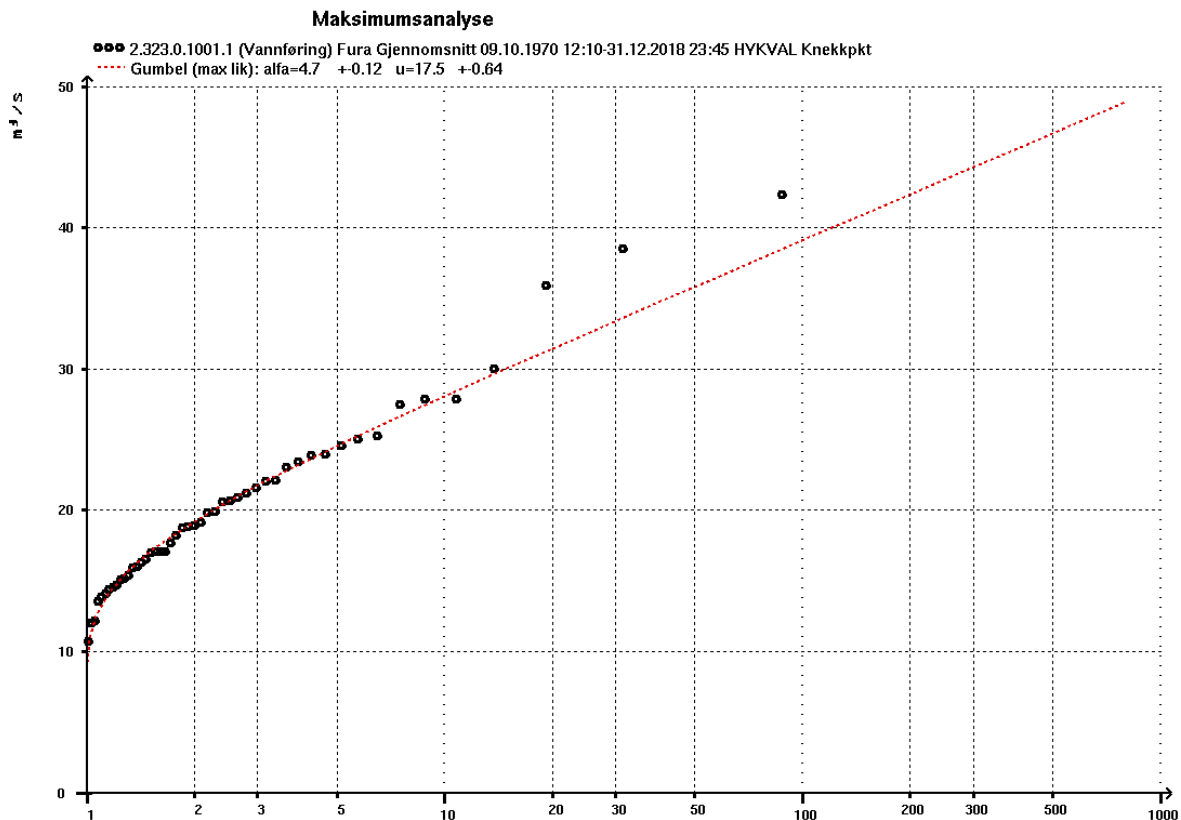
Det er utført en flomfrekvensanalyse av elven Fura med data om flomtopper fra 1971–2018 tilsendt fra NVE. Resultatet er vist i figur 22.



Figur 22: Flomfrekvensanalyse av Fura utført i Excel.

Her er Gumbel-metoden brukt for å estimere en vannføring for Fura. En 50-års flom ligger på 38,7 m³/s.

For å sikre god reliabilitet er data for flomtopper kontrollert med registrerte flomtopper i HYDRA II. For å sikre god validitet er det utført flomfrekvensanalyse i HYDRA II på samme felt, se resultatet på figur 23.



Figur 23: Flomfrekvensanalyse i HYDRA II.

Fra figur 23 leses det ut en omtrentlig vannføring på 37 – 38 m³/s med en returperiode på 50 år. Det vil si at vi kan med stor sikkerhet si at vi har god reliabilitet i metoden for beregning av Gumbelfordelingen.

Det er viktig å merke seg at figur 23 har en Y-akse som viser l/s · km² og figur 22 viser m³/s. Det har blitt valgt å bruke l/s · km² for å enkelt kunne bruke disse data til å utføre en flomfrekvensanalyse av våre felt.

Fra tabell 6 kan vi sammenligne feltparametere fra andre felt. Med Fura som grunnlag er det felt 002.H3B som har de beste feltparametere for å kunne sammenligne med, på grunn av størrelsen på feltet. Ifølge NVE er det viktig å legge mest vekt på areal, effektiv sjøprosent, middelvannføring samt geografisk plassering (Stenius, m.fl., 2015).

Tabell 11:

Lokal flomfrekvensanalyse, Fura.

Resultat av lokal flomfrekvensanalyse, Fura			
Felt	Q ₅₀ (l/s · km ²)	Q ₁₀₀ (l/s · km ²)	Q ₂₀₀ (l/s · km ²)
Fura	1064,05	1194,85	1325,66

Verdiene fra tabell 11 blir ganget med arealet for det spesifikke feltet for å finne vannføringen, som vist i tabell 12.

Tabell 12:

Flomfrekvensanalyse av alle felt.

Flomfrekvensanalyse					
Felt/vassdrag	Areal (km ²)	Helning (%)	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)
Fura	36,4	4,1	38,7	43,5	48,3
002.H5	1,6	2,52	1,7	1,9	2,1
002.H3B	21,1	3,26	22,5	25,2	28,0
002.H3AZ	0,5	6,18	0,53	0,60	0,66
002.H3AZB	0,2	4,25	0,21	0,24	0,27

3.3.5 Sammenligning av resultat

Tabell 13:

Sammenligning av resultat av flomberegninger med 50-års returperiode. Alle verdier er uten klimafaktor og faktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger.

Felt	Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt (m ³ /s) Q ₅₀	Rasjonelle metoden (m ³ /s) Q ₅₀	PQRUT metoden (m ³ /s) Q ₅₀	Flomfrekvens- analyse (m ³ /s) Q ₅₀
002.H5	0,5 – 2	2,03	1,46	1,7
002.H3B	5,8 – 22,1	22,72	24,47	22,50
002.H3AZ	0,2 – 0,9	0,54	0,68	0,53
002.H3AZB	0,1 – 0,3	0,29	0,22	0,21

Tabell 14:

Sammenligning av resultat av flomberegninger med 100-års returperiode. Alle verdier er uten klimafaktor og faktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger.

Felt	Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt (m³/s) Q₁₀₀	Rasjonelle metoden (m³/s) Q₁₀₀	PQRUT metoden (m³/s) Q₁₀₀	Flomfrekvens- analyse (m³/s) Q₁₀₀
002.H5	0,6 – 2,4	2,28	1,64	1,9
002.H3B	6,6 – 26,3	25,51	27,24	25,20
002.H3AZ	0,3 – 1,0	0,84	0,75	0,60
002.H3AZB	0,1 – 0,4	0,34	0,24	0,24

Tabell 15:

Sammenligning av resultat av flomberegninger med 200-års returperiode. Alle verdier er uten klimafaktor og faktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger.

Felt	Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt (m³/s) Q₂₀₀	Rasjonelle metoden (m³/s) Q₂₀₀	PQRUT metoden (m³/s) Q₂₀₀	Flomfrekvens- analyse (m³/s) Q₂₀₀
002.H5	0,7 – 2,8	2,60	1,78	2,1
002.H3B	7,6 – 30,5	29,03	29,35	28,00
002.H3AZ	0,3 – 1,2	0,93	0,81	0,66
002.H3AZB	0,1 – 0,4	0,38	0,26	0,27

Sammenligningen viser at alle resultatene ligger i nærheten av hverandre. En større forskjell sees mellom den rasjonelle metoden og PQRUT-metoden for alle returperiodene til felt 002.H5, og den største forskjellen ser vi med 200-års returperiode, hvor differansen mellom de to metodene er på 46 prosent. Det er derfor grunnlag til å tro at den rasjonelle metoden for dette feltet ligger litt før høyt, mens PQRUT-metoden ligger litt for lavt.

3.3.6 Dimensjonerende vannføring

For å fastsette en dimensjonerende vannføring for hvert felt er det valgt å se bort ifra resultatene fra metoden «Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt», ettersom dette er metoden

som ses på som mest usikker. Videre er det også valgt å se bort ifra arealbegrensingene til de forskjellige flomberegningemetodene i Statens vegvesens håndbok N200 (2018), ettersom alle resultatene med de forskjellige metodene ligger i nærheten av hverandre. Basert på resultatene mistenkes det at den rasjonelle metoden overestimerer vannføringen noe. Dimensjonerende vannføring blir derfor bestemt ut ifra et snitt av den rasjonelle metoden, PQRUT-metoden og flomfrekvensanalysen med lik vekting på alle metoder.

Videre tas det med klimafaktor, F_k , og faktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger, F_u , for å bestemme dimensjonerende vannføring. Disse faktorene er nærmere beskrevet i kapittel 2.5. Bestemmelse av dimensjonerende returperiode kommer frem i kapittel 2.7.1.

Tabell 16:

Vannføring som snitt av resultatene ved flomberegning med 50-års returperiode, og dimensjonerende vannføring inklusiv klimafaktor og faktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger.

Felt	Vannføring, Q_{50} (m^3/s)	Klimafaktor, F_k	Faktor for usikkerhet, F_u	Dimensjonerende vannføring, $Q_{dim,50}$ (m^3/s)
002.H3B	23,23	1,2	1,0	27,88
002.H3AZ	0,58	1,4	1,0	0,81
002.H3AZB	0,24	1,4	1,0	0,34

Tabell 17:

Vannføring som snitt av resultatene ved flomberegning med 100-års returperiode, og dimensjonerende vannføring inklusiv klimafaktor og faktor for usikkerhet ved hydrologiske beregninger.

Felt	Vannføring, Q_{100} (m^3/s)	Klimafaktor, F_k	Faktor for usikkerhet, F_u	Dimensjonerende vannføring, $Q_{dim,100}$ (m^3/s)
002.H5	1,94	1,4	1,1	2,99

3.4 Dimensjonering av stikkrenner og kulverter

3.4.1 Dimensjonering ved bruk av tabell

Bruk av tabeller for å dimensjonere gjennomløp er en mye brukt metode. Det er en rask og enkel metode som bestemmer dimensjonen på gjennomløpet ut ifra utformingen på innløpet. Denne tabellen har sine begrensinger da det kommer til vannføring, og kan derfor ikke brukes for det største feltet med den høyeste vannføringen (felt 002.H3B). Metoden er basert på innløpskontroll og er vist i figur 24.

Tabell 9.3 Hydraulisk kapasitet (l/s) for rørkulvert med innløpskontroll ved $y_1/D = 1,0$

Innløps- type	Diameter innvendig (mm)								
	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600
«A»	67	135	232	361	726	1240	1940	2820	3890
«B»	65	132	228	357	723	1250	1950	2850	3950
«C»	57	117	204	320	652	1130	1780	2600	3630
«D»	72	145	252	395	803	1390	2180	3190	4430
«E»	69	140	242	379	771	1330	2090	3060	4260
«F»	65	133	231	363	740	1280	2020	2960	4120
«G»	65	133	234	363	742	1290	2030	2970	4150

Innløpstyper, se figur 9.6:
«A» Frontmur, ca vinkelrett på rørets lengdeakse, rett rør.
«B» Innløpet formet etter helning på grøfteskråningen.
«C» Utstikkende rørende.
«D» Rett avkortet kjegle med helning 1:1,5, se også tabell 9.4.
«E» Tilsvarende «A», men med mufteenden innstøpt i frontmur
«F» Tilsvarende «C», men med utstikkende mufteende
«G» Tilsvarende «A», men med 45° vingemur

Figur 24: Hydraulisk kapasitet (l/s) for gjennomløp med innløpskontroll (Sæterbø, m.fl., 1998. Side 330).

Ettersom alle de eksisterende stikkrennene har utstikkende rørende (innløpstype C) vil samme type bli brukt til ny dimensjonering. Resultatet er vist i tabell 18. Vannføringen som er brukt er hentet fra tabell 17 for felt 002.H5 og tabell 16 for felt 002.H3AZ og 002.H3AZB.

Tabell 18:

Bestemmelse av tilstrekkelig dimensjon for stikkrenner ved bruk av kapasitetstabell.

Felt	Eksisterende diameter (mm)	Tilstrekkelig diameter (mm)	Økning i prosent (%)
002.H5	500	1600	220
002.H3AZ	600	1000	66,67
002.H3AZB	400	800	100

3.4.2 Dimensjonering av nye gjennomløp ved bruk av HY-8

Stikkrenner og kulverter er dimensjonert med det digitale programmet HY-8. Dette programmet er nærmere beskrevet i kapittel 2.6.1. Resultatene er vist i tabell 19, inndataene og grafisk fremstilling er vist i vedlegg F. Følgende bestemmelser er lagt til grunn for dimensjoneringen:

- Materialet er betong.
- Mannings tall (ruheten) er satt til 80 som er anbefalt i programmet HY-8 og vist i tabell 4.
- Fallet på gjennomløpet er 10 ‰ (1:100).
- Det antas gjentetting av stikkrennen, en tredjedel av høyden i henhold til krav (Statens vegvesen, 2018. Side 92). Dette gjelder ikke for kulverten da vi antar at vannmengden og hastigheten er så høy at denne vil være selvrensende.
- Vandybden ved innløpet skal ikke være høyere enn høyden på innløpet.
- Innløpet er utformet med utstikkende rørende, kulverten er utformet med vingemur.
- Kun standarddimensjoner for nye stikkrenner og kulverter er brukt.

Tabell 19:

Dimensjonering av stikkrenner og kulvert ved bruk av HY-8.

Felt	Eksisterende dimensjon (mm/bxh)	Tilstrekkelig dimensjon (mm/bxh)	Økning i prosent (%)
002.H5	500	2000	300
002.H3B¹	2300x1800	5500x2200	192
002.H3AZ	600	1200	100
002.H3AZB	400	800	100

¹Dimensjonen på kulverten tilsvare etter definisjon en bru. Egne beregninger bør derfor gjøres.

Sammenlignet med tabell 18 ser vi at dimensjonene beregnet med HY-8 gir en høyere dimensjon for alle felt bortsett fra 002.H3AZB hvor den gir lik. Det kan tenkes at når det dimensjoneres ut fra tabell tas det ikke hensyn til gjentetting av gjennomløpet i en tredjedel av høyden.

4 Diskusjon

I denne oppgaven har det blitt beregnet nødvendig dimensjon for å kunne føre vannet uproblematisk igjennom vegkonstruksjonen, noe som nødvendigvis ikke er riktig å gjøre på en fylkesveg med lav trafikkmengde. En vurdering og en kostnad-nytte-analyse er nødvendig å gjøre før eventuell utskiftning av gjennomløp. En fylkesveg har nesten alltid muligheter for omkjøring, og ved stenging vil det hindre få trafikanter i forhold til om en riksveg eller en europaveg blir stengt grunnet flom. Det er viktig å merke seg at Statens vegvesens håndbok N200 (2018) ikke har tilbakevirkende kraft, og at fv. 536 antageligvis er en veg som ble etablert tidlig i etterkrigstiden. Hadde disse beregningene vært for en ny veg, så måtte dimensjonene ha vært slik som beregnet i denne oppgaven. Beregningene vil allikevel kunne si noe om kapasitetsbegrensningene til drens-systemet som ligger der i dag, og at vi kan forvente å få flere problemer grunnet overvann i fremtiden.

Ved slike oppgraderinger på en gammel fylkesveg er det ofte hva som er fysisk mulig å få til på stedet som legges til grunn. Vi mener allikevel at beregninger bør gjøres for å kunne mene noe om det er tilstrekkelig eller ikke, da slike overslagsberegninger ikke trenger å være kompliserte og tidkrevende. Dette kan medføre at samfunnet slipper ekstra kostander ved overdimensjonering, eller at utførselen av gjennomløpet må endres dersom det viser seg at dimensjonen ikke er tilstrekkelig.

