



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2019 (30 stp)

**Tittel: En sammenlikning av
hydrologiske modeller for å vurdere
endring i overflateavrenning etter
feltutbygging**

**Title: A comparison of hydrological models to
assess changes in surface runoff after
catchment development**

Ahmed A. Hussein

Vann- og miljøtekn

Denne masteroppgaven er skrevet ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) våren 2019,
Masteroppgaven er utført i samarbeid med COWI og utgjør 30 studiepoeng som et avsluttende arbeidet på sivilingeniørutdanningen i Vann- og miljøteknikk. Jeg vil takke min veileder Vegard Nilse, Bi-veileder Phan Åge Haugård.

Sammendrag

Et av de mulige kravene ved prosjektering av utbygg er å beholde de naturlige avrenningsforholdene i prosjektområdet. Ofte ligger løsningen ved å anlegge et fordrøyningsanlegg nedstrøms prosjektområdet, slik at den økt avrenning fra utbyggingsområdet blir holdt tilbake. Det er utfordrende å bestemme denne, spesielt for nedbørsfelt uten registrerte vannføringsmålinger. Modellene og metodene som blir benyttet i dag varierer i kompleksitet. Dette begrenser hvorvidt disse metodene klarer å gjenspeile faktiske endringer i feltet. Nasjonale føringer for estimering av nødvendig fordrøyningsvolum har ingen kvantitative bestemmelser. Det er i denne oppgaven først gjort en utredelse for bruk av Rasjonale metode, Modifisert rasjonale metode/Wallingford Modifisert rasjonale metode og WinTR-55 for beregning av maksimal avrenning.

Det er brukt PQRUT og WinTR-55 for beregning av hydrogram for både før og etter utbygging av en prosjektert utbygging i Bamble Kommune. Resultatene viser at det er WinTR-55 som gir lavest nødvendig fordrøyningsvolum. Denne Modellen klarte å knytte til seg endringer i nedbørsfeltet i større grad enn de resterende. Modellene viste seg å være egnet for norske forhold, det samme med modifisert rasjonale metode. Den modifiserte rasjonale metode viste seg å være lite egnet for dette nedbørsfeltet og er trolig mer egnet for mer urbane felt.

Abstract

A condition often set by authorities in developing natural areas, is to restore the pre-developed runoff condition. This is often done by constructing and placing a storage structure downstream for the construction site. It is often challenging to model runoff in catchment scale, especially in catchments where there are no registered runoff measurements. The methods used today for estimating pre and post developed runoff have varying complexity. This limits their capabilities for estimating the changes in pre- and post-construction runoff. Furthermore, there are no given quantitative criteria from authorities. In this paper, it is presented and discussed rational method, Wallingford rational method and WinTR-55 for calculating pre- and post-developed maximum discharge for a given construction site. PQRUT and WinTR-55 is used to generate estimated hydrographs for pre- and post-developed conditions. The construction site is located in Bamble Municipality. The results show that WinTR-55 give the lowest values for estimated detention volume, and is the model that was most able to attach actual catchment changes to model parameters. Both WinTR-55 and Modified rational method showed to be applicable to Norwegian settings. It was found that Modified rational method is not suitable for the given catchment, and is probably more suitable for more Urban catchments.

1 Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
Abstract	3
Tabell-liste	6
Figur-liste	7
1 Innledning	8
1.1 Problem	8
2 Bakgrunn/ Teori	9
2.1 Urbanisering og klimaendringer	9
2.2 Hydrologiske prosesser og elementer.....	12
2.2.1 Hydrologisk modellering	12
2.2.2 nedbørsinformasjon	13
2.2.3 Effektiv nedbør.....	14
2.2.4 NRCS curve-number model prinsipper.....	14
2.2.5 Infiltrasjon	19
2.2.6 Enhetshydrogram, konvolusjon og linær tidsuavhening system	20
3 Studieområde og metoder	22
3.1 Felt beskrivelse	27
3.2 Konsentrasjonstid	28
3.2.1 Vegvesenets formel for konsentrasjonstid i naturlige felt.....	28
3.2.2 Noreml.(2015)- naturlige felt.....	29
3.2.3 NRCS: Watershed lag method	30
3.3 Beregning av Maksimal avrenning.....	30
3.3.1 Rasjonale metode prinsipper	30
3.3.2 Modifisert rasjonale metode Prinsipper	36
3.3.3 NRCS WinTR-55 metode	41
3.3.4 Hyetogram.....	43
3.4 Beregning av hydrogram	45
PQRUT prinsipper.....	45
3.5 Beregning av Fordrøyningsvolum	49
Regnevelop-metoden	49
4 Resultater & Diskusjon	50
4.1 Symmetrisk blokk-hyetogram for 24t regn med gjentaksintervall = 200år	50
4.2 Konsentrasjonstid	53
4.3 Maksimal avrenning for studieområdet.	54

4.4	<i>Nødvendig fordrøyningsvolum ved bruk av Rajonale metode og regnenvelopmetoden.....</i>	<i>57</i>
4.4.1	WINTR-55	58
4.4.2	PQRUT	61
5	Konklusjoner.....	64
6	Referanser	64
7	Vedlegg	66