4.1 Flomberegninger

Alle flomberegningene i oppgaven ga tilnærmet like resultater. Dette til tross for at flere retningslinjer knyttet til arealbegrensningene for de forskjellige metodene ble sett bort ifra. Den rasjonelle metode skal ifølge Statens vegvesens håndbok N200 (2018) brukes for felt med areal opp til 2 km^2 , og ifølge NVE sin vassdragshåndbok (1998) for felt med areal $0,2\text{--}0,5 \text{ km}^2$. I våre beregninger ser vi den minste forskjellen mellom den rasjonelle metoden og de andre flomberegningsmetodene i det største feltet, selv om dette feltet er over ti ganger større enn hva retningslinjene for den rasjonelle metoden til Statens vegvesen sier. Selv ved høye returperioder (100 og 200 år) ser vi svært liten forskjell, til tross for at det med høyere returperiode følger høyere usikkerhet (Stenius m.fl., 2015). Vi ser klare tendenser til at den

rasjonelle metoden overestimerer vannføringen ved de mindre feltene, som oppfyller kravene til bruk av metoden. I Stenius m.fl., (2015) ble den rasjonelle metoden brukt for felt med areal under 15 km². Der ble det ikke funnet noe forskjell ved bruk av den rasjonelle metoden i felt større enn hva dagens anbefalinger tilsier.

Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt er ikke nevnt i Statens vegvesens håndbøker, til tross for at metoden er utviklet av blant annet Statens vegvesen selv. Det er knyttet stor usikkerhet til metoden, men den gir likevel en rask indikasjon på hvilken størrelsesorden videre flomberegninger bør ligge. I denne oppgaven ser vi at i de fleste tilfeller ligger vi opp mot det øvre 95-prosent konfidensintervallet, og man bør derfor ikke stole fullt på medianen og legge den til grunn for videre dimensjoneringsgrunnlag.

PQRUT-metoden er den mest kompliserte og tidkrevende metoden brukt i denne oppgaven. Metoden har ifølge Statens vegvesens håndbok N200 (2018) en arealbegrensning på 1 – 200 km². I oppgaven er PQRUT-metoden brukt for to felt mindre enn 1 km², og det vises ingen tydelig forskjell i resultatene dersom man har lagt til grunn at den rasjonelle metoden overestimerer noe. Derimot for felt 002.H5, som har et areal på 1,63 km², kan man tydeligere se at PQRUT-metoden gir et lavere resultat enn andre metoder. Den digitale versjonen av metoden, utviklet av NVE, gjør det enkelt å se hvordan feltet vil reagere med ulike nedbørforløp og konsentrasjonstid.

En flomfrekvensanalyse krever tilgang til data tilsendt fra NVE eller tilgang til NVE sitt program HYDRA II. Ved en flomfrekvensanalyse er man avhengig av at feltet til målestasjonen man sammenligner med er sammenlignbart med feltet man undersøker.

Dersom dette er mulig er det en av de sikreste metodene ettersom den baserer seg på faktisk målt vannføring. I denne oppgaven kan vi se at ettersom resultatene fra flomfrekvensanalysen ikke tydelig underestimerer vannføringen gitt av de andre metodene, har vi grunnlag for å si at det å se bort ifra et bidrag fra snøsmelting var riktig vurdering. Dersom resultatet fra flomfrekvensanalysen var betydelig høyere enn beregnet vannføring fra de andre metodene, ville det vært en tydelig indikasjon på at et bidrag fra snøsmelting burde tas med. Snøen og frosten har likevel innvirkning på flommen dersom grunnen er mettet med vann og i tillegg frossen. Det vil gi en raskere avrenning om det oppstår større mengder nedbør, og vannstanden i vassdraget vil øke raskt.

En flomberegning baserer seg i stor grad på middelvannføring eller normalavrenning (q_N). Dette er en midlere vannføring i en referanseperiode på 30 år. Dagens referanseperiode er fra

1961–1990. Det vil si at i 2020 vil det komme en ny referanseperiode som går fra 1991–2020, som vil gi oppdatert data med tanke på hvordan økningen av nedbør har vært de siste årene. Ved bruk av dagens referanseperiode vil det si at man gjør flomberegninger med data som kan ha endret seg mye.

4.2 Dimensjonering av stikkrenner og kulverter

Resultatene av vår dimensjonering viser at stikkrennene og kulverten i studieområdet er tydelig underdimensjonert. Hvor den minste økningen av dimensjon ved bruk av tabell er 66 prosent, og ved HY-8 er den minste økningen en dobling.

Dersom man legger Sveriges bestemmelser til grunn, og øker minstedimensjonen fra 600 til 800 millimeter (gitt at man er i Sveriges klimasone 4 eller høyere) vil dette medføre ved de fleste innløpstyper en dobling av kapasiteten til gjennomløpet (tatt ut av figur 24). Sveriges nyeste retningslinjer for dette temaet ble utgitt i 2011 (TRVK Väg, 2011) mens for Norge er den nyeste utgitt i 2018 (Statens vegvesen, 2018).

Programmet HY-8 er som nevnt i kapittel 2.6.1 tilsynelatende ikke særlig utbredt i Norge. Programmet tar for seg svært mange faktorer en tabell ikke gjør, og det er også relativt enkelt å bruke. Her kan man også se grafisk hvor høyt vannet vil stå i innløpet, gjennomløpet og utløpet. Man kan også finne vannhastigheten i gjennomløpet, noe som kan være nyttig dersom erosjonssikring skal vurderes. Dimensjonene vi får ut av programmet HY-8 viser seg å være noe større enn dimensjonene vi får dersom vi bruker tabell (figur 24) til dimensjonering. Vi antar at dette er på grunn av at tabellen ikke tar for seg gjentetting av gjennomløpet, som er et krav i Statens vegvesens håndbok N200 (2018). Kravet er satt til minst en tredjedel av gjennomløpets høyde, med mindre tiltak som fangrist, inntaksrist eller fangdam er brukt. Vassdragshåndboka (Sæterbø, m.fl., 1998) sier at stikkrenner og kulverter av plast og betong er selvrensende dersom minimum helning er 5 ‰ på stikkrenner og kulverter med diameter 800–1000 millimeter, og 4 ‰ på stikkrenner og kulverter med diameter over 1200 millimeter. Det er ikke nevnt noe om selvrens i Statens vegvesens håndbok N200 (2018).

Selve innløpstypen er også noe som bør vurderes i ved rehabilitering eller etablering av nye gjennomløp for vann. I figur 24 vises det at man kan oppnå en kapasitetsøkning på omtrent 25 prosent ved å endre fra den «dårligste» til den «beste» innløpstypen. I områder hvor det antas at kvister, greiner og andre sedimenter transporteres i vassdraget kan en fangrist være et godt

tiltak for å hindre gjentetting av gjennomløpet. Det er likevel svært viktig at dette vedlikeholdes jevnlig for å opprettholde gjennomløpets kapasitet.

4.3 Dimensjoneringsmetodene til Statens vegvesen

Statens vegvesen dimensjonerer ved å bruke figur 6, hvor det kun er satt krav om minimumsdimensjon. Ved dimensjonering av gjennomløp i vassdrag blir det stort sett brukt konsulenter. Det kan være noe kritikkverdig at en stikkrenne i veger skal ha en minimumsdimensjon på 600 millimeter uavhengig av geografisk plassering, i et land med store klimaforskjeller. Sverige dimensjonerer som tidligere nevnt etter klimasoner noe som Norge bør kunne lære av.

Feltet 002.H3B, som har det største nedbørsfeltet på fv. 536, hadde frem til 2018 en stikkrenne med diameter 2100 millimeter som ledet elven Nistilen gjennom vegen. Etter en flom i 2018 ble det funnet ut at dette gjennomløpet ikke var tilstrekkelig da kapasiteten ikke var høy nok til å ta unna vannmengden, og vannet flommet over vegen. I 2018 ble gjennomløpet rehabilitert grunnet tilstand og kapasitet, og erstattet av en kulvert med dimensjon 1800 x 2300 millimeter.

Vi er kjent med at Statens vegvesen ikke gjorde beregninger av vannmengder for å beregne nødvendig dimensjon på kulverten. Her var det erfaringer fra tidligere og hva som var fysisk mulig å få til på stedet som lå til grunn for valg av dimensjon. Lav overdekning og retning på vassdraget ga noen føringer på dimensjon og utforming.

Med våre beregninger viser det seg at dimensjonen på 1800 x 2300 millimeter fortsatt ikke er tilstrekkelig. Hvis denne igjen må rehabiliteres i nær fremtid fordi den fortsatt skaper problemer vil det gi samfunnet unødvendige kostnader. Statens vegvesen kan ha brukt mindre ressurser på dimensjonering for å spare tid og penger ved bruk av konsulentfirma, men vi mener selv at en slik beregning ikke krever veldig mye tid eller kunnskap. Ved bruk av de enkleste beregningsmetodene kan man finne et estimat for den dimensjonerende vannmengde, som danner et godt grunnlag, sammen med erfaring, for å bestemme nødvendig dimensjon. Statens vegvesen kan spare samfunnet for store kostnader ved å dimensjonere mindre vassdrag selv ved å bruke de enkleste metodene slik at prøving og feiling med dimensjoner og bruk av dyre eksterne konsulenter kan unngås.

Digitalisering i dagens samfunn er viktig og Statens vegvesen bør også følge denne trenden når det gjelder dimensjonering. Et digitalt dimensjoneringsprogram som HY-8 tar hensyn til flere faktorer enn dagens tabell som kan gi store forskjeller i dimensjon. Skal vi tro fremtidens nedbørsprognoser med mer ekstremvær kan det være nyttig og ta hensyn til disse faktorene, slik at dimensjonen økes forskjellig i hvert enkelt tilfelle. En slik oppgradering i dimensjoneringsmetodene kan absolutt være nyttig.

4.4 Feilkilder

Feilkilder kan stadig oppstå og påvirke resultatet i enhver oppgave. NEVINA er en tjeneste som automatisk genererer feltparametere som nedbørfeltets areal og normalavrenning. Nedbørfeltets areal har blitt sammenlignet med høydekart, og normalavrenningen har blitt sammenlignet med avrenningskart og nærliggende målestasjoner for å sikre god validitet. Allikevel kan det oppstå mindre feil som at noen nedbørfelt overlapper, eller at noe av avrenningen blir fordrøyd i mindre tjern som karttjenesten ikke oppdager.

NVDB er en tjeneste som i denne oppgaven har blitt brukt til å samle informasjon om vegens stikkrenner og kulverter. Her kan det ligge gammel informasjon dersom det har skjedd tiltak på noen gjennomløp som ikke har blitt oppdatert i databasen. Det kan også være tilfeller av at en stikkrenne gjennom en sideveg, har blitt lagt inn som et gjennomløp på tvers av vegen.

Ved beregning av dimensjonerende nedbør har det blitt brukt IVF tabeller fra nærmeste målestasjon som ligger i Hamar, som er omtrent 30 kilometer vest for Elverum. Dette danner grunnlaget for den rasjonelle metoden og PQRUT-metoden. Forskjellig geografisk plassering kan gi forskjeller i nedbørsmengde som vil ha betydning for beregnet vannføring.

5 Konklusjon

Resultatene viser at ingen av de eksisterende gjennomløpene i vassdragene som krysser fv. 536 er tilstrekkelig for å kunne tåle vannmengden til returperioden de skal dimensjoneres for.

Totalt var det 40 stikkrenner og kulverter, hvorav kun to er tilstrekkelig dimensjonert i henhold til kravene til Statens vegvesens håndbok N200 (2018) om minimumsdimensjon på 600 millimeter. De to gjennomløpene med dimensjon over 600 millimeter ligger begge i vassdrag, og som vist ved beregning er heller ikke de tilstrekkelig dimensjonert.

Det vil si at ingen av gjennomløpene på fylkesveg 536 er rustet for det forventede klimaet i fremtiden. Som nevnt tidligere kan drenssystemet på fylkesveg 536 danne et godt bilde av hvordan drenssystemet på andre eldre fylkesveger fungerer.

Hovedfunnene av oppgaven er som følger:

- De eksisterende gjennomløpene i studieområdet tåler i svært liten grad fremtidens forventede ekstremvær.
- Gjennomløpene på fylkesveg 536 er tydelig underdimensjonert, hvor den minste økningen av dimensjon på gjennomløp ved dimensjonering etter tabell er 66 prosent, og HY-8 en dobling.
- Ved bruk av flomfrekvensanalyse, den rasjonelle metoden, PQRUT metoden og NIFS formelverk var det den siste som var mest unøyaktig, men også den enkleste. Resultatene ble svært like til tross for at noen av metodene ikke er gyldig for enkelte felt om vi følger retningslinjene.
- Rehabilitering i egen regi eller nødvendige strakstiltak utføres og dimensjoneres av Statens vegvesen i stor grad på grunnlag av anslag og erfaring. Denne praksisen kan gjerne skiftes ut med enkle beregninger.

5.1 Videre arbeid

Resultatene som er presentert i denne oppgaven er basert på et teoretisk grunnlag på kun én fylkesveg. Som følge av dette arbeidet har det dukket opp noen områder som gir grunnlag for et videre arbeid.

- Måling av nedbør- og vannmengder bør optimaliseres for å kunne øke relabiliteten av målingene.
- Flere fylkesveger bør undersøkes for å kunne lage en statistisk fordeling, for å kunne si med større sikkerhet i hvilken grad drensssystemet i dag er rustet for fremtidens forventede klima.
- I vår oppgave er det ikke funnet markante forskjeller ved bruk av de forskjellige flomberegningsmetodene, til tross for at arealbegrensninger har blitt sett bort ifra. For å kunne si med sikkerhet om dette er gjeldene i andre tilfeller bør flere felt med ulik størrelse undersøkes.
- Oppgaven baserer seg på et eldre drens-system hvor det har blitt gjort mindre oppgraderinger i de senere år. For å kunne si noe om kapasiteten og forbedringsnivået på gjennomløpene som blir bygd i dag kan resultatet sammenlignes med en nyere veg.

Litteraturliste

Andersen, J.H., Hjukse, T., Roald, L og Sælthun, N.R. (1983) *Hydrologisk modell for flomberegninger*. (NVE-rapport 2/1983). Oslo: NVE. Tilgjengelig fra: http://publikasjoner.nve.no/rapport/1983/rapport1983_02.pdf (Hentet: 07.03.2019)

Aurstad, J. Aksnes, J. Berntsen, G. Gryteselv, D. Johansen, R. Lindland, T. Myhre, Ø. Oset, F. Ottesen HB. Paulsrud, G. Refsdal, G. Sund, E. Taddesse, E. Thakur, V. og Yideti, T. (2016) *Lærebok i vegteknologi*. (SVV-rapport 626). Trondheim: Vegdirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/Publikasjoner/Publikasjoner/Statens+vegvesens+rapporter/state+ns-vegvesens-rapporter> (Hentet: 17.01.2019)

Glad, P. A., Reitan, T og Stenius, S. (2015) *Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt*. (NVE-rapport 13/2015). Oslo: NVE. Tilgjengelig fra: http://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_13.pdf (Hentet: 05.03.2019)

Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. og Ådlandsvik, B. (2015). *Klima I Norge 2100*. (NKSS-rapport 2/2015). Oslo: Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/rapporter-og-publikasjoner/_attachment/6616?_ts=14ff3d4eeb8 (Hentet: 10.01.2019)

Heggstad, R. og Rosvold, K.A. (2018) *Nedbørfelt*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/nedb%C3%B8rsfelt> (Hentet: 08.05.2019)

Klimaservicesenter (2019) *Nedbørintensitet*. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/idf.xhtml#chartTag> (Hentet: 08.02.19)

Meteorologisk institutt (2019) *Klima siste 150 år*. Tilgjengelig fra: <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar/regionale-kurver/ostlandet-siden-1900> (Hentet: 31.01.19)

Midttømme, G.H., Pettersson, L.E., Holmqvist, E., Nøtsund, Ø., Hisdal, H og Sivertsgård, R (2011) *Retningslinjer for flomberegninger*. (NVE-retningslinjer 4/2011). Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/Media/7090/retningslinjer-for-flomberegninger-med-tillegg-1-og-2-juli-2018.pdf> (Hentet: 05.03.2019)

Norem, H., Flesjø, K., Sellevold, J., Lund, M.R og Viréhn, P.L.E (2016) *Drenering for veg og jernbane*. (NVE-rapport 28/2016). Oslo: NVE. Tilgjengelig fra:

http://www.naturfare.no/_attachment/1230653/binary/1094684 (Hentet: 14.02.2019)

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) (2018) *PQRUT – flommodell*. Tilgjengelig fra:

<https://www.nve.no/hydrologi/analysemetoder-og-modeller/pqrut-flommodell/> (Hentet: 11.03.2019)

Nørdtømme, M.E., Moe, D. og Øvstedal, L. (2010) *Eneulykker og trafikksikkerhet. Hvem kjører utfor vegen og hvorfor skjer dette?* (SINTEF A15711), SINTEF teknologi og samfunn.

Tilgjengelig fra: http://www.vegvesen.no/_attachment/202958/binary/393294 (Hentet: 02.04.19)

Statens vegvesen (2014) *Håndbok N200, vegbygging*. Tilgjengelig fra:

[https://www.vegvesen.no/_attachment/188382/binary/980128?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+\(21+MB\).pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/188382/binary/980128?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+(21+MB).pdf) (Hentet: 20.01.2019)

Statens vegvesen (2018) *Håndbok N200, vegbygging*. Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/_attachment/2364236/binary/1269980? (Hentet: 20.01.19)

Statens vegvesen (2018a) *Statens vegvesen som byggherre*. Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/prosjektering+og+bygging> (Hentet: 02.04.19)

Statens vegvesen (2018b) *Nasjonal vegdatabank (NVDB)* Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/nasjonal+vegdatabank> (Hentet: 19.02.19)

Statens vegvesen (2019) *Klimatilpasning*. Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/miljo+og+omgivelser/klima/klimatilpasning> (Hentet: 20.01.2019)

Statens vegvesen (2019a) *NA-rundskriv 2019/03. Rettelsesblad til håndbok N200 Vegbygging, kapittel 2, 4, 5 og 6*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/2523695 (Hentet: 20.01.2019)

Stenius, S., Glad, P.A. og Wilson, D. (2014) *Karakterisering av flomregimer*. (NVE delprosjekt 5.1.5) Tilgjengelig fra:

http://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_35.pdf (Hentet: 02.04.2019)

Stenius, S., Glad, P.A., Wang, T.K. og Væringstad, T. (2015) *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. (NVE-veileder 7/2015) Oslo: NVE. Tilgjengelig fra:

http://publikasjoner.nve.no/veileder/2015/veileder2015_07.pdf (Hentet: 18.02.2019)

Sund, E.K., Fossen, M., Gussiås, A., Jacobsen, T., Midtun, H.M., Prestsæter, J., Sund, M., Tanggaard, M.S. og Tomren, G. (2014). *Nasjonal transportplan 2018-2027, Vedlikeholdsetterslep – vedlegg 6. Oppdatering av vedlikeholdsetterslepet for riks- og fylkesveger*. Tilgjengelig fra:

https://www.ntp.dep.no/Forside/_attachment/730444/binary/1001269?_ts=149c72f53c0
(Hentet: 15.01.2019)

Sund, E.K., Fossen, M., Gussiås, A., Jacobsen, T., Midtun, H.M., Prestsæter, J., Sund, M., Tanggaard, M.S. og Tomren, G. (2014b). *Nasjonal transportplan 2018-2027, Vedlikeholdsetterslep*. Tilgjengelig fra:

https://www.ntp.dep.no/Forside/_attachment/702943/binary/988564?_ts=14918a99ba8
(Hentet: 15.01.2019)

Sælthun, N.R., Tveito, O.E., Bønsnes, T.E og Roald, L.A (1997) *Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag*. (NVE-rapport 14/1997) Oslo: NVE. Tilgjengelig fra: http://publikasjoner.nve.no/rapport/1997/rapport1997_14.pdf (Hentet: 13.03.2019)

Sæterbø, E., Syvertsen, L. og Tesaker, E. (red.) (1998) *Vassdragshåndboka. Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø*. Trondheim: NVE

Søndenaa, M.H. (2017) *Hydrologisk dimensjonering i små nedbørfelt*. Masteroppgave. NTNU. Tilgjengelig fra:

<https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2463184/Master%2010%2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Hentet: 14.03.2019)

Tollan, A (2019) *Flom*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/flom> (Hentet: 03.04.19)

TRVK Väg (2011) *TRV 2011:072 Trafikverkets tekniska krav Vägkonstruktion*. Tilgjengelig fra: https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10750/RelatedFiles/2011_072_TRVK_vag_2.pdf
(Hentet: 25.03.2019)

United States Federal Highway Administration (FHWA) (2018) *HY-8 Culvert Hydraulics Analysis Program*. Tilgjengelig fra:

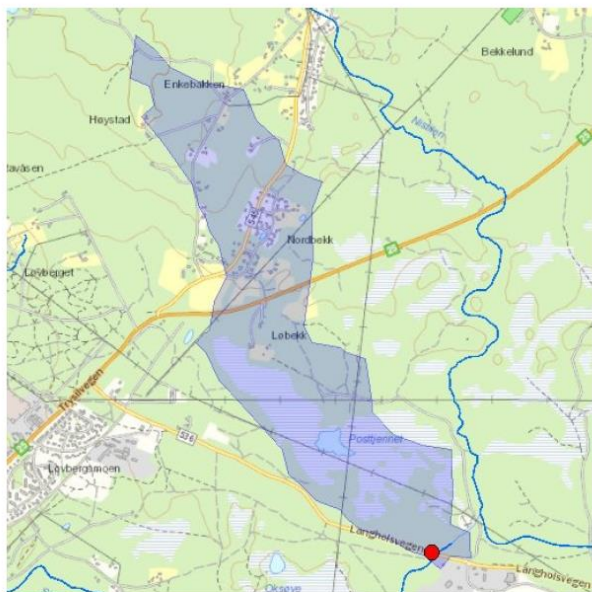
<https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/software/hy8/> (Hentet: 01.04.2019)

Ødegaard, H., Thorolfsson, S.T., Lindholm, O., Østerhus, S.W., Sægrov, S., Mosevoll, G og Heistad, A (2014) *Vann- og avløpsteknikk*. 2.utgave. Norsk vann

Vedlegg

Vedlegg A – Feltparametere

002.H5



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 002.H5
Kommune: Elverum
Fylke: Hedmark
Vassdrag: Glommavassdraget

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	9,1 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	0,7 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	0,8 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	0,4 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	1,0 l/(s*km ²)
Base flow	5,2 l/(s*km ²)
BFI	0,6

Klima

Klimaregion	Ost
Årsnedbør	670 mm
Sommernedbør	365 mm
Vinternedbør	305 mm
Årstemperatur	2,4 °C
Sommertemperatur	11,4 °C
Vintertemperatur	-4,0 °C
Temperatur Juli	14,0 °C
Temperatur August	13,2 °C

Feltparametere

Areal (A)	1,6 km ²
Effektivt sjø (S _{eff})	0,1 %
Elvelengde (E _L)	0,1 km
Elvegradient (E _G)	0,0 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	1,0 m/km
Feltlengde (F _L)	3,1 km
H _{min}	224 moh.
H ₁₀	228 moh.
H ₂₀	231 moh.
H ₃₀	234 moh.
H ₄₀	236 moh.
H ₅₀	237 moh.
H ₆₀	241 moh.
H ₇₀	255 moh.
H ₈₀	264 moh.
H ₉₀	280 moh.
H _{max}	302 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	7,5 %
Myr	20,6 %
Sjø	1,1 %
Skog	68,9 %
Snauffjell	0,0 %
Urban	0,0 %

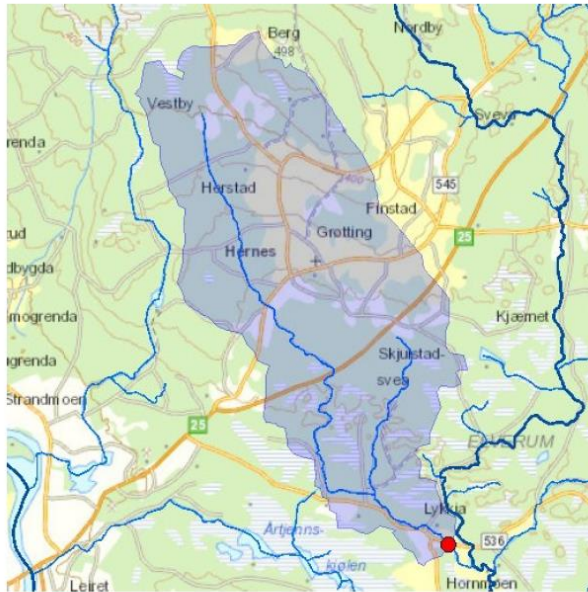
1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindeks. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

© nevina.nve.no

002.H3B



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 002.H3B
Kommune: Elverum
Fylke: Hedmark
Vassdrag: Jomna

Feltparametere

Areal (A)	21,1 km ²
Effektiv sjo (S_{eff})	0,0 %
Elvelengde (E_L)	9,8 km
Elvegradient (E_G)	18,8 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G_{1085})	13,4 m/km
Feltlengde(F_L)	8,7 km
H_{min}	212 moh.
H_{10}	232 moh.
H_{20}	242 moh.
H_{30}	257 moh.
H_{40}	273 moh.
H_{50}	292 moh.
H_{60}	314 moh.
H_{70}	345 moh.
H_{80}	385 moh.
H_{90}	421 moh.
H_{max}	496 moh.
Årsnedbør	681 mm
Sommernedbør	366 mm
Bre	0,0 %
Vinternedbør	315 mm
Dyrket mark	18,2 %
Årstemperatur	2,0 °C
Myr	5,2 %
Sommertemperatur	10,9 °C
Sjø	0,2 %
Vintertemperatur	-4,3 °C
Skog	74,6 %
Temperatur Juli	13,5 °C
Snaufell	0,0 %
Temperatur August	12,8 °C
Urban	0,5 %

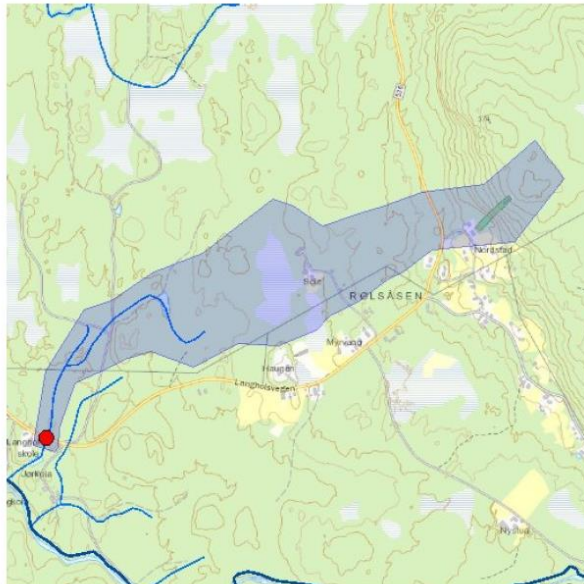
1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

02.04.2019 10:41:01 © nevana.nve.no

002.H3AZ



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 002.H3AZ
Kommune: Elverum
Fylke: Hedmark
Vassdrag: Agåa

Feltparametere

Areal (A)	0,5 km ²
Effektiv sjo (S_{eff})	0,0 %
Elvelengde (E_L)	0,9 km
Elvegradient (E_G)	22,1 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G_{1085})	19,9 m/km
Feltlengde(F_L)	1,7 km
H_{min}	266 moh.
H_{10}	276 moh.
H_{20}	282 moh.
H_{30}	287 moh.
H_{40}	292 moh.
H_{50}	295 moh.
H_{60}	297 moh.
H_{70}	303 moh.
H_{80}	310 moh.
H_{90}	342 moh.
H_{max}	371 moh.
Årsnedbør	701 mm
Bre	0,0 %
Vinternedbør	326 mm
Dyrket mark	9,7 %
Årstemperatur	2,0 °C
Myr	1,1 %
Sommertemperatur	10,9 °C
Sjø	0,0 %
Vintertemperatur	-4,3 °C
Skog	88,5 %
Temperatur Juli	13,5 °C
Snaufell	0,0 %
Temperatur August	12,7 °C
Urban	0,0 %

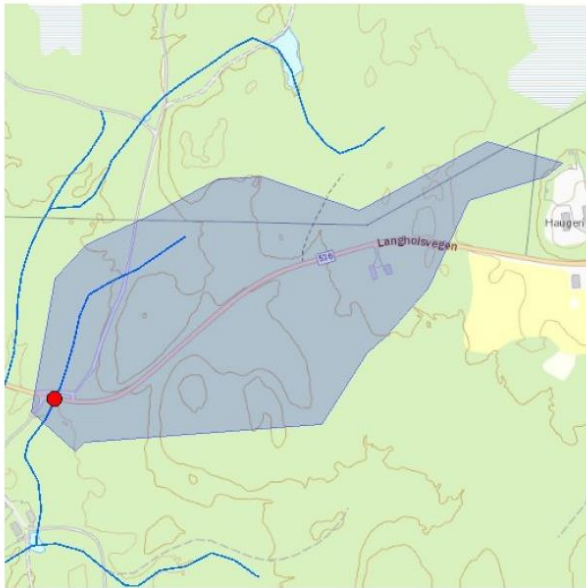
1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

© nevana.nve.no

002.H3AZB



Norges vassdrags- og energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 002.H3AZ
 Kommune: Elverum
 Fylke: Hedmark
 Vassdrag: Agåa

Feltparametere

Areal (A)	0,2 km ²
Effektiv sjo (S _{eff})	0,0 %
Elvelengde (E _L)	0,3 km
Elvegradient (E _G)	31,4 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	17,0 m/km
Feltlengde(F _L)	0,8 km
H _{min}	266 moh.
H ₁₀	270 moh.
H ₂₀	272 moh.
H ₃₀	276 moh.
H ₄₀	278 moh.
H ₅₀	280 moh.
H ₆₀	281 moh.
H ₇₀	282 moh.
H ₈₀	284 moh.
H ₉₀	287 moh.
H _{max}	300 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	0,0 %
Myr	0,0 %
Sjø	0,0 %
Skog	100,0 %
Snau fjell	0,0 %
Urban	0,0 %

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	9,4 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	0,3 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	0,4 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	0,1 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	0,8 l/(s*km ²)
Base flow	5,3 l/(s*km ²)
BFI	0,6

Klima

Klimaregion	Ost
Årsnedbør	697 mm
Sommernedbør	373 mm
Vinternedbør	324 mm
Årstemperatur	2,2 °C
Sommertemperatur	11,1 °C
Vintertemperatur	-4,2 °C
Temperatur Juli	13,7 °C
Temperatur August	12,9 °C

1) Verdien er editert

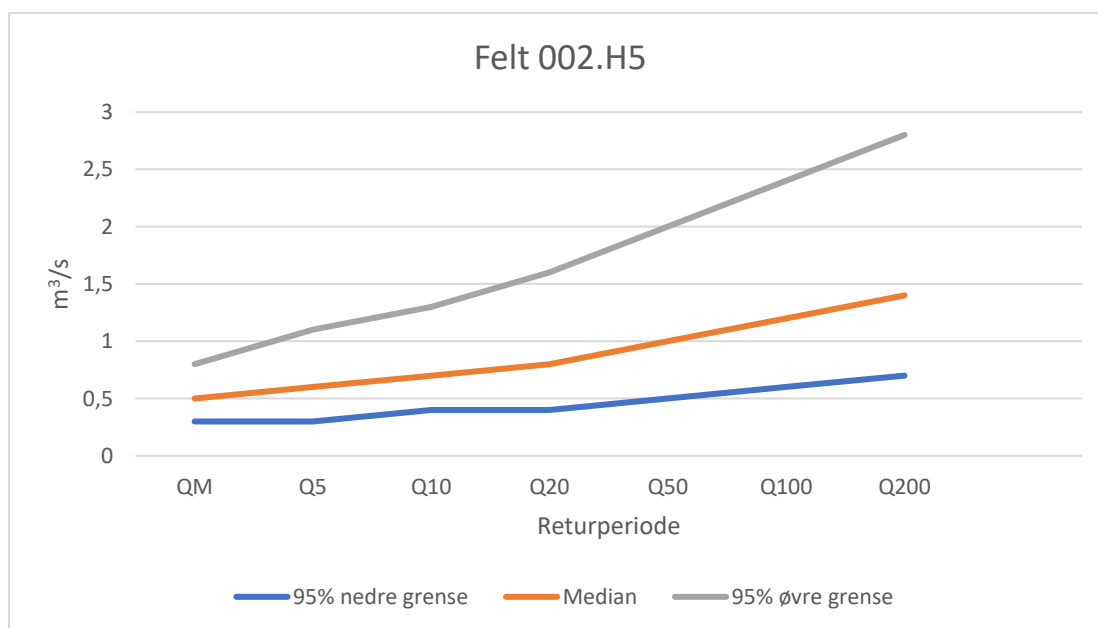
Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