Tabell-liste

Tabell 2-1: nasjonale klimafaktorer for ulike varigheter [timer] og returperioder [år], basert på median av klimafaktorer for alle gridpunkt over fastlands-Norge, og alle simuleringer. Kilde NCCS report no5/2019	11
Tabell 2-2: Anbefalte klimapåslag [%] for endring i dimensjonerende kortidsnedbør frem ti2071-2100. M5= 5-års gjentaksintervall, M50= 50-års gjentaksintervall. Kilde(NCCS report no5/2019)	11
Tabell 3-1: Parameterne er estimert ved bruk av karttjenester fra NEVINA og Grenlandskartet.	27
Tabell 3-2.: Avrenningsfaktorer (C).Vassedragshåndboka s32	32
Tabell3-3 Hentet fra Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments (1994, Academic Press).....	33
Tabell3-4.....	34
Tabell 4-1: konsentrasjonstider utregnet med ulike formler for nedbørsfeltet før og etter utbygging	53
Tabell 4-2: QMAKS [m^3/s] med rasjonale metode før Utbygging av studieområdet	54
Tabell 4-3:QMAKS [m^3/s] med rasjonale metode, etter Utbygging av studieområdet.....	54
Tabell 4-4:QMAKS [m^3/s] med modifiserte rasjonale metode, etter Utbygging.....	55
Tabell 4-5: QMAKS [m^3/s] med WINTR-55 (T_c = Norem) og samlet felt før utbygging,	58
Tabell 4-6: QMAKS [m^3/s] med TR-55 (T_c = Norem) og samlet felt etter utbygging	58
Tabell4-7	60
Tabell 4-8: Viser masimal avrenning for før- og etter utbygging av området	61
Tabell 4-9 Viser simulert flomberegning før-utbygging (venstre) og etter utbygging (høyre) for studieområdet med bruk av PQRUT online kalkulator. Det er brukt samme symmetriske blokkhyetogram som fremtilt i figur (-).	61
Tabell4-10.....	62

Figur-liste

Figur 1: klassifisering av hydrologiske modeller	13
Figur 2: Visualisering av komponentene kuve-nummer modellen kilde: Error! Bookmark not defined.	
Figur 3: CN-verdier for ulike overflater og løsmassegrupper: Kilde FHWA2009	17
Figur 4: Viser en visuell fremstilling av konvolusjonen man må gjøre for å generere et Enhetshydrogram	21
Figur 5: Hypsografisk kurve av studieområdet. Høydeinformasjon er generert ved bruk av NEVINA	24
Figur 6: reguleringsplan over studieområdet med målt areal for tetteflater. Det mørke området er ikke tatt med i vurdering av området.	24
Figur 7: 3D visning av området, med tenkt avrenningsmønster for det nye området som bidrar med avrenning	25
Figur 8: Genererte nedbørsfelt før og etter vegutbygging. Generert ved bruk av NEVINA. Videre viser satellittbildene at området består hovedsakelig av skog	25
Figur 9: løsmassemekthetskart over studieområdet, vi ser at det er bartfjell som skjuler seg under skogsområdet. (kilde:NGU)	26
Figur 10: Kart som viser tykkelsen av løsmasser i området(Kilde: NGU)	26
Figur 11: Figuren viser områdets infiltrasjonsevne (Kilde:NGU)	26
Figur 12: K-verdier etter Norem	29
Figur 13: effektiv impermeable areal faktor (Butler,2001)	40
Figur 14: Appendix , Greater Dublin Strategic Drainage Study	41
Figur 15 Viser geografiske grenser av NRCS nedbørdistribusjoner	45
Figur 16: Skisse av modellstrukturen og et simulert flomhydrogram. kilde NVE Veileder 2015_7	46
Figur 17: Viser det symmetriske blokkhyetogrammet som er konstruert for t=200år	50
Figur 18: Viser en sammenligning av NRCS typeregne og en normalisert kumulativ av det symmetriske blokkhyetogrammet med T=200år	52
Figur 19: Viser beregning av nødvendig fordrøyningsvolum med regnvelopmetoden	57
Figur 20: Hydrogram for feltet før utbygning generert med WINTR-55 for 2 og 200 år gjentaksintervall.	58
Figur 21	59
Figur 22	59
Figur 23	60
Figur 24	63
Figur 25: $T=50\text{år}$, $K2=1/Tc$	63
Figur 26: $T=200\text{år}$, $K2=1/tc$	64
Figur 27: Figuren viser tenkt utbygging av Lnagrønningen. Hele nedbørsfeltet er ikke med	66

1 Innledning

1.1 Problem:

Et av de mulige kravene ved prosjektering av utbygg er å beholde de naturlige avrenningsforholdene i prosjektområdet. Ofte ligger løsningen ved å anlegge et fordrøyningsanlegg nedstrøms prosjektområdet. Det er utfordrende å beregne avrenningen både før- og etter situasjonen I tillegg er avrenningsberegningene av avgjørende betydning for dimensjonering av fordrøyningsanlegg. I VA-miljøblad 69 er det beskrevet at det kan beregnes maksimal avrenning for nedbørsfeltet før utbygg. Dette kan bli brukt som en konstant utløp og man videre bruke metoder for beregning av fordrøyningsvolum som har konstant innløpshydrogram. Faktiske forhold gjenspeiler ikke en slik situasjon, da man vet at vannføringen i et nedbørsfelt varierer med tiden og at fortetting av området vil fremskynde flomtappen. Det er derfor valgt å se på Hvordan andre land har løst slik problematikk. Amerikanske vegmyndigheter har utviklet metodikk som har et mer teoretisk grunnlag enn VA-miljøblad 69 og derfor vært et ønske om å utforske hvordan de løser sammenlignbare problemstillinger og hvorvidt disse er egnet for norske forhold.