Vedlegg B - Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt

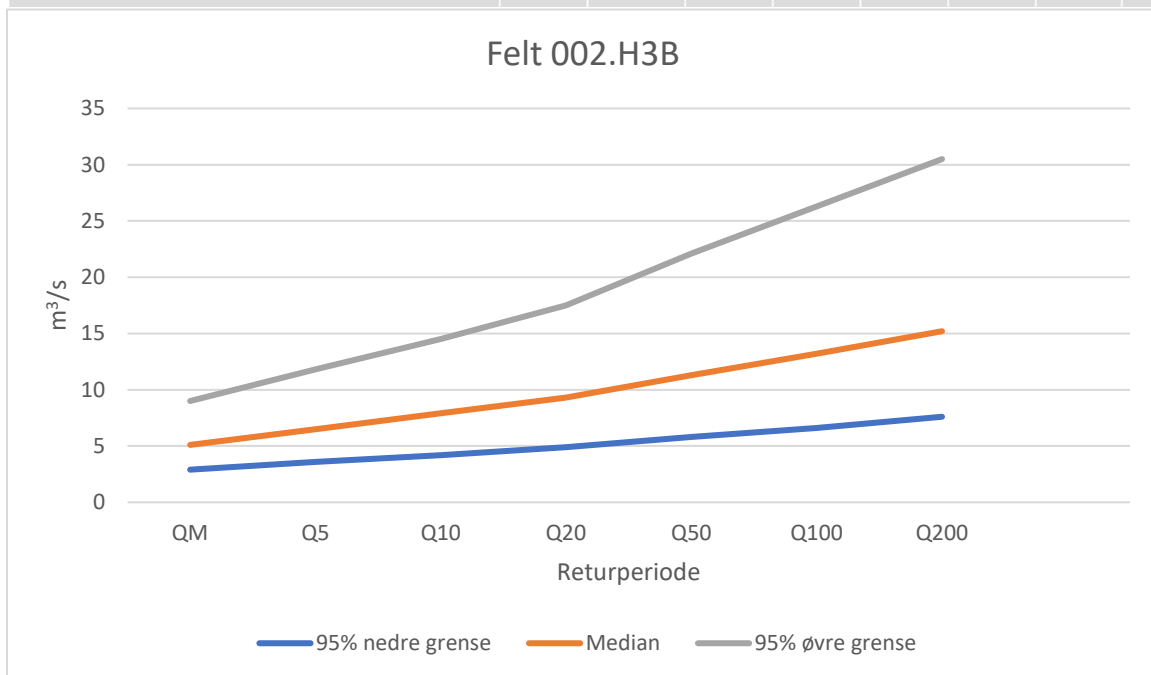
005.H5

	Q ^M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
	m ³ /s	l/(s ² km ²)						
Flomfrekvensfaktorer	-	-	1,28	1,54	1,80	2,24	2,59	3,00
95% intervall øvre grense (m ³ /s)	0,8	499,5	1,1	1,3	1,6	2,0	2,4	2,8
Flomverdier (m ³ /s)	0,5	282	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4
95% intervall nedre grense (m ³ /s)	0,3	159	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
Flommer med klimapåslag (m ³ /s)	0,6	395,1	0,6	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9



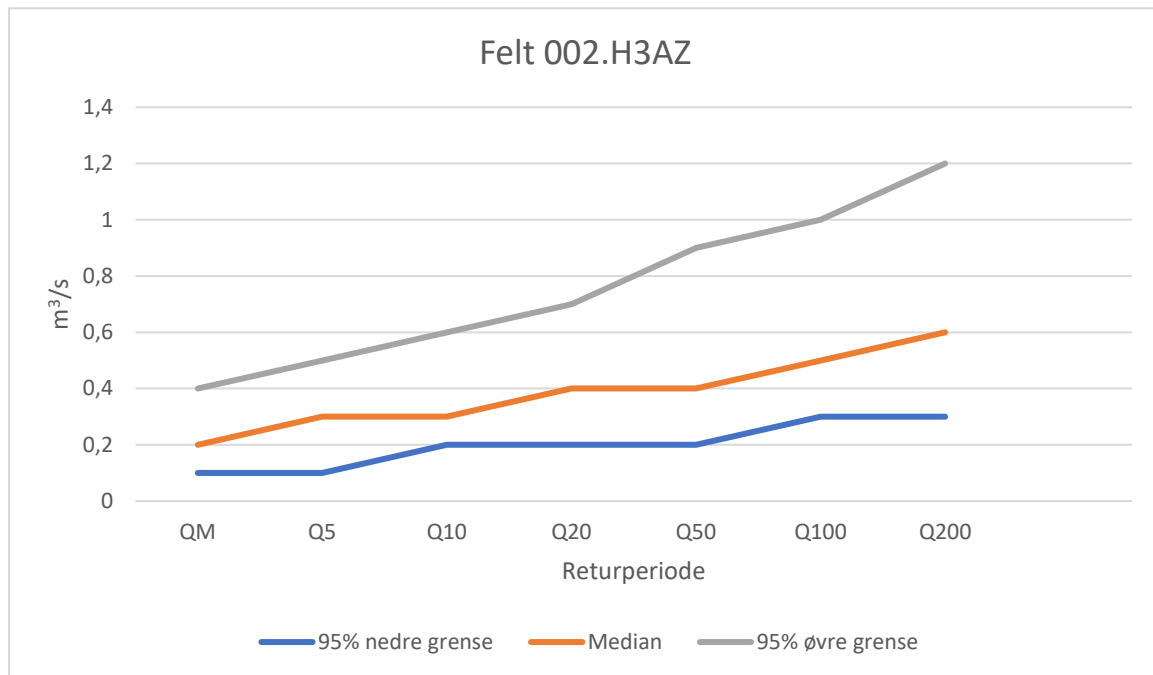
005.H3B

	Q ^M		Q 5	Q 10	Q 20	Q 50	Q 100	Q 200
	m ³ /s	l/(s*km ²)						
Flomfrekvensfaktorer	-	-	1,28	1,54	1,81	2,22	2,58	2,99
95% intervall øvre grense (m ³ /s)	9,0	428,0	11,8	14,5	17,5	22,1	26,3	30,5
Flomverdier (m ³ /s)	5,1	242	6,5	7,9	9,3	11,3	13,2	15,2
95% intervall nedre grense (m ³ /s)	2,9	137	3,6	4,2	4,9	5,8	6,6	7,6
Flommer med klimapåslag (m ³ /s)	7,1	338,5	6,5	11,0	13,0	15,9	18,4	21,3



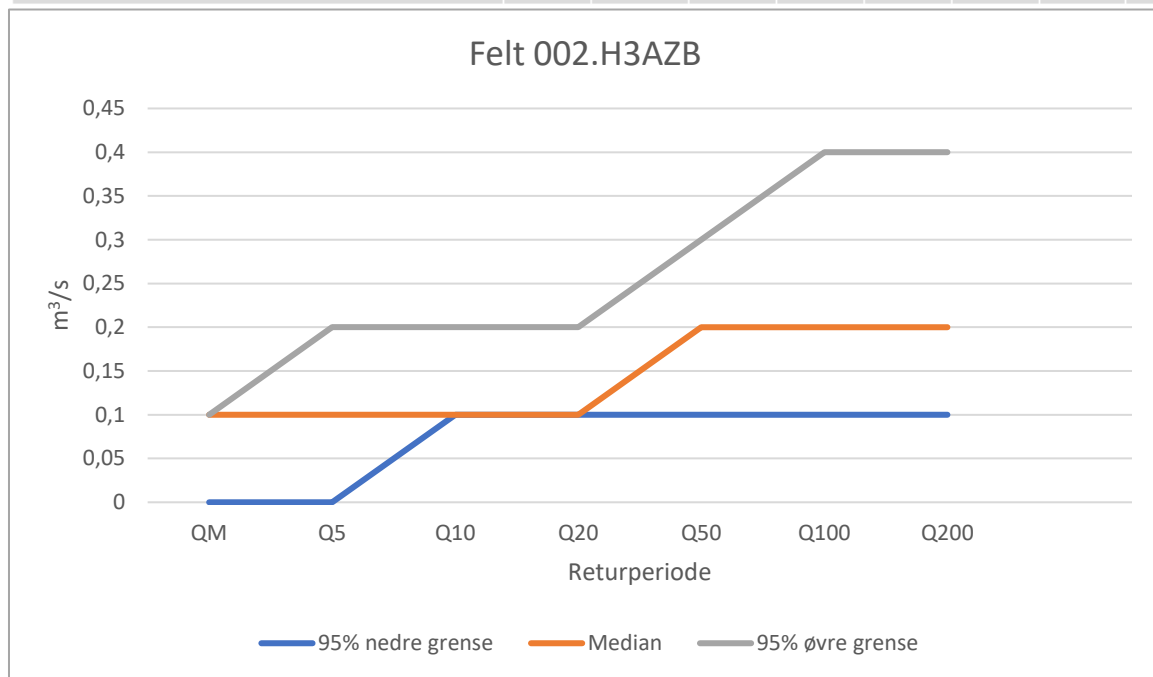
005.H3AZ

	Q ^M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
	m ³ /s	l/(s ² km ²)						
Flomfrekvensfaktorer	-	-	1,25	1,50	1,80	2,20	2,55	2,95
95% intervall øvre grense (m ³ /s)	0,4	680,8	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2
Flomverdier (m ³ /s)	0,2	385	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
95% intervall nedre grense (m ³ /s)	0,1	217	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Flommer med klimapåslag (m ³ /s)	0,3	538,5	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8



005.H3AZB

	Q ^M		Q 5	Q 10	Q 20	Q 50	Q 100	Q 200
	m ³ /s	l/(s ² km ²)						
Flomfrekvensfaktorer	-	-	1,29	1,57	1,86	2,29	2,71	3,14
95% intervall øvre grense (m ³ /s)	0,1	728,8	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
Flomverdier (m ³ /s)	0,1	412	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
95% intervall nedre grense (m ³ /s)	0,0	233	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Flommer med klimapåslag (m ³ /s)	0,1	576,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3



Vedlegg C – Den rasjonelle metoden

Beregning av konsentrasjonstid felt 002.H5	
Lengde på felt	3100 m
Høydeforskjell	78 m
Andel innsjø, A_{se}	0,011
Konsentrasjonstid, t_c	243,603528 min

Beregning av konsentrasjonstid felt 002.H3B	
Lengde på felt	8700 m
Høydeforskjell	284 m
Andel innsjø, A_{se}	0
Konsentrasjonstid, t_c	309,750013 min

Beregning av konsentrasjonstid felt 002.H3AZ	
Lengde på felt	1700 m
Høydeforskjell	105 m
Andel innsjø, A_{se}	0
Konsentrasjonstid, t_c	99,5418074 min

Beregning av konsentrasjonstid felt 002.H3AZB	
Lengde på felt	800 m
Høydeforskjell	34 m
Andel innsjø, A_{se}	0
Konsentrasjonstid, t_c	82,3193209 min

Interpolasjon for nedbørintensitet i, felt 002.H5	
F_1 : Minste nærliggende varighet	180 minutter
F_2 : Største nærliggende varighet	360 minutter
Regnintensitet til F_1	25,3 l/s·ha
Regnintensitet til F_2	16,4 l/s·ha
Beregnet konsentrasjonstid i minutter	243,6 minutter
Regnintensitet	22,2 l/s·ha

Interpolasjon for nedbørintensitet i, felt 002.H5	
F_1 : Minste nærliggende varighet	180 minutter
F_2 : Største nærliggende varighet	360 minutter
Regnintensitet til F_1	27,5 l/s·ha
Regnintensitet til F_2	17,8 l/s·ha
Beregnet konsentrasjonstid i minutter	243,6 minutter
Regnintensitet	24,1 l/s·ha

Interpolasjon for nedbørintensitet i, felt 002.H5

F ₁ : Minste nærliggende varighet	180	minutter
F ₂ : Største nærliggende varighet	360	minutter
Regnintensitet til F ₁	29,8	l/s·ha
Regnintensitet til F ₂	19,2	l/s·ha
Beregnet konsentrasjonstid i minutter	243,6	minutter
Regnintensitet	26,1	l/s·ha

Interpolasjon for nedbørintensitet i, felt 002.H3B

F ₁ : Minste nærliggende varighet	180	minutter
F ₂ : Største nærliggende varighet	360	minutter
Regnintensitet til F ₁	25,3	l/s·ha
Regnintensitet til F ₂	16,4	l/s·ha
Beregnet konsentrasjonstid i minutter	309,75	minutter
Regnintensitet	18,9	l/s·ha

Interpolasjon for nedbørintensitet i, felt 002.H3B

F ₁ : Minste nærliggende varighet	180	minutter
F ₂ : Største nærliggende varighet	360	minutter
Regnintensitet til F ₁	27,5	l/s·ha
Regnintensitet til F ₂	17,8	l/s·ha
Beregnet konsentrasjonstid i minutter	309,75	minutter
Regnintensitet	20,5	l/s·ha

Interpolasjon for nedbørintensitet i, felt 002.H3B

F ₁ : Minste nærliggende varighet	180	minutter
F ₂ : Største nærliggende varighet	360	minutter
Regnintensitet til F ₁	29,8	l/s·ha
Regnintensitet til F ₂	19,2	l/s·ha
Beregnet konsentrasjonstid i minutter	309,75	minutter
Regnintensitet	22,2	l/s·ha

Interpolasjon for nedbørintensitet i, felt 002.H3AZ

F ₁ . Minste nærliggende varighet	90	minutter
F ₂ . Største nærliggende varighet	120	minutter
Regnintensitet til F ₁	42,8	l/s·ha
Regnintensitet til F ₂	33,8	l/s·ha
Beregnet konsentrasjonstid i minutter	99,54	minutter
Regnintensitet	39,9	l/s·ha

Interpolasjon for nedbørintensitet i, felt 002.H3AZ

F ₁ . Minste nærliggende varighet	90	minutter
F ₂ . Største nærliggende varighet	120	minutter
Regnintensitet til F ₁	46,8	l/s·ha
Regnintensitet til F ₂	36,8	l/s·ha
Beregnet konsentrasjonstid i minutter	99,54	minutter
Regnintensitet	43,6	l/s·ha

Interpolasjon for nedbørintensitet i, felt 002.H3AZ

F ₁ . Minste nærliggende varighet	90	minutter
F ₂ . Største nærliggende varighet	120	minutter
Regnintensitet til F ₁	50,8	l/s·ha
Regnintensitet til F ₂	39,9	l/s·ha
Beregnet konsentrasjonstid i minutter	99,54	minutter
Regnintensitet	47,3	l/s·ha

Interpolasjon for nedbørintensitet i, felt 002.H3AZB

F ₁ . Minste nærliggende varighet	60	minutter
F ₂ . Største nærliggende varighet	90	minutter
Regnintensitet til F ₁	63	l/s·ha
Regnintensitet til F ₂	42,8	l/s·ha
Beregnet konsentrasjonstid i minutter	82,32	minutter
Regnintensitet	48,0	l/s·ha

Interpolasjon for nedbørintensitet i, felt 002.H3AZB

F ₁ . Minste nærliggende varighet	60	minutter
F ₂ . Største nærliggende varighet	90	minutter
Regnintensitet til F ₁	69,2	l/s·ha
Regnintensitet til F ₂	46,8	l/s·ha
Beregnet konsentrasjonstid i minutter	82,32	minutter
Regnintensitet	52,5	l/s·ha

Interpolasjon for nedbørintensitet i, felt 002.H3AZB

F ₁ : Minste nærliggende varighet	60	minutter
F ₂ : Største nærliggende varighet	90	minutter
Regnintensitet til F ₁	75,3	l/s·ha
Regnintensitet til F ₂	50,8	l/s·ha
Beregnet konsentrasjonstid i minutter	82,32	minutter
Regnintensitet	57,1	l/s·ha

Avrenningskoeffisient, C, felt 002.H5

Flate	Størrelse (%)	Flate	C
Fjell	0 %	Fjell	0,85
Dyrket mark	7,5 %	Dyrket mark	0,4
Skogsområder	68,9 %	Skogsområder	0,5
Myr	20,6 %	Myr	0,45
Urban	0 %	Urban	0,8
Midlere avrenningskoeffisient, C_{mid} 0,47 Uten påslag fra returperiode!			

Avrenningskoeffisient, C, felt 002.H3B

Flate	Størrelse (%)	Flate	C
Fjell	0 %	Fjell	0,85
Dyrket mark	18,2 %	Dyrket mark	0,4
Skogsområder	74,6 %	Skogsområder	0,5
Myr	5,2 %	Myr	0,45
Urban	0,5 %	Urban	0,8
Midlere avrenningskoeffisient, C_{mid} 0,47 Uten påslag fra returperiode!			

Avrenningskoeffisient, C, felt 002.H3AZ

Flate	Størrelse (%)	Flate	C
Fjell	0 %	Fjell	0,6
Dyrket mark	9,7 %	Dyrket mark	0,25
Skogsområder	88,5 %	Skogsområder	0,3
Myr	1,1 %	Myr	0,3
Urban	0 %	Urban	0,8
Midlere avrenningskoeffisient, C_{mid} 0,29 Uten påslag fra returperiode!			