Problemstilling:

Oppgaven skal se nærmere på hvordan utvalgte metoder og -modeller kan være aktuelle for slike prosjekter.

- Det skal gjøres en sammenligning av den rasjonale metoden, wallingford modified rational method og TR-55 metoden.
 - Undersøkelse av de utvalgte metodene for maksimal avrenning kan benyttes under norske forhold. Hvordan kjennskap til feltet kan brukes til å estimere parameterne, som gjenspeiler faktiske forhold.
 - Undersøkelse av parameter sensitivitet, og hvor godt de utvalgte modellene håndterer endringer i forholdene før og etter en utbygning.
- Det skal gjøres en sammenligning av PQRUT og WinTR-55

- Undersøkelse av hvordan utvalgt metode for å beregne et hydrogram kan benyttes under norske forhold. Hvordan kan kjennskap til feltet brukes til å estimere parameterne, som gjenspeiler faktiske forhold.
- Det skal undersøkes hvor følsom beregning av nødvendig volum er ved bruk av ulike hydrologiske modeller og metoder for beregning av avrenningsvolum.

2 Bakgrunn/ Teori

2.1 Urbanisering og klimaendringer

Det er i dag bred enighet om at klimaendringene er resultat av menneskelig adferd. Med Stortingsmelding 33(2012-2013) ønsker man en føre-var prinsipp der man legger til grunn de høyeste alternativene fra nasjonale klimaframskrivninger for arbeidet med klima- vurdering og tilpasning. Dette har vært grunnlaget for klimarapporten «Klima i Norge 2100» Det er det er forsøkt å estimere hvordan klima vil forandre seg på nasjonalt nivå til 2100, med bruk av matematiske likninger og ulike utslippstrendscenarier.

Representative Concentration Pathways» (RCP) er en representasjon av ulike utslippsscenarioer som er brukt av FNs klimapanel, Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC). I klima rapporten «Klima i Norge 2100» er det tre ulike RCP verdier lagt til grunn for de nasjonale klimaframskrivningene basert på IPCC femte evalueringsrapport. RCP8.5 representerer en scenario der det ikke oppnås utslippskutt av drivhusgasser og man får en økt varmetilførsel i år 2100 på 8.5 W/m^2 sammenlignet med et referanseår. Under dette scenarioet har man i Norge estimert endringer i klima frem til 2100, med en referanseperiode (1971-2000). Estimaten er gitt i medianverdi og er som følger(Hanssen-Bauer et al., 2017). (Riahi et al., 2011)

- Temperatur økning på ca 4.5 grader celsius
- 18% økning i årlig nedbør
- Store nedbørhendelser blir mer intense og kommer hyppigere

- Flom som følge av nedbør vil øke i størrelse og hyppighet
- Smelteflom vil redusere i størrelse og hyppighet.
- Lavt landsområder vil få betydelig mindre snømengde, mens snømengder i fjellområder kan øke.
- Det vil bli en reduksjon i antall og størrelsen på isbreer
- Langs kysten vil det være en økning på gjennomsnittlig havnivå på mellom 15-55cm avhengig av lokasjon.

For dimensjonering av VA-relatert infrastruktur er det det nødvendig med et påslag for fremtidige klimaendringer, dette gjelder spesielt for nedbørestimater. Det har blitt utarbeidet klimafaktorer som multipliseres med dimensjonerende nedbørsverdier, hentet ut fra IVF statistikk. Slik at en kan estimere fremtidig økning i nedbørsmengder for ulike nedbørvarigheter. Hva IVF-kurver representerer er beskrevet senere i teksten under nedbørsinformasjon. Bakgrunnen for og simuleringen av ulike modeller er nøye beskrevet i ((A. V. D. o. E. J. Førland, 2019)) og kan lastes ned fra Norsk klimaservicesenter sine hjemmesider. Arbeidet baserer seg på tidligere arbeid gjort av (E. Førland, Mamen, Dyrddal, Grinde, & Myrabø, 2015) og (Sorteberg, Lawrence, Dyrddal, Mayer, & Engeland, 2018).

Klimafaktoren avhenger bl.a. av gjentaksintervall, nedbørvarighet, lokalitet, referanseperiode, scenarioperiode osv. Klimafaktor klassifiseres av Norsk klimaservicesenter som presise beregninger av forventet endring i dimensjonerende nedbør, mens klimapåslag er robuste påslag på tilgjengelig IVF-data. Følgende er en tabell fra overnevnte rapport som gir anbefalte medianverdier for klimafaktor for ulike nedbørvarigheter og gjentaksintervall på nasjonalt grunnlag. Det anbefales videre på bakgrunn av disse median verdiene, klimapåslag da det er store usikkerheter knyttet til klimaframskrivninger for nedbør, samt store forskjeller mellom modellsimuleringer. Disse klimapåslagene er ment som robuste anbefalinger, der basisen er de store trekkene i simuleringresultatene. Det skilles mellom høy M5 (nedbørrike områder) og lav M5(tørre områder) i tabell 2. Terskelen for denne variasjonen er avhengig av hvilken dimensjonerende nedbørsvarighet man har som utgangspunkt som det fremkommer i tabell 2. Et anslag som er ment som en veiledning er gitt i parenteser for ulike nedbørvarigheter i tabell 2.

Varighet	5 år	10 år	20 år	50 år	100 år	200 år
1 time	1.36	1.37	1.38	1.40	1.41	1.42
3 timer	1.30	1.31	1.32	1.33	1.34	1.35
6 timer	1.28	1.28	1.29	1.30	1.30	1.31
12 timer	1.25	1.25	1.26	1.26	1.27	1.27
24 timer	1.23	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24

Tabell 2-1: nasjonale klimafaktorer for ulike varigheter [timer] og returperioder [år], basert på median av klimafaktorer for alle gridpunkt over fastlands-Norge, og alle simuleringer. Kilde NCCS report no5/2019

Varighet	<M50		≥M50	
	Lav M5	Høy M5	Lav M5	Høy M5
≤1 time	40	40	50	50
2 – 3 timer	40	30	40	30
4 – 6 timer	30	30	40	30
7 – 24 timer	30	20	30	30

Tabell 2-2: Anbefalte klimapåslag [%] for endring i dimensjonerende kortidsnedbør frem ti2071-2100. M5= 5-års gjentaksintervall, M50= 50-års gjentaksintervall. Kilde(NCCS report no5/2019)

Det skilles mellom høy M5 (nedbørrike områder) og lav M5(tørre områder) i tabell 2.

Terskler for denne variasjonen er avhengig av hvilket dimensjonerende nedbørsvarighet man har som utgangspunkt slik det fremkommer i tabell 2. Et anslag som er ment som en veiledning er følgende

- 24-t nedbørshendelse: $M5 \approx 70\text{mm}$

- 12-t nedbørshendelse: $M5 \approx 50\text{mm}$
- 6-t nedbørshendelse: $M5 \approx 40\text{mm}$
- 3-t nedbørshendelse: $M5 \approx 30\text{mm}$

2.2 Hydrologiske prosesser og elementer

2.2.1 Hydrologisk modellering

En modell er et systematisk og forenklet representasjon av virkelige prosesser, og blir ofte brukt for å enten forutse adferd eller få dypere forståelse av virkelige prosesser (Devia, Ganasri, & Dwarakish, 2015). Ved vurdering av en modell kan noen av kriteriene være nøyaktigheten av resultatene sammenlignet med virkelige målinger, bruk av få parametere og modellens kompleksitetsgrad. Nedbør-Avløps modell som navnet tilsier er en modell som tar nedbør som «input» og gir avrenning som «output». For at en slik modell skal ha en verdi er det en forutsetning at modellen klarer å reprodusere sammenhengen mellom de virkelige prosessene og konsekvensene av de. Hydrologiske modeller blir ofte klassifisert i følgende kategorier Fysisk, Konseptuell eller Empirisk basert modell. Tabellen under viser forskjellen mellom de ulike kategoriene. Nedbør-avløps modeller blir klassifisert basert på modell input, modellparametere og hvorvidt modellen anvender fysiske prinsipper. Andre klassifiseringskriterier som også er brukt er hvorvidt en modell tillater romlige variasjoner eller om disse variasjonene er «flettet» inn i få parametere. Distribuerte modeller gir muligheten til å beregne avrenning i avgrensede områder innenfor et nedbørsfelt. «lumped» modeller derimot fletter nedbørsfelts egenskaper inn i få parametere og resultatene er for hele nedbørsfeltet (Chin, Mazumdar, & Roy, 2013). Videre er tid en klassifiseringskriteriet, hvorvidt modellens resultater er transiente eller om de er statiske og kun representerer enkelthendelser eller innenfor en spesifisert tidsperiode.

Table 1. Characteristics of three models.

Empirical model	Conceptual model	Physically based model
Data based or metric or black box model	Parametric or grey box model	Mechanistic or white box model
Involve mathematical equations, derive value from available time series	Based on modeling of reservoirs and include semi empirical equations with a physical basis.	Based on spatial distribution. Evaluation of parameters describing physical characteristics
Little consideration of features and processes of system	Parameters are derived from field data and calibration.	Require data about initial state of model and morphology of catchment
High predictive power, low explanatory depth	Simple and can be easily implemented in computer code.	Complex model. Require human expertise and computation capability.
Cannot be generated to other catchments	Require large hydrological and meteorological data	Suffer from scale related problems
ANN, unit hydrograph	HBV model, TOPMODEL	SHE or MIKESHE model, SWAT
Valid within the boundary of given domain	Calibration involves curve fitting make difficult physical interpretation	Valid for wide range of situations.