Avrenningskoeffisient, C, felt 002.H3AZB

Flate	Størrelse (%)	Flate	C
Fjell	0 %	Fjell	0,6
Dyrket mark	0 %	Dyrket mark	0,25
Skogsområder	100 %	Skogsområder	0,3
Myr	0 %	Myr	0,3
Urban	0 %	Urban	0,8
Midlere avrenningskoeffisient, C_{mid} 0,30 Uten påslag fra returperiode!			

Flomberegning med den rasjonelle metoden, felt 002.H5		
Avrenningsfaktor, C	0,56	
Nedbørsintensitet, i	22,2 l/(s*ha)	
Feltareal, A	163 ha	
Klimafaktor, F _k	1	
Sikkerhetsfaktor, F _u	1	
Dimensjonerende avrenning, Q_{dim,T}	2026,416 l/s	2,026416 m ³ /s

Flomberegning med den rasjonelle metoden, felt 002.H5		
Avrenningsfaktor, C	0,58	
Nedbørsintensitet, i	24,1 l/(s*ha)	
Feltareal, A	163 ha	
Klimafaktor, F _k	1	
Sikkerhetsfaktor, F _u	1	
Dimensjonerende avrenning, Q_{dim,T}	2278,414 l/s	2,278414 m ³ /s

Flomberegning med den rasjonelle metoden, felt 002.H5		
Avrenningsfaktor, C	0,61	
Nedbørsintensitet, i	26,1 l/(s*ha)	
Feltareal, A	163 ha	
Klimafaktor, F _k	1	
Sikkerhetsfaktor, F _u	1	
Dimensjonerende avrenning, Q_{dim,T}	2595,123 l/s	2,595123 m ³ /s

Flomberegning med den rasjonelle metoden, felt 002.H3B		
Avrenningsfaktor, C	0,57	
Nedbørsintensitet, i	18,9 l/(s*ha)	
Feltareal, A	2109 ha	
Klimafaktor, F _k	1	
Sikkerhetsfaktor, F _u	1	
Dimensjonerende avrenning, Q_{dim,T}	22720,257 l/s	22,720257 m ³ /s

Flomberegning med den rasjonelle metoden, felt 002.H3B		
Avrenningsfaktor, C	0,59	
Nedbørsintensitet, i	20,5 l/(s*ha)	
Feltareal, A	2109 ha	
Klimafaktor, F _k	1	
Sikkerhetsfaktor, F _u	1	
Dimensjonerende avrenning, Q_{dim,T}	25508,355 l/s	25,508355 m ³ /s

Flomberegning med den rasjonelle metoden, felt 002.H3B		
Avrenningsfaktor, C	0,62	
Nedbørsintensitet, i	22,2 l/(s*ha)	
Feltareal, A	2109 ha	
Klimafaktor, F _k	1	
Sikkerhetsfaktor, F _u	1	
Dimensjonerende avrenning, Q_{dim,T}	29028,276 l/s	29,028276 m ³ /s

Flomberegning med den rasjonelle metoden, felt 002.H3AZ

Avrenningsfaktor, C	0,35		
Nedbørsintensitet, i	29,9 l/(s*ha)		
Feltareal, A	52 ha		
Klimafaktor, F _k	1		
Sikkerhetsfaktor, F _u	1		
Dimensjonerende avrenning, Q_{dim,T}	544,18 l/s		0,54418 m ³ /s

Flomberegning med den rasjonelle metoden, felt 002.H3AZ

Avrenningsfaktor, C	0,37		
Nedbørsintensitet, i	43,6 l/(s*ha)		
Feltareal, A	52 ha		
Klimafaktor, F _k	1		
Sikkerhetsfaktor, F _u	1		
Dimensjonerende avrenning, Q_{dim,T}	838,864 l/s		0,838864 m ³ /s

Flomberegning med den rasjonelle metoden, felt 002.H3AZ

Avrenningsfaktor, C	0,38		
Nedbørsintensitet, i	47,3 l/(s*ha)		
Feltareal, A	52 ha		
Klimafaktor, F _k	1		
Sikkerhetsfaktor, F _u	1		
Dimensjonerende avrenning, Q_{dim,T}	934,648 l/s		0,934648 m ³ /s

Flomberegning med den rasjonelle metoden, felt 002.H3AZB

Avrenningsfaktor, C	0,36		
Nedbørsintensitet, i	48 l/(s*ha)		
Feltareal, A	17 ha		
Klimafaktor, F _k	1		
Sikkerhetsfaktor, F _u	1		
Dimensjonerende avrenning, Q_{dim,T}	293,76 l/s		0,29376 m ³ /s

Flomberegning med den rasjonelle metoden, felt 002.H3AZB

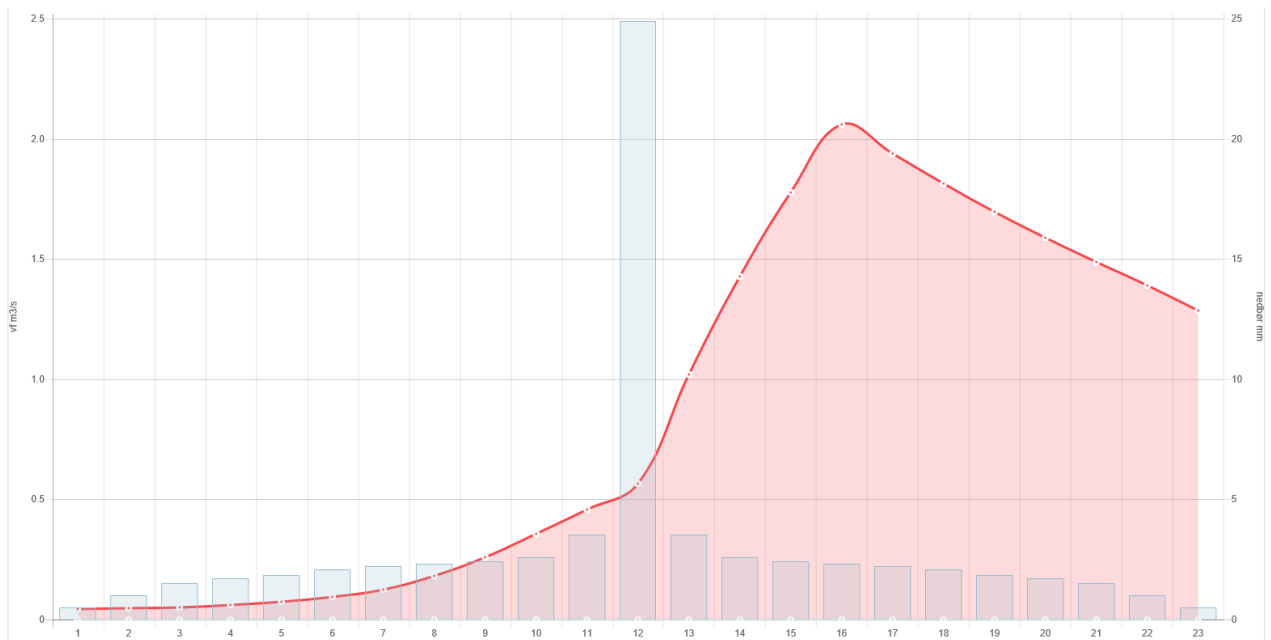
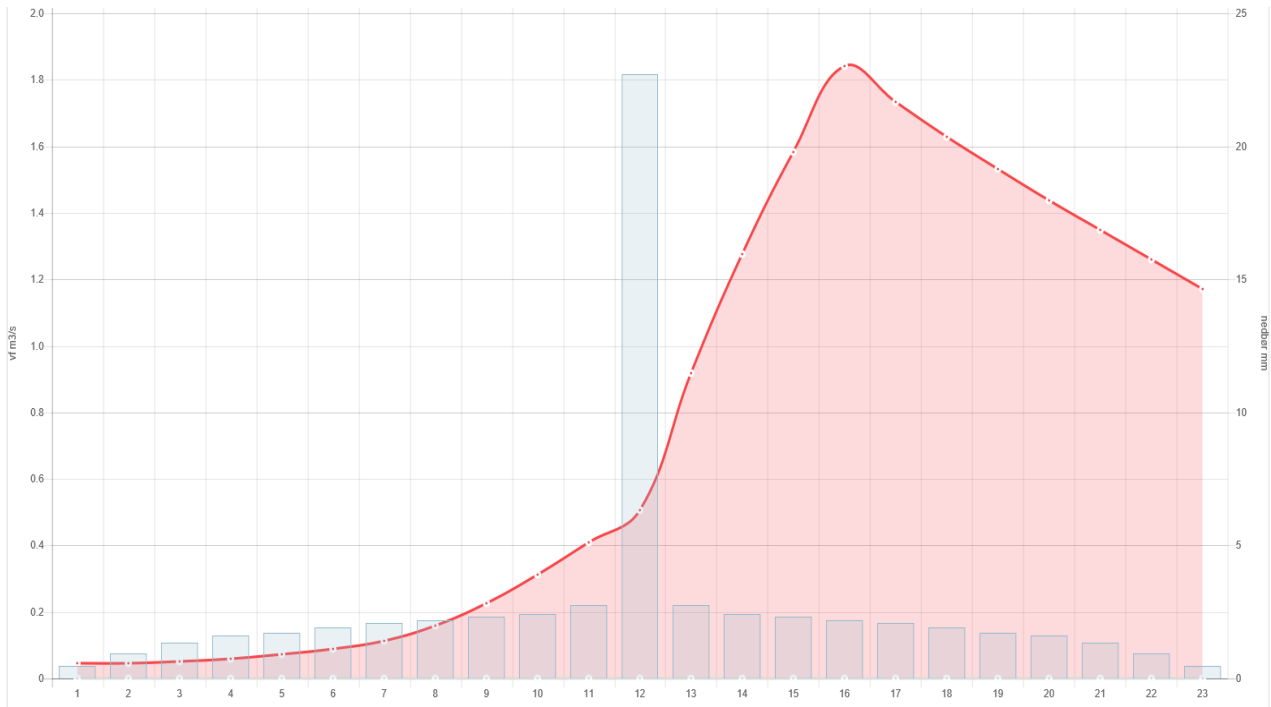
Avrenningsfaktor, C	0,38		
Nedbørsintensitet, i	52,5 l/(s*ha)		
Feltareal, A	17 ha		
Klimafaktor, F _k	1		
Sikkerhetsfaktor, F _u	1		
Dimensjonerende avrenning, Q_{dim,T}	339,15 l/s		0,33915 m ³ /s

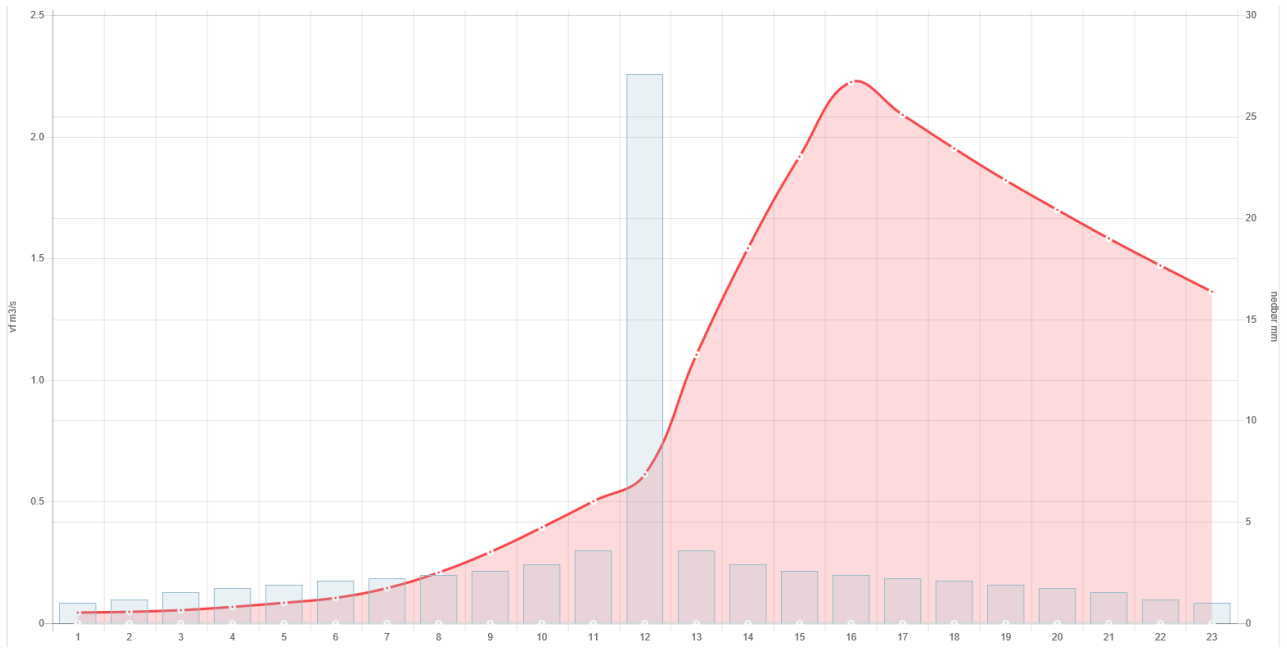
Flomberegning med den rasjonelle metoden, felt 002.H3AZB

Avrenningsfaktor, C	0,39		
Nedbørsintensitet, i	57,1 l/(s*ha)		
Feltareal, A	17 ha		
Klimafaktor, F _k	1		
Sikkerhetsfaktor, F _u	1		
Dimensjonerende avrenning, Q_{dim,T}	378,573 l/s		0,378573 m ³ /s