Figur 1: klassifisering av hydrologiske modeller

Det å estimere usikkerheten knyttet til resultatene fra en nedbør-avløps modell involverer det å indentifisere og kvantifisere mulige feilkilder. Dette gjelder usikkerhet knyttet til inputen som for eksempel nedbørmålinger og hvorvidt de er representative for området som modelleres. Dette blir som regel luket ut gjennom en kalibreringsprosess, hvor en kjører flere simuleringer helt til man får modellresultater som er sammenlignbare med virkelige målinger. Det vil også være usikkerhet i modell strukturen, den representasjonen av virkelige prosesser som modellen er bygget på er begrenset av forståelse av observert data, noe som introduserer usikkerhet i modellstrukturen. (Devia et al., 2015)

2.2.2 nedbørsinformasjon

For å kunne utføre avrenningsanalyser er man avhengig av god nedbørsdata som grunnlag for et modellregn som anvendes som input i nedbør-avløpsmodeller. Intensitet-varighets-frekvenskurver, ofte kun referert som IVF-kurver er et godt brukt verktøy for å samle nedbørsdata. En slik kurve oppsummerer nedbørsstatistikken i et gitt området og gir en sammenheng mellom varighet, midlere intensitet og gjentaksintervall. Man kan da benytte seg av kurven direkte sammen med rasjonale metode og sette varigheten = nedbørsfeltets konsentrasjonstid. Ved å en slik utnyttelse også kjent som kasseregn vil den utregnede dimensjonerende avrenningen (Q_d) være basert på antagelse om en nedbørshendelse har konstant intensitet noe som skjer sjeldent. I tillegg som tidligere nevnt inneholder IVF-kurven mildere intensiteter, dermed vil man ved en slik metode undervurdere toppintensiteten i regnhendelsen. Dimensjonerende nedbør (store

regnhendelser) har som regel en høy toppintensitet som inntreffer vilkårlig og har en betraktelig kortere varighet enn regnhendelsen.(Lindholm & Aune, 1978)

2.2.3 Effektiv nedbør

For å kunne vurdere avrenningsvolum er den delen av nedbøren som bidrar til avrenning som er av interesse. Dette betegnes ofte som effektiv nedbør, der man har differensiert bort nedbørtapet. Med nedbørstap, mener man mengden vann som enten infiltrerer overflaten eller fordamper. Intersepsjon som er prosessen hvor nedbør blir fanget opp av vegetasjon eller bygninger over bakkenivå kan utgjøre en betydelig andel over tid. Intersepsjonsvolumet er en funksjon av vegetasjon/byggnings tetthet, type og alder på vegetasjon, lokal klima, samt nedbør karakteristikk (varighet, intensitet). Videre vil intersepsjonsandelen over lang tid, ikke være gjeldende for enkeltregn, da nedbørdistribusjonen over tid også har en innvirkning på langtidsestimater av intersepsjonsandel(Chin et al., 2013).

For hydrologiske vurdering er det vanligere med fysiske modeller som forsøker å estimere infiltrasjonsraten i forbindelse med beregning av avrenning. Det finnes en rekke modeller, der de mest vanlige i ingeniør sammenheng er Horton, Green-Ampt, og NRCS kurve-nummer modell(Chin et al., 2013). For en beskrivelse av Hortons modell henvises det til (anvend urbanhydrologi, 1997). Det skal gis en forklaring av NRCS kurvemodell da, da noen av metodene i denne oppgaven utnytter denne modellen for beregning av avrenning. Det alle infiltrasjonsmodeller har til felles er at de er forenklinger av en kompleks prosess, men med riktig bruk kan de gi praktiske anslag av infiltrasjonsmengden for et gitt område.

2.2.4 NRCS curve-number model prinsipper

Det er viktig å presisere at denne modellen faktisk estimerer effektiv nedbør i motsetning til for eksempel Horton, og Green-Ampt modell som estimerer infiltrasjonshastighet. Effektiv nedbør

er en estimat av den nedbøren som bidrar til avrenning (Effektiv nedbør= nedbør-nedbørstap). Denne metoden utviklet av NRCS (tidligere SCS) i midten av 1950 tallet for beregning av daglig avrenningsdybde fra en målt nedbørsdybde, og gitt landbrukskarakteristikk og kurve-nummer(Younos, 2009). Kurvenummeret er igjen avhengig av type løsmasser, bruk av overflate og overflatedekke.

Avrenningsdybden Q hentes direkte fra NRCS kuve-nummer modell med bruk av følgende formel

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}, \text{ når } p > 0.2 S$$

Formel 2-1

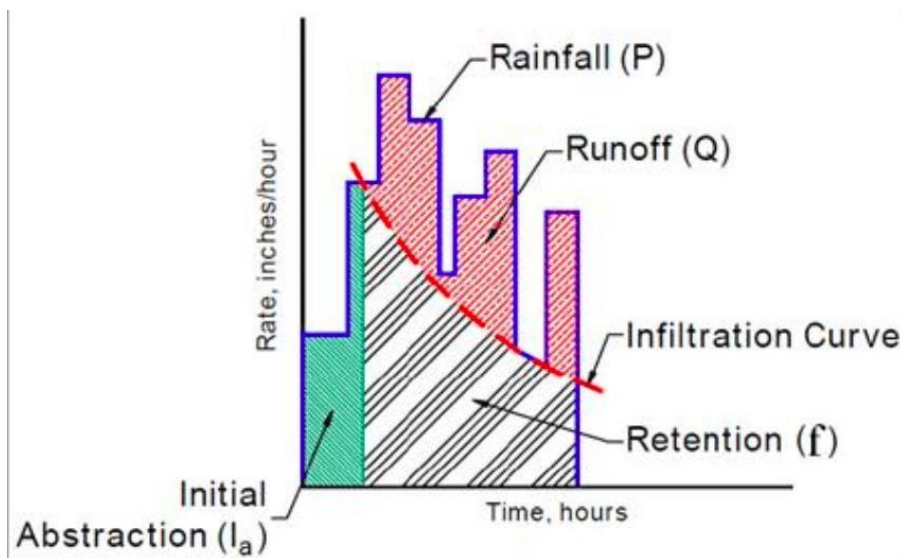
Hvor :

Q nedbørsdybde i [cm]

P er nedbørsdybde i [cm]

S er overflatens maks lagringevne

Overnevnt formel er basis for å estimere avrenningsdybden fra nedbørsdybden gitt en maksimum grop magasinerings (S).



Figur 2: Visualisering av komponentene kuve-nummer modellen kilde: Alwan, Imzahim. (2015). EFFECT OF DEM RESOLUTION ON SOIL WATER ASSESSMENT TOOL (SWAT) OUTPUTS OF RUNOFF (Case Study in Iraq).

Figur 2 viser en konseptuell fremstilling av modellens komponenter. Der P = total nedbør, Q = effektiv nedbør, F = retensjon og I_a er initaltap.

I_a representerer den delen av nedbøren som lagres/går tapt i nedbørsfeltet før avrenningen starter i form av intersepsjon, initial infiltrasjon og grop magasinerings. Når $p < I_a$ vil $Q=0$, da mengden nedbør vil være mindre enn det som er nødvendig for at avrenning skal finne sted. Etter hvert som nedbøren øker vil nedbørraten overstige denne terskelen og overflateavrenningen starter. F representerer den delen av nedbøren som kontinuerlig primært infiltrerer eller lagres i nedbørsfeltet, mens avrenningen foregår. I likning 1 er F og I_a uttrykt som overflatens potensielle maksimum retensjon gjennom følgende formler

$$CN = \frac{1000}{10 + 0.0394S}$$

Formel 2-2

Hvor CN = Kurvenummer, og S = overflatens makslagringsevne.

$$I_a = 0.2 S$$

Formel 2-3

Hvor I_a = initial tap og S = overflatens makslagringsevne.

Det er verdt å merke seg at noen studier påpeker at « $I_a = 0.2S$ er muligens en overestimering for små og mellomstore nedbørhendelser samt muligens en overestimering for urbane områder (Sing, 1992; Schneider og McCuen, 2005). Videre er det vist at faktoren 0.2 burde være en funksjon av nedbørintensitet (Chung et al., 2010).

Videre forklaring av modellens opphav, prinsipper og utvikling fra 1950-tallet til nyere tid henvises det til Ponce (1996)¹. Der forklares det at metoden er en empirisk basert konseptuell modell av nedbørstap knyttet til en nedbørhendelse. Modellen benytter kurvenummer som varierer mellom $[0 \leq CN \leq 100]$, til å anslå avrenningsdybde fra en 24-t nedbørsdybde. Kurvenummeret er en «surrogat» for maksimum potensiell retensjon ($0 \leq S \leq \infty$) som kan benyttes i tilfeller hvor målte estimeringer av nedbørsfeltets retensjon ikke foreligger. Modellen tar ikke hensyn til romlige og tidsmessige variasjon av de fysiske prosessene som den forsøker å modellere, men «lumper» disse i få parametere. styrker og svakheter ved modellen er som følger

- Den er enkel å ta i bruk
- Stabil, sensitiv for et nedbørsfelts avrenningsegenskaper og gir gode estimater når den brukes riktig
- Nødvendig med kun fastsettelse av en parameter (CN eller S)

Mulige svakheter

- sensitivitet knyttet til valg av CN-verdi
- Modellen har varierende treffsikkerhet for ulikt landbruk. Dette skyldes at CN-verdienes empiriske grunnlag er basert på data fra små nedbørsfelt < 4ha som ligger i jordbruksområder.
- Fastsetting av initial nedbørstap $I_a = 0.2$ medfører antagelser om regionale klimatiske og geologiske forhold.

Figur 3 er hentet fra Dreneringsmanualen utgitt av amerikanske vegmyndigheter

Table 3-6. Runoff Curve Numbers for Urban Areas (Average Watershed Condition, $I_a = 0.2 S_R$). ⁽⁶⁾					
Land Use Description	Curve Numbers for Hydrologic Soil Group				
	A	B	C	D	
Fully developed urban areas (vegetation established)					
Lawns, open spaces, parks, golf courses, cemeteries, etc.					
Good condition; grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80	
Fair condition; grass cover on 50 to 75% of the area	49	69	79	84	
Poor condition; grass cover on 50% or less of the area	68	79	86	89	
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excl. right-of-way)					
Streets and roads	98	98	98	98	
Paved with curbs and storm sewers (excl. right-of-way)	98	98	98	98	
Gravel (incl. right-of-way)	76	85	89	91	
Dirt (inexcl. right-of-way)	72	82	87	89	
Paved with open ditches (incl. right-of-way)	83	89	92	93	
Average % impervious					
Commercial and business areas	85	89	92	94	95
Industrial districts	72	81	88	91	93
Row houses, town houses, and residential with lot sizes 0.05 ha (1/8 ac) or less	65	77	85	90	92
Residential: average lot size					
0.10 ha (1/4 ac)	38	61	75	83	87
0.14 ha (1/3 ac)	30	57	72	81	86
0.20 ha (1/2 ac)	25	54	70	80	85
0.40 ha (1 ac)	20	51	68	79	84
0.81 ha (2 ac)	12	46	65	77	82
Developing urban areas (no vegetation established)					
Newly graded area	77	86	91	94	
Western desert urban areas:					
Natural desert landscaping (pervious area only)	63	77	85	88	
Artificial desert landscaping (impervious weed barrier, desert shrub with 25 to 50 mm [1 to 2 in] sand or gravel mulch and basin borders)	96	96	96	96	
Cultivated agricultural land					
Fallow					
Straight row or bare soil	77	86	91	94	
Conservation tillage Poor	76	85	90	93	
Conservation tillage Good	74	83	88	90	