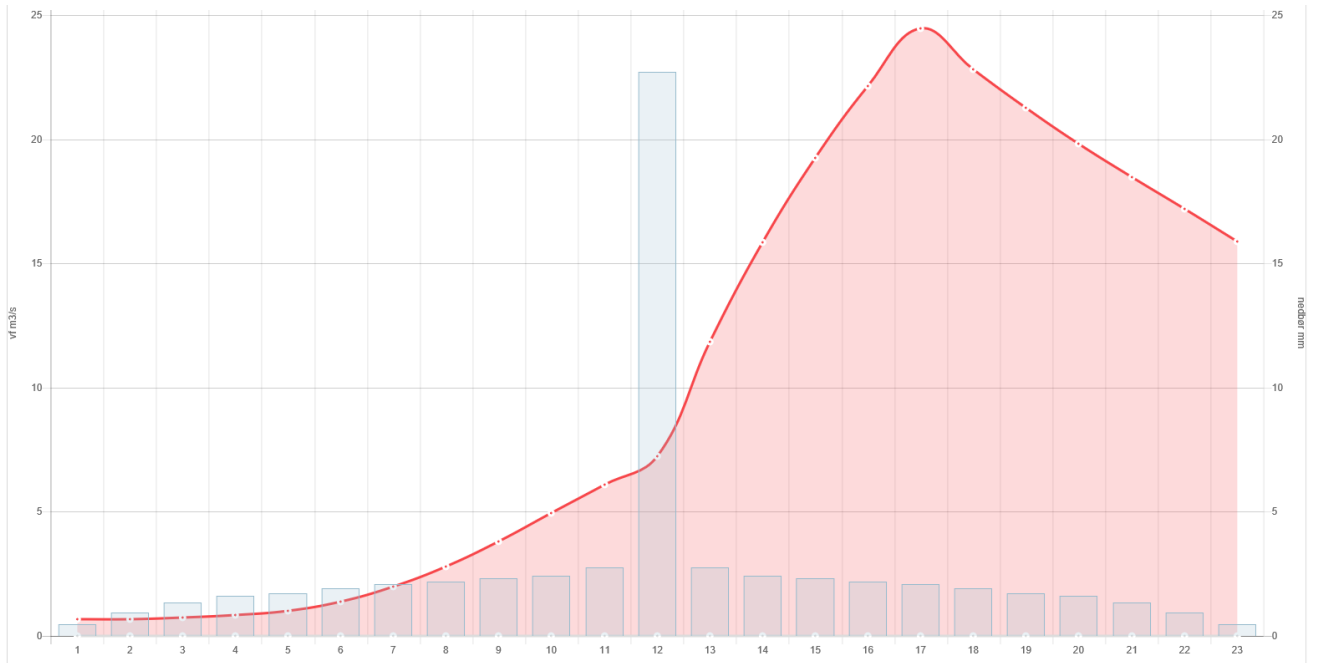
Vedlegg D – PQRUT-metoden

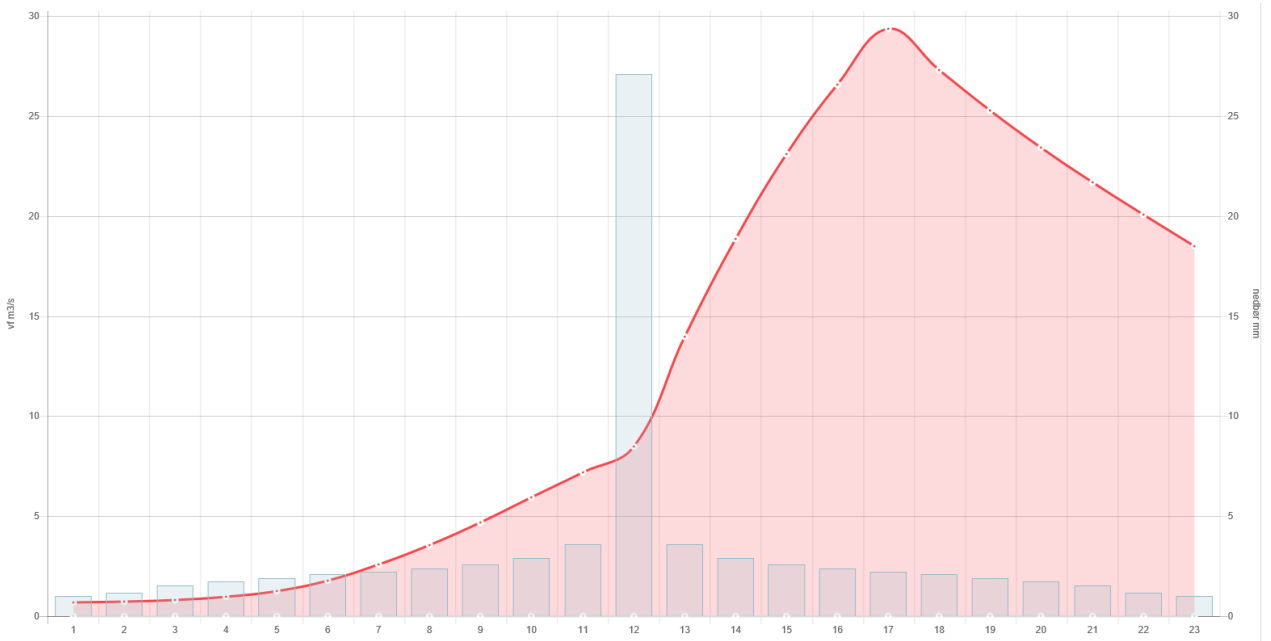
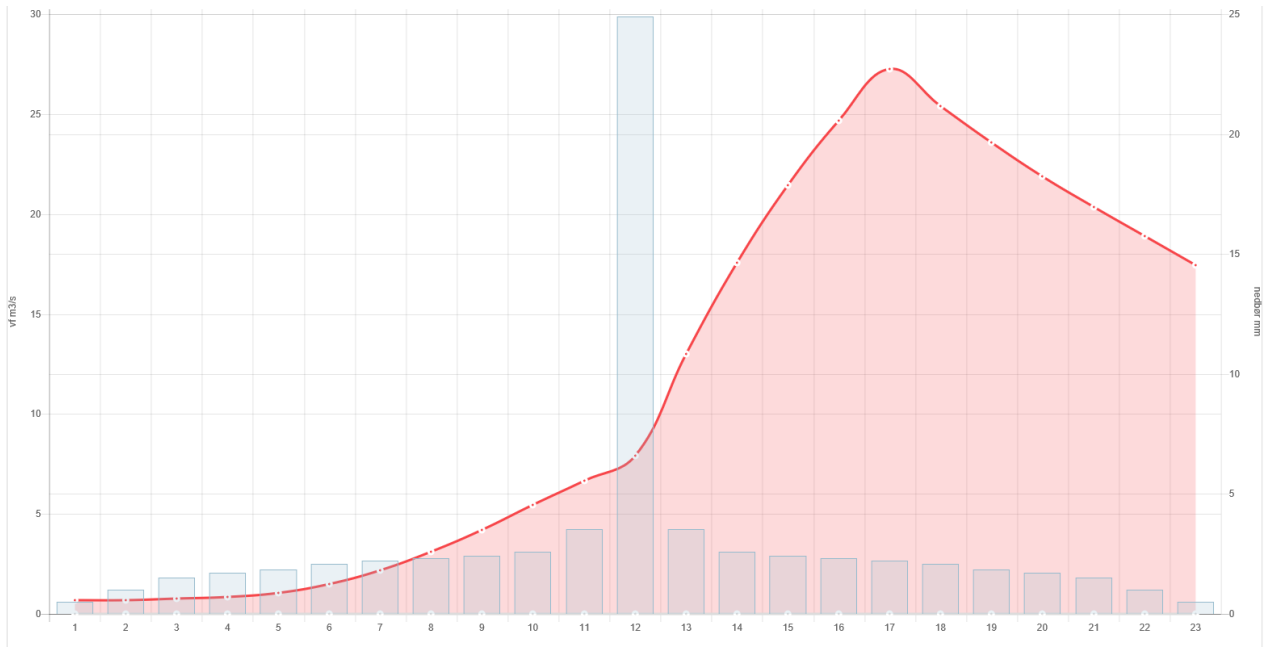
Felt 002.H5



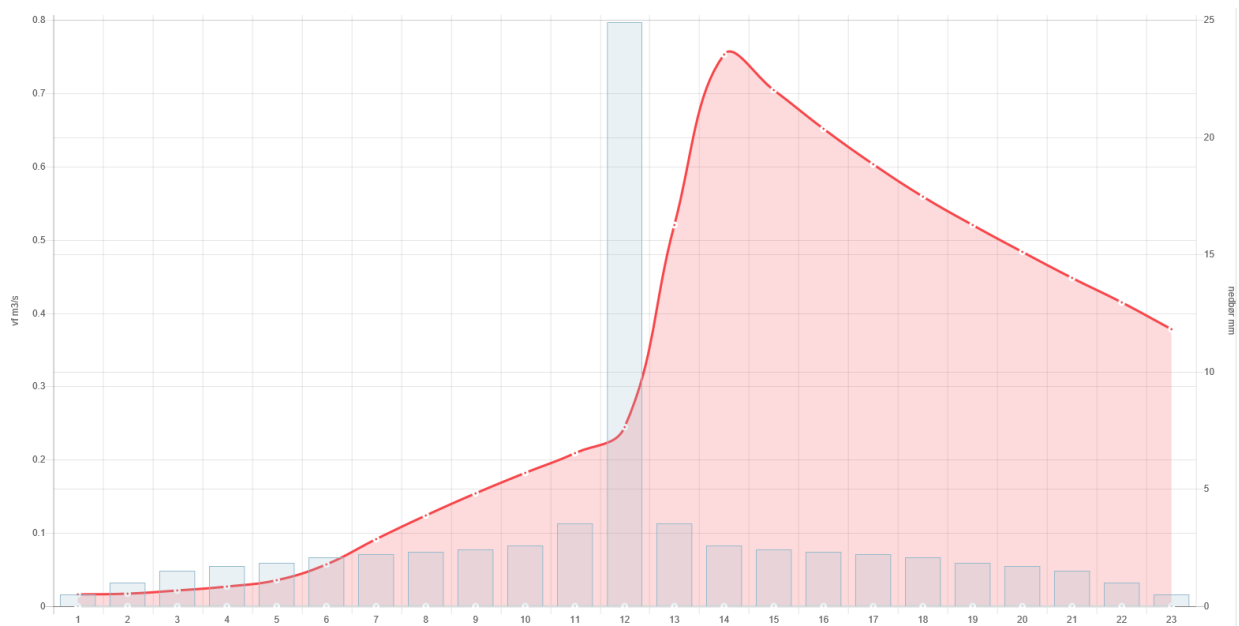
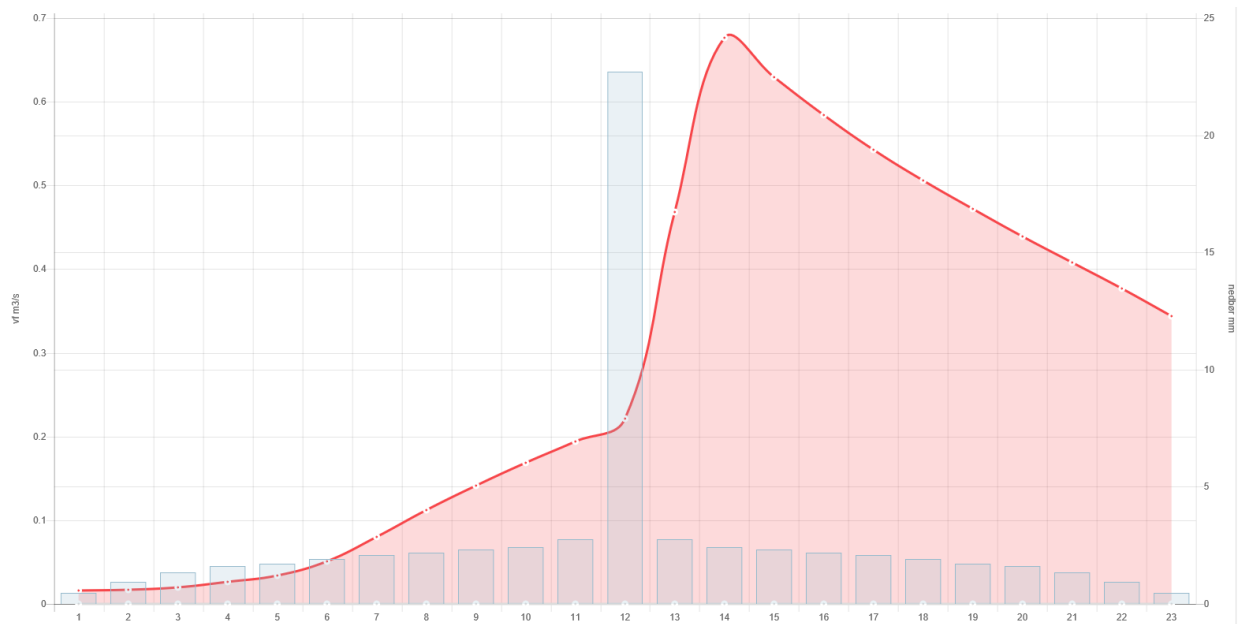


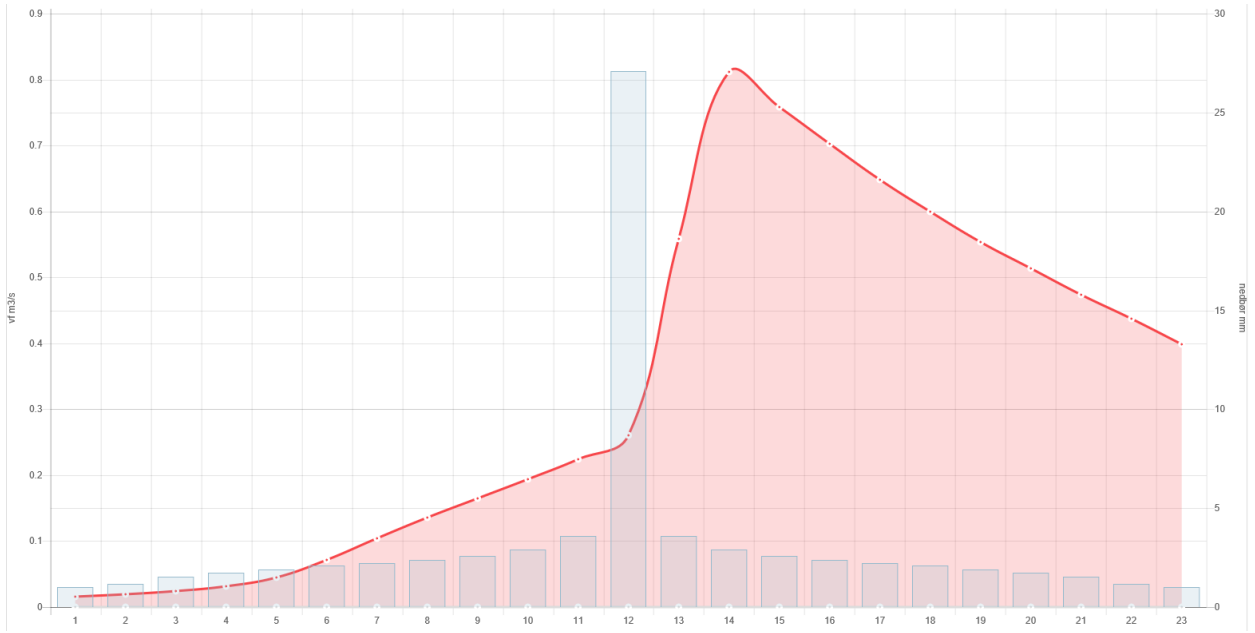
Felt 002.H3B



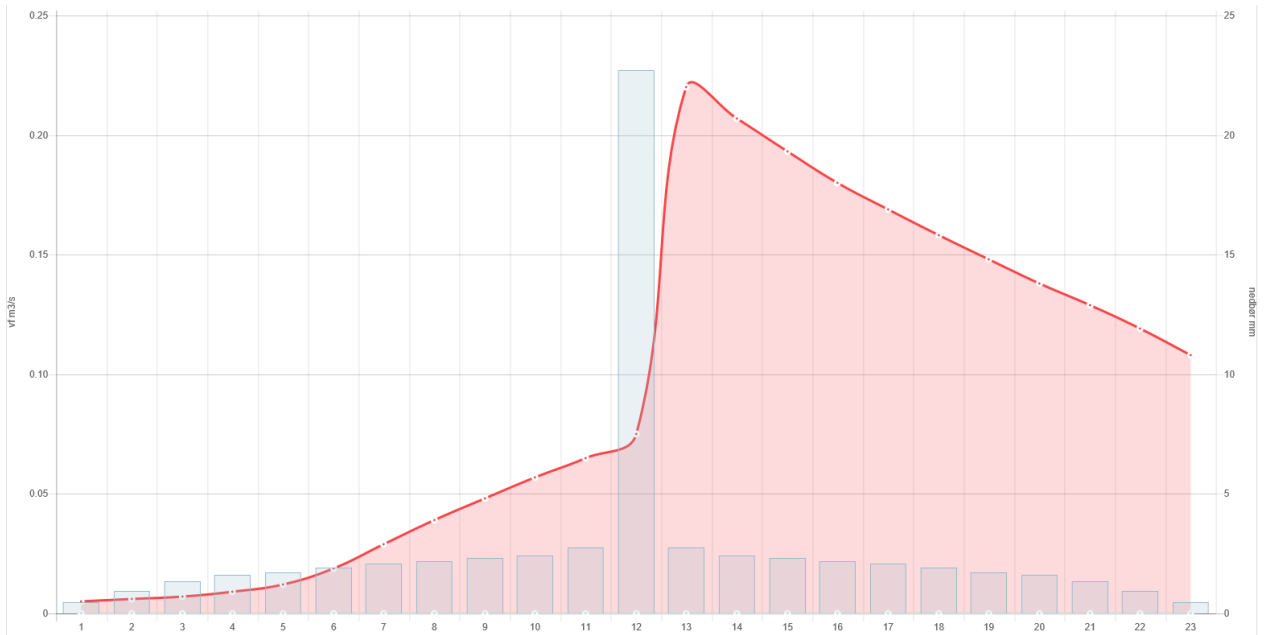


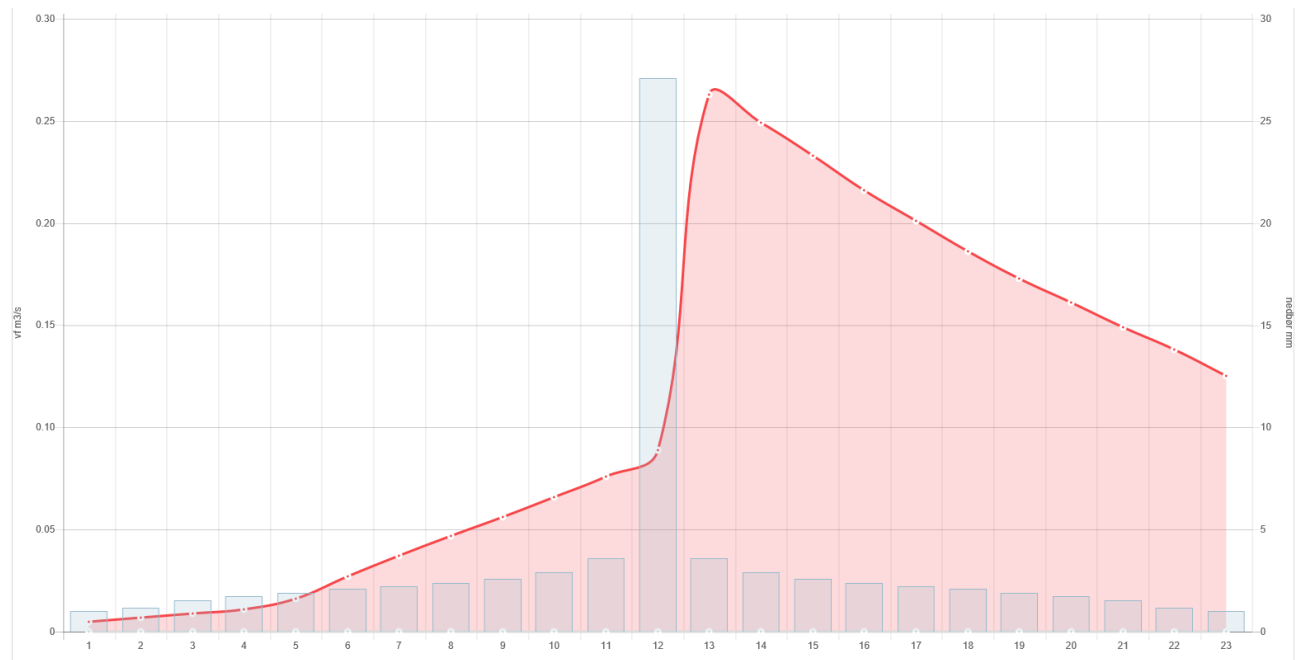
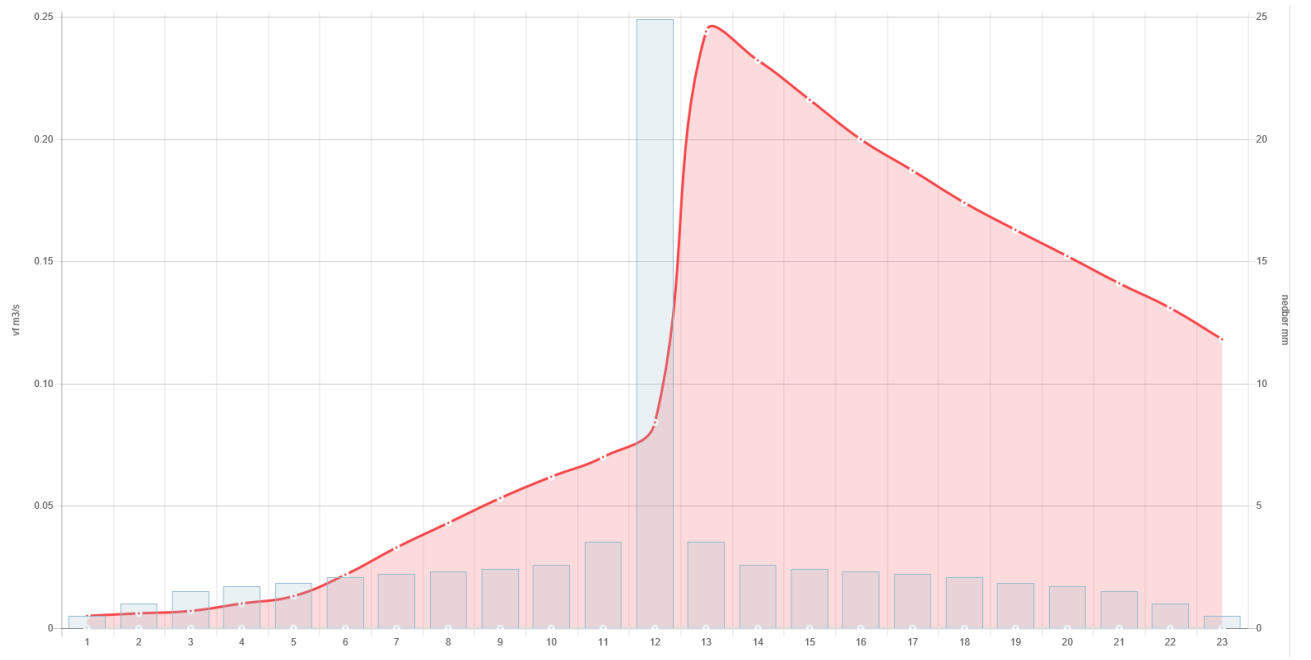
Felt 002.H3AZ





Felt 002.H3AZB



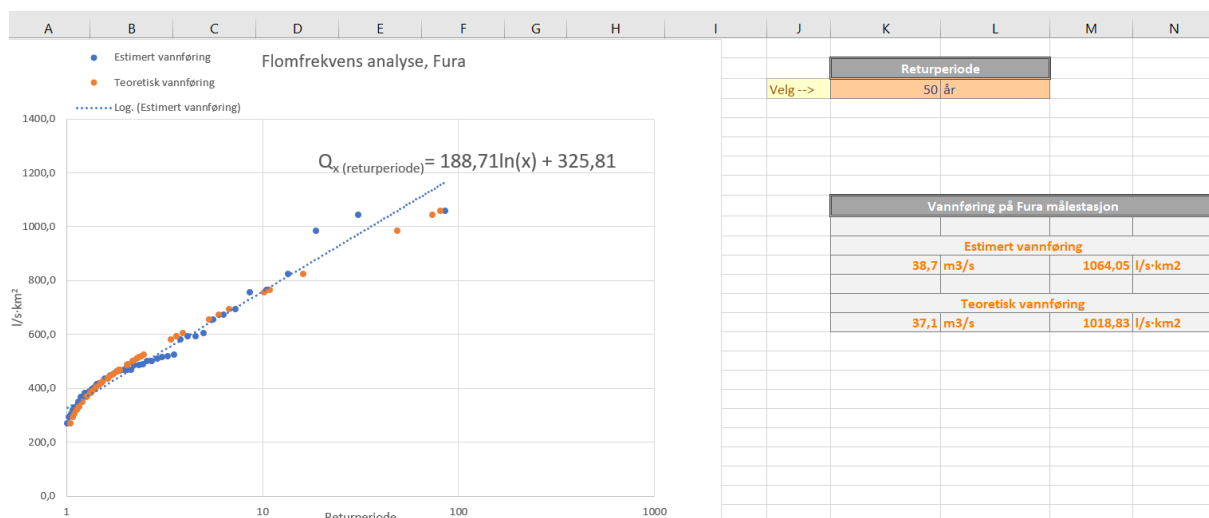


Vedlegg E - Flomfrekvensanalyse

Historiske data for flomhendelser målt av Fura målestasjon

5	Dato	Vannføring (m3/s)	30	10.09.1994	15,36
6	12.11.2018	22,01	31	03.05.1993	19,08
7	18.05.2017	30	32	02.05.1992	17,68
8	23.05.2016	38,51	33	03.11.1991	11,59
9	17.09.2015	21,57	34	27.04.1990	9,77
10	24.10.2014	35,85	35	11.11.1989	18,71
11	22.05.2013	27,49	36	03.09.1988	15,91
12	11.11.2012	24,52	37	02.05.1987	16,26
13	05.09.2011	38,01	38	08.05.1986	15,16
14	14.09.2010	27,84	39	07.09.1985	15,05
15	15.08.2009	16,83	40	20.10.1984	14,64
16	02.05.2008	17,07	41	13.05.1983	12,11
17	15.08.2007	11,95	42	16.05.1982	11,12
18	26.11.2006	17,71	43	12.05.1981	17,02
19	04.11.2005	18,22	44	06.10.1980	18,91
20	21.04.2004	13,33	45	14.05.1979	12,69
21	23.09.2003	13,85	46	23.05.1978	13,5
22	01.05.2002	15,89	47	06.05.1977	13,85
23	10.10.2001	14,07	48	09.05.1976	10,66
24	20.11.2000	16,99	49	26.06.1975	23,86
25	27.09.1999	18,53	50	27.06.1974	21,6
26	26.04.1998	16,94	51	09.05.1973	14,47
27	10.05.1997	18,19	52	09.08.1972	16,5
28	18.04.1996	21,18	53	20.10.1971	25,22
29	31.05.1995	17,8			

Diagram av Fura ($l/s \cdot km^2$)



Gumbelfordelingen og utregninger for å fremstille diagram

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Gumbel fordelingen									
2	Dato	Vannføring (m3/s)	Vannføring (l/s·km2)	Klassifisering	q_i	p_i	T_i estimert	(x-u)/σ	p teoretisk	Tp teoretisk
3	27.04.1990	9,77	268,4	48	0,98836243	0,01163757	1,0117746	-1,12496967	0,045953584	1,04816703
4	09.05.1976	10,66	292,9	47	0,96758105	0,03241895	1,03350515	-0,95431729	0,074504404	1,08050217
5	16.05.1982	11,12	305,5	46	0,94679967	0,05320033	1,05618964	-0,86611493	0,092767814	1,10225366
6	03.11.1991	11,59	318,4	45	0,92601829	0,07398171	1,07989228	-0,77599513	0,113863693	1,12849456
7	15.08.2007	11,95	328,3	44	0,90523691	0,09476309	1,1046832	-0,7069672	0,131620577	1,15157035
8	13.05.1983	12,11	332,7	43	0,88445553	0,11554447	1,1306391	-0,67628812	0,139936783	1,16270523
9	14.05.1979	12,69	348,6	42	0,86367415	0,13632585	1,15784408	-0,56507645	0,172116742	1,20789977
10	21.04.2004	13,33	366,2	41	0,84289277	0,15710723	1,18639053	-0,44236013	0,210898958	1,26726483
11	23.05.1978	13,5	370,9	40	0,82211139	0,17788861	1,21638018	-0,4097636	0,221693026	1,28484009
12	06.05.1977	13,85	380,5	39	0,80133001	0,19866999	1,24792531	-0,34265311	0,244465759	1,32356675
13	23.09.2003	13,85	380,5	38	0,78054863	0,21945137	1,28115016	-0,34265311	0,244465759	1,32356675
14	10.10.2001	14,07	386,5	37	0,75976725	0,24023275	1,31619256	-0,30046938	0,259112603	1,34973277
15	09.05.1973	14,47	397,5	36	0,73898587	0,26101413	1,35320585	-0,22377168	0,286279863	1,40110941
16	20.10.1984	14,64	402,2	35	0,71820449	0,28179551	1,39236111	-0,19117515	0,297997111	1,42449556
17	07.09.1985	15,05	413,5	34	0,69742311	0,30257689	1,43384982	-0,11256001	0,326560708	1,48491484
18	08.05.1986	15,16	416,5	33	0,67664173	0,32335827	1,47788698	-0,09146814	0,334278144	1,50212884
19	10.09.1994	15,36	422,0	32	0,65586035	0,34413965	1,52471483	-0,05311929	0,348347256	1,53455964
20	01.05.2002	15,89	436,5	31	0,63507897	0,36492103	1,57460733	0,04850516	0,385716583	1,62791307
21	03.09.1988	15,91	437,1	30	0,61429759	0,38570241	1,62787551	0,05234005	0,387125595	1,63165567
22	02.05.1987	16,26	446,7	29	0,59351621	0,40648379	1,68487395	0,11945054	0,411721595	1,69987542
23	09.08.1972	16,5	453,3	28	0,57273483	0,42726517	1,74600871	0,16546916	0,42848652	1,74974001
24	15.08.2009	16,83	462,4	27	0,55195345	0,44804655	1,81174699	0,22874476	0,451341258	1,82262657
25	26.04.1998	16,94	465,4	26	0,53117207	0,46882793	1,88262911	0,24983663	0,458897675	1,84807929
26	20.11.2000	16,99	466,8	25	0,51039069	0,48960931	1,95928339	0,25942384	0,462320937	1,85984553
27	12.05.1981	17,02	467,6	24	0,48960931	0,51039069	2,04244482	0,26517617	0,464371314	1,86696498
28	02.05.2008	17,07	469,0	23	0,46882793	0,53117207	2,13297872	0,27476339	0,467782483	1,87893102
29	02.05.1992	17,68	485,7	22	0,44804655	0,55195345	2,23191095	0,39172738	0,508704313	2,03543411
30	26.11.2006	17,71	486,5	21	0,42726517	0,57273483	2,34046693	0,39747971	0,51068027	2,04365354
31	31.05.1995	17,8	489,0	20	0,40648379	0,59351621	2,4601227	0,41473669	0,51658565	2,06861877
32	10.05.1997	18,19	499,7	19	0,38570241	0,61429759	2,59267241	0,48951695	0,541765301	2,18228782
33	04.11.2005	18,22	500,5	18	0,36492103	0,63507897	2,74031891	0,49526928	0,543673288	2,19141237
34	27.09.1999	18,53	509,1	17	0,34413965	0,65586035	2,9057971	0,55471	0,563133381	2,28902817
35	11.11.1989	18,71	514,0	16	0,32335827	0,67664173	3,09254499	0,58922396	0,574211416	2,3485834
36	06.10.1980	18,91	519,5	15	0,30257689	0,69742311	3,30494505	0,62757281	0,586322048	2,41733937
37	03.05.1993	19,08	524,2	14	0,28179551	0,71820449	3,54867257	0,66016934	0,59644764	2,47799319
38	18.04.1996	21,18	581,9	13	0,26101413	0,73898587	3,83121019	1,06283227	0,707883362	3,42329012
39	17.09.2015	21,57	592,6	12	0,24023275	0,75976725	4,16262976	1,13761253	0,725725458	3,64598185
40	27.06.1974	21,6	593,4	11	0,21945137	0,78054863	4,55681818	1,14336486	0,727061155	3,66382441
41	12.11.2018	22,01	604,7	10	0,19866999	0,80133001	5,0334728	1,22198	0,744795058	3,91841941
42	26.06.1975	23,86	655,5	9	0,17788861	0,82211139	5,62149533	1,57670687	0,813300582	5,35620309
43	11.11.2012	24,52	673,6	8	0,15710723	0,84289277	6,36507937	1,70325808	0,833526907	6,00697677
44	20.10.1971	25,22	692,9	7	0,13632585	0,86367415	7,33536585	1,83747906	0,85281017	6,79934764
45	22.05.2013	27,49	755,2	6	0,11554447	0,88445553	8,65467626	2,27273852	0,90210023	10,2145286
46	14.09.2010	27,84	764,8	5	0,09476309	0,90523691	10,5526316	2,33984901	0,908153207	10,8876965
47	18.05.2017	30	824,2	4	0,07398171	0,92601829	13,5168539	2,7540166	0,938313087	16,210894
48	24.10.2014	35,85	984,9	3	0,05320033	0,94679967	18,796875	3,87572049	0,979474192	48,719154
49	05.09.2011	38,01	1044,2	2	0,03241895	0,96758105	30,8461538	4,28988808	0,986387047	73,4594444
50	23.05.2016	38,51	1058,0	1	0,01163757	0,98836243	85,9285714	4,3857602	0,987623805	80,8002815

Variabler

Variabler			
Nedbørsfelt areal Fura			
	36,4 km ²		
Empirisk forventingsverdi			
Xsnitt	512,29 l/s·km ²	$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$	
Empirisk varians			
$\Sigma (X_i - X_{\text{snitt}})^2$	1587080,17	$s_x^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$	
S_x^2	33767,66		
Standaravik			
S_x	183,76		
$\alpha = \sigma$	143,28	$\alpha = \frac{\sqrt{6} s_x}{\pi}$	
Forventingsverdi			
u	429,59	$u = \bar{x} - 0.5772\alpha$	
a	0,44	Gringorten's tall	

Gumbel's ligning	Kumulativ fordeling	
$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-\frac{x-u}{\alpha} \right) \right] = p$		
qi	Overskridelsessannsynlighet. Fra Gringorten's formel	
pi	Ikke overskridelssannsynlighet - Statistisk sannsynlighet for returperiode	$p_i = 1 - q_i$
T	Representerer antatt fordeling av 48 år med data.	
p	Beregnet sannsynlighet for at denne type flom oppstår	
Estimert	Antatt sannsynlighet utifra de observerte data	
Teoretisk	Beregnet sannsynlighet for at en slik flom oppstår	

Beregning av helning i felt

Feltparametere					
	Fura	002.H5	002.H3B	002.H3AZ	002.H3AZB
H _{max} (m)	758	302	496	371	300
H _{min} (m)	348	224	212	266	266
Lengde (m)	10 000	3 100	8 700	1 700	800
Høydeforskjell (m)	410	78	284	105	34
Vinkel (°)	2,35	1,44	1,87	3,53	2,43
Vinkel (%)	4,10	2,52	3,26	6,18	4,25
Vinkel (‰)	41,00	25,16	32,64	61,76	42,50