Figur 3: CN-verdier for ulike overflater og løsmassegrupper: Kilde FHWA2009

For CN-verdier i figur 3 er det antatt overflate fuktighetsgrad ARC_2 som tilsvarer normale forhold. Modellen har tre fuktighetsgrader som representerer tørr, normal, og fuktig overflateforhold. «antecedent runoff condition» er en estimering av tilgjengelig feltmagasinerings

i forhold til gjennomsnittlig feltmagasinering ved starten av en nedbørhendelse². Noe som gjør det mulig å ta hensyn til markfuktighet, i tilfeller der det har vært nedbør over flere dager. For andre fuktighetsforhold ARC_1 og ARC_3 kan CN estimeres med følgende likninger

$$CN_1 = \frac{CN_2}{2.3 - 0.013CN_2}$$

Formel 2-4

$$CN_3 = \frac{CN_2}{0.43 + 0.0057CN_2}$$

Formel 2-5

For å estimere effektiv nedbør med CN metoden for sammensatte felt er det anbefalt to fremgangsmetoder. Dette er avhengig av om det er stor variasjon i CN-verdier for de respektive flatene. Hvis det er liten variasjon er det vanlig å benytte seg av en vektet CN-verdi.

$$CN = \frac{CN_1A_1 + CN_2A_2 + CN_nA_n}{A_1 + A_2 + A_n}$$

Formel 2-6

For nedbørsfelt der kurve-nummeret varierer mye som for eksempel sammensatte felt som består av permeable og impermeable deler. I slike tilfeller er det vanlig å dele opp feltet, der det antas en CN-verdi på 98 for den impermeable delen. Det antas videre at en andel av den impermeable delen er direkte knyttet til feltutløpet. Slik at den sammensatte kurvenummeret CN_{eff} kan utregnes med følgende formel (Chin et al., 2013).

$$CN_{eff} = CN_p + f(98 - CN_p)(1 - 0.5R)$$

Formel 2-7

Hvor : f er andelen impermeabel overflate, R er andel impermeable flate direkte knyttet til feltutløpet, og CN_p er kurvenummeret for den permeable delen. Det kan brukes vektet CN, hvis den permeable delen består av overflater med liten variasjon i CN-verdier. Anbefalt gyldighetsområdet for CN_{eff} når $R \leq 0.3$.

Av fysiske elementer som påvirker overflateavrenningen i et nedbørsfelt er overflatens helning, grop magasineringsevne og ruhet vesentlige. Helningsendring vil endre vannhastigheten langs den gitte flaten samt at overflatens magasineringsvolum er en funksjon av flatens helning (Bøyum

et al., 1997). Overflatens magasineringsvolum er et estimat på mengden nedbør som går til fukting og oppsamling i groper, dette er vann som ikke bidrar til avrenning og avhenger av lokale forhold og ikke nedbør. Ruhet er en vesentlig faktor da friksjon vil redusere mildere vannhastighet, tidligere avrenningsstudier ved Tekniske Høyskolen i Lund, Sverige viser til en økning av konsentrasjonstiden med en faktor på ca 6.3 ved å endre flatens ruhet. Dette vil føre til en betydelig reduksjon av maksimal avrenning for et gitt området, og er av den grunn en viktig parameter i dimensjonering av LOD-tiltak. Overflatens lengde derimot er av mindre betydning for generering av avrenning. Tidligere studie fra Sverige viser til at en dobling av overflatelengden gav kun en 10% reduksjon i maksimalavrenning for nedbør med en varighet på 5min. For nedbørvarigheter > 10min gav ubetydelig reduksjon(Bøyum et al., 1997)

2.2.5 Infiltrasjon

Infiltrasjon er prosessen der vann som følge av nedbør eller smeltevann på overflaten siger ned gjennom bakken til grunnvannsspeilet(Ødegaard, 2012). Man skiller gjerne infiltrasjonsprosessen i to deler, strømming i mettet- og umettetzone. Mettet zone er under grunnvannsspeilet der grunnvannstrykket er lik atmosfærisk trykk, mens i umettet zone er trykket styrt av kapillær krefter i tillegg til gravitasjonskrefter(Jenssen, Jonasson, & Heistad, 2006).

En egenskap som ofte er av interesse i infiltrasjonssammenheng er fastsetting av infiltrasjonsraten for et gitt området. Dette er raten vannet trenger seg ned til grunnvannsspeilet og analyseres enten som et jordartsfenomen eller modelleres for hydrologiske analyser(Bøyum et al., 1997). For fysiske jordartsanalyser som er vanlig i forbindelse med dimensjonering av naturlige renseløsninger som infiltrasjonsanlegg er bestemmelse av de fysiske egenskapene viktige da det kan være store lokale variasjoner. For masteroppgaver der fysiske jordanalyser er utført henvises det til (Solheim, 2017 og Schmidt,2018).