Regional flomfrekvensanalyse av alle felt

1	Regional flomfrekvens analyse			
2	Returperiode	50	100	200
3	Fura (m ³ /s)	38,7	43,5	48,3
4	002.H5 (m ³ /s)	1,7	1,9	2,1
5	002.H3B (m ³ /s)	22,5	25,2	28,0
6	002.H3AZ (m ₃ /s)	0,53	0,60	0,66
7	002.H3AZB (m ³ /s)	0,21	0,24	0,27

Vedlegg F – Dimensjonering av stikkrenner og kulverter med HY-8

Crossing Properties

Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	2.990	cms
Maximum Flow	3.000	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	1.000	m
Channel Slope	0.0250	m/m
Manning's n (channel)	0.033	
Channel Invert Elevation	99.770	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	1.000	m
Crest Elevation	102.500	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	11.000	m

Culvert Properties

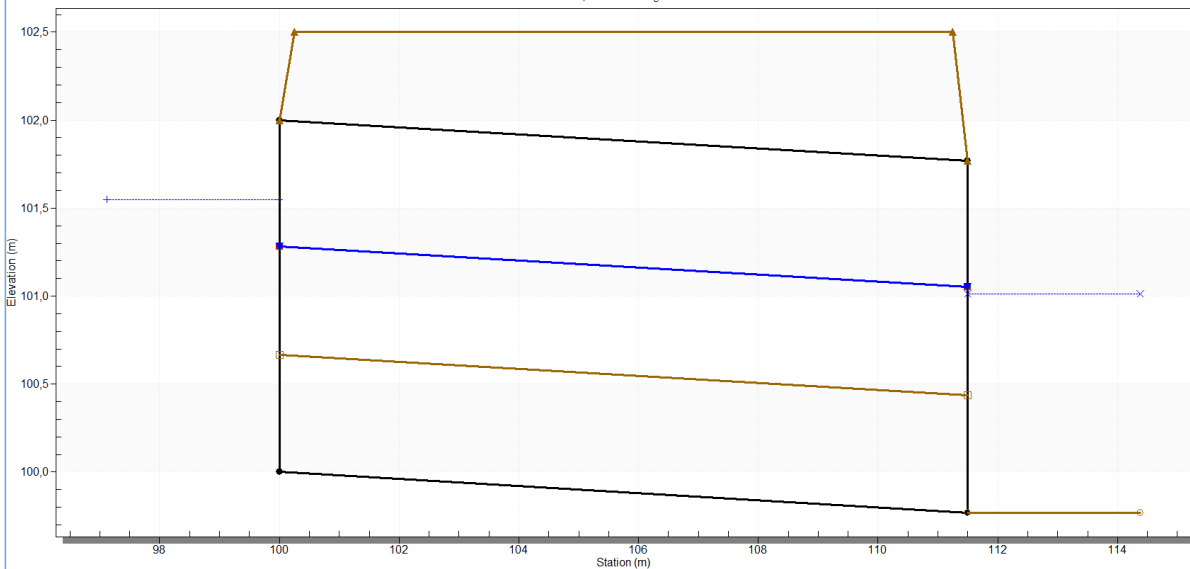
002.H5 Add Culvert

Duplicate Culvert

Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	002.H5	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	2000.000	mm
Embedment Depth	666.670	mm
Manning's n (Top/Sides)	0.012	
Manning's n (Bottom)	0.035	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Thin Edge Projecting	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	100.000	m
Inlet Elevation	100.000	m
Outlet Station	111.500	m
Outlet Elevation	99.770	m
Number of Barrels	1	

Crossing - 002.H5, Design Discharge - 2.99 cms
Culvert - 002.H5, Culvert Discharge - 2.99 cms



Crossing Properties

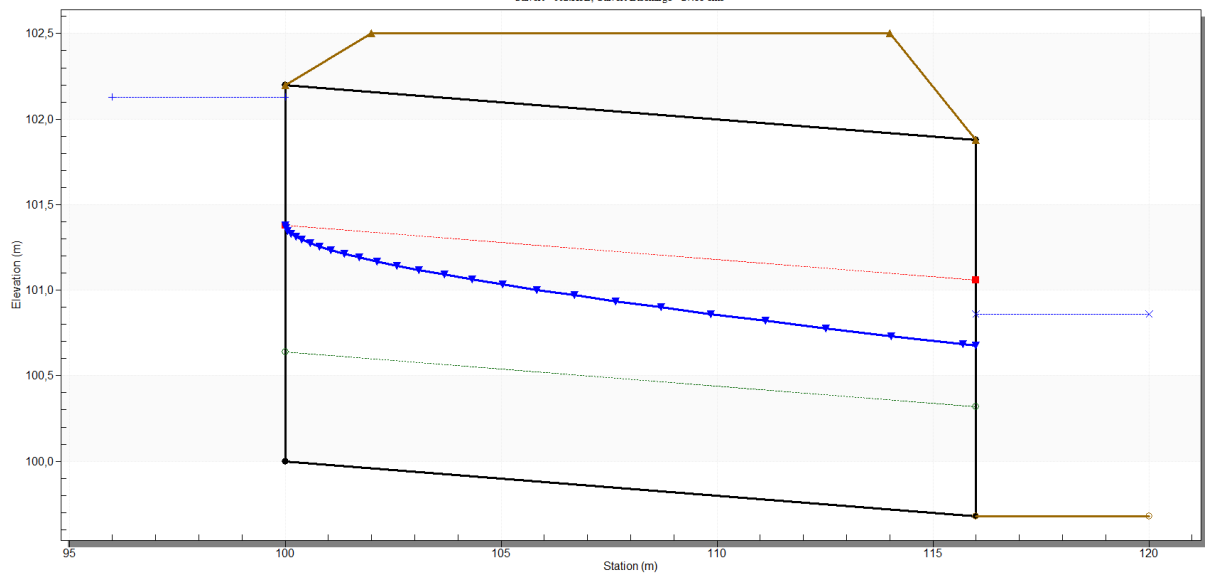
Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	27.880	cms
Maximum Flow	27.890	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	4.000	m
Channel Slope	0.0326	m/m
Manning's n (channel)	0.025	
Channel Invert Elevation	99.500	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	4.000	m
Crest Elevation	102.500	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	12.000	m

Culvert Properties

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	002.H3B	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	5500.000	mm
Rise	2200.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.012	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	100.000	m
Inlet Elevation	100.000	m
Outlet Station	116.000	m
Outlet Elevation	99.500	m
Number of Barrels	1	

Crossing - 002.H3B, Design Discharge - 27.88 cms
 Culvert - 002.H3B, Culvert Discharge - 27.88 cms



Crossing Properties

Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	0.810	cms
Maximum Flow	0.811	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	1.000	m
Channel Slope	0.0600	m/m
Manning's n (channel)	0.028	
Channel Invert Elevation	99.730	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	1.000	m
Crest Elevation	102.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	13.000	m

Culvert Properties

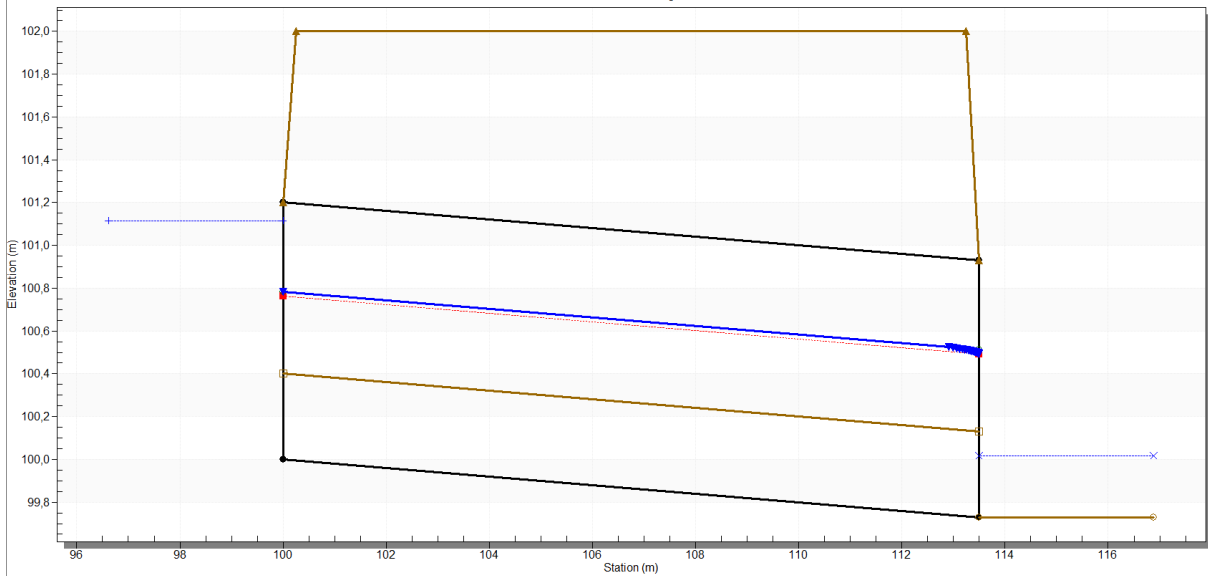
Add Culvert

Duplicate Culvert

Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	002.H3AZ	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1200.000	mm
Embedment Depth	400.000	mm
Manning's n (Top/Sides)	0.012	
Manning's n (Bottom)	0.035	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Thin Edge Projecting	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	100.000	m
Inlet Elevation	100.000	m
Outlet Station	113.500	m
Outlet Elevation	99.730	m
Number of Barrels	1	

Crossing - 002.H3AZ, Design Discharge - 0.81 cms
Culvert - 002.H3AZ, Culvert Discharge - 0.81 cms



Crossing Properties

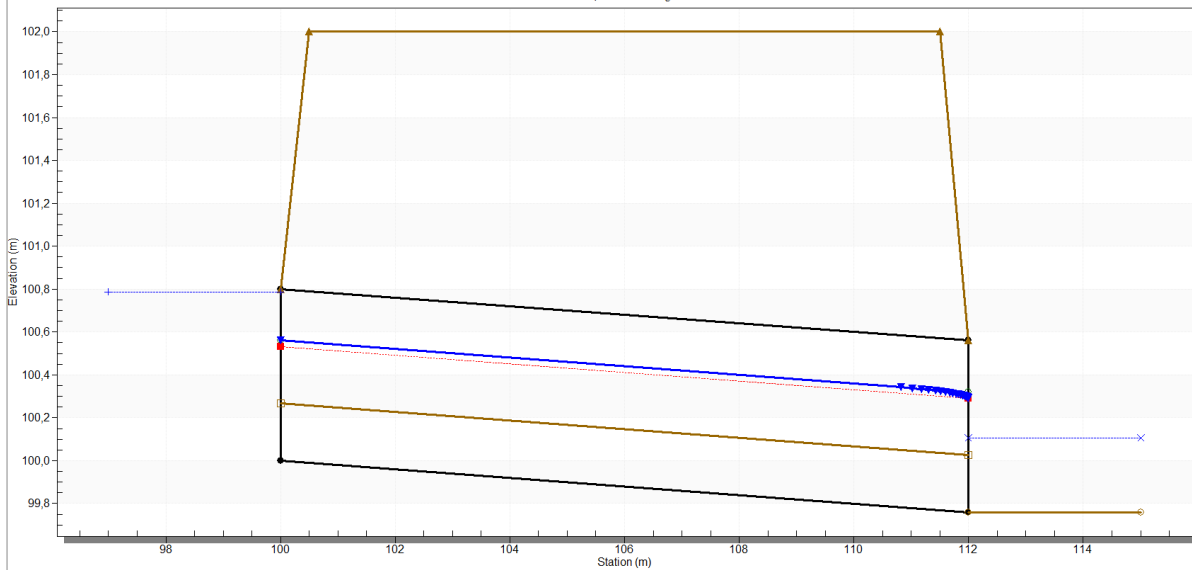
Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	0.340	cms
Maximum Flow	0.341	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	0.500	m
Channel Slope	0.0400	m/m
Manning's n (channel)	0.028	
Channel Invert Elevation	99.760	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	0.500	m
Crest Elevation	102.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	11.000	m

Culvert Properties

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	002.H3AZB	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	800.000	mm
Embedment Depth	266.670	mm
Manning's n (Top/Sides)	0.012	
Manning's n (Bottom)	0.035	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Thin Edge Projecting	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	100.000	m
Inlet Elevation	100.000	m
Outlet Station	112.000	m
Outlet Elevation	99.760	m
Number of Barrels	1	

Crossing - 002.H3AZB, Design Discharge - 0.34 cms
 Culvert - 002.H3AZB, Culvert Discharge - 0.34 cms



Vedlegg G – Informasjon om stikkrenner/kulverter fra NVDB

Veg	HP	Meter	Si	Avdeling	Bruksområde	Gjennomløp for elv/bekk	Materialtype	Tverrsnittsform	Type innløp	Type utløp	Lengde	Diameter, innvendig	Bredde, innvendig	Høyde, innvendig	Tykkelse overfylling
Fv536 1	501		M	Hedmark	Vann		Betong	Sirkulær			10,00	300			0,8
Fv536 1	2096		M	Hedmark	Vann		Betong	Sirkulær		I bekk/elv	11,50	500			2,0
Fv536 1	2125		M	Hedmark	Vann	Ja	Betong	Rektangulær		I bekk/elv	9,50	0			2,2
Fv536 1	3642		M	Hedmark	Vann		Betong	Sirkulær			11,00	200			1,1
Fv536 2	171		M	Hedmark	Vann	Ja	Betong	Rektangulær	Åpent i grøft	I bekk/elv	16,09		2300	1800	
Fv536 2	222		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			9,50	300			0,9
Fv536 2	800		M	Hedmark	Vann		Betong	Sirkulær			12,50	200			0,7
Fv536 2	1119		M	Hedmark	Vann		Betong	Sirkulær			10,00	300			2,0
Fv536 2	1362		M	Hedmark	Vann		Betong	Sirkulær			12,50	300			2,4
Fv536 2	1868		M	Hedmark	Vann		Betong	Sirkulær		I bekk/elv	12,00	400			2,0
Fv536 2	2008		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			9,00	300			1,0
Fv536 2	2233		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			9,00	300			0,8
Fv536 2	2336		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			9,50	250			1,2
Fv536 2	2400		M	Hedmark	Vann		Betong	Sirkulær			10,00	250			1,2
Fv536 2	2505		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			11,00	500			1,0
Fv536 2	2649		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			9,50	300			0,8
Fv536 2	2806		M	Hedmark	Vann		Betong	Sirkulær			10,50	300			1,0
Fv536 2	2947		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			12,50	500			1,8
Fv536 2	3041		M	Hedmark	Vann		Betong					300			
Fv536 2	3317		M	Hedmark	Vann		Betong	Sirkulær		I bekk/elv	11,50	400			1,3
Fv536 2	3588		M	Hedmark	Vann		Betong	Sirkulær			13,00	300			2,4
Fv536 2	3802		M	Hedmark	Vann		Betong	Sirkulær			10,50	250			1,2
Fv536 2	3940		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			13,00	250			1,8
Fv536 2	4030		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			12,00	250			1,2
Fv536 2	4308		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær		I bekk/elv	19,50	400			2,2
Fv536 2	4429		M	Hedmark	Vann	Ja	Betong	Sirkulær			10,00	300			1,0
Fv536 2	4435		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			6,00	200			
Fv536 2	4450		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			8,00	250			
Fv536 2	4485		M	Hedmark	Vann		Betong	Sirkulær			10,50	300			1,0
Fv536 2	4692		M	Hedmark	Vann		Naturstein	Rektangulær			13,50	0			
Fv536 2	4767		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			12,00	400			1,8
Fv536 2	5048		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			12,00	500			1,0
Fv536 2	5137		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			13,50	300			1,8
Veg	HP	Meter	Si	Avdeling	Bruksområde	Gjennomløp for elv/bekk	Materialtype	Tverrsnittsform	Type innløp	Type utløp	Lengde	Diameter, innvendig	Bredde, innvendig	Høyde, innvendig	Tykkelse overfylling
Fv536 2	5206		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			15,00	400			1,0
Fv536 2	5319		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			12,00	500			1,2
Fv536 2	5382		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			11,00	300			1,5
Fv536 2	5492		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			10,00	300			0,8
Fv536 2	5635		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			10,50	300			1,5
Fv536 2	5706		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			11,00	250			1,0
Fv536 2	5764		M	Hedmark	Vann		Plast	Sirkulær			12,00	500			1,0