2.2.6 Enhetshydrogram, konvolusjon og linær tidsuavhenging system

Etter man har estimert den delen av nedbøren som går tapt i et nedbørsfelt, kan den effektive nedbøren over tid bli transformert til et avrenningshydrogram. Dette gjøres ved såkalt overflate routing som vil si hvordan vannet vil bevege seg på overflaten gjennom et nedbørsfelt. Det er ulike tilnærminger for å gjøre slike routing beregninger, der fysisk-baserte modeller benytter seg av kinematiske bølgemodeller (Butler & Davies, 2000).

I denne oppgaven er det benyttet Enhetshydrogrammer basert på Enhetshydrogram teorien. Hoved antagelsen i denne teorien er at feltegenskapene som påvirker hvordan avrenningen beveger seg i et nedbørsfelt kan bli representert i et enhetshydrogram. Der 1 enhet effektiv nedbør genererer 1 enhet avrenning. Et syntetisk hydrogram med en bestemt varighet og intensitet blir bestemt basert på observerte hydrogrammer med kjent nedbørintensitet og varighet og man separerer påvirkningen av grunnvannstilsg på overflatevannføringen.

Denne syntetiske enhetshydrogrammet konverteres til et dimensjonsløst enhetshydrogram som representerer nedbørsfelts karakteristikene med få parametere som for eksempel tid til maksimal avrenning er nådd. Videre kan man bruke dette syntetiske hydrogrammet for å konstruere feltresponser for enhver nedbørhendelse basert på følgende antagelser

- **Tidsbasen** av enhetshydrogrammet er konstant uavhengig av nedbørintensiteten
- Avrenningen er direkte proporsjonal med volumet av effektiv nedbør, en fordobling av nedbørintensiteten fører til en fordobling av avrenningens vannføring
- Den andel av totalavrenningen for et bestemt nedbør tidsintervall antas å være den samme for alle nedbør med samme varighet.

Ved å gjøre konvolusjonsberegninger antar man at avrenningen for nedbørsfeltet er proporsjonal med den effektive nedbøren for en gitt varighet. (Haan, Barfield, & Hayes, 1994). Konvolusjon

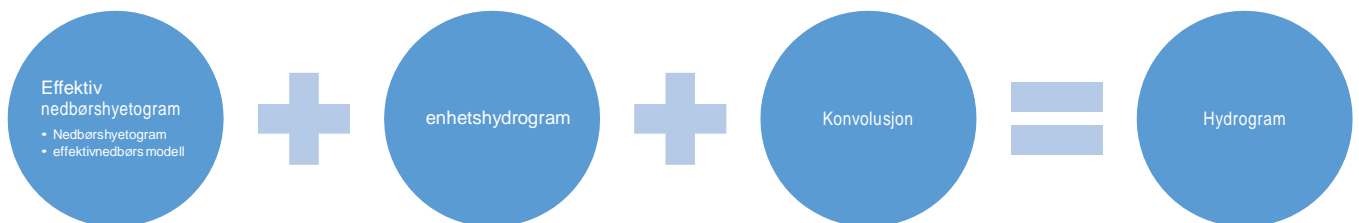
er en matematisk operasjon som blir brukt for å derivere pulsfunksjoner og pulsresponser for lineære og tidsuavhengige systemer(Dooge, 1973).

$$Q(t) = \sum_{l=1}^N P_l u_{\Delta t}(t - l\Delta t + \Delta t)$$

Formel 2-8

Hvor:

- $u_{\Delta t}(t)$ er enhetshydrogrammet denne bestemmes basert på feltparametere og med varighet Δt . Ulike enhetshydrogrammer er konstruert (syntetiske) som for eksempel Espey, Tid-areal, NRCS, Snyder).
- P_i er effektiv nedbør som er ikke-uniform i tid(ulik intensitet eller varighet?). Det velges et Hyetogram P_i hvor $i = 1, 2, \dots, n[0, \Delta t, 2\Delta t, \dots, n\Delta t]$
- Ved å kombinere $u_{\Delta t}$ og P_i i likningen over gjør man en konvolusjonsberegning.



Figur 4: Viser en visuell fremstilling av konvolusjonen man må gjøre for å generere et Enhetshydrogram

Det finnes mange forskjellige syntetiske enhetshydrogrammer

3 Studieområde og metoder

E18-utbygningen strekker seg gjennom store landskapsområder, men for denne oppgaven skal det kun tas for seg området rundt Langrønningen. Det er planlagt et større inngrep, der dagens E-18 bygges ut til en firefelts vei. Videre er det planlagt en ny lokalvei, vegkryss, rasteplass og døgnhvileplass. Dette er det gule området i Figur 6 samt det lille mørke området. Det større mørke arealet på 0.29 km² er med i reguleringsplanene, men gjelder planlagt næringstomt-utbygging og er ikke i fokus i denne oppgaven. Det vil si at området er ikke tatt med i vurdering av tenkt nedbørsfelte etter utbygging.

Denne informasjonen samt tilhørende kart ligger åpent og tilgjengelig, som karttilbud for kommunene Bamble, Porsgrunn, Skien og Siljan.

Denne nettsiden er et karttilbud for de 4 kommunene Bamble, Porsgrunn, Skien og Siljan og inneholder informasjonene som blir benyttet av kommunenes saksbehandlere og servicesentre. Tjenesten inneholder kartlag for vedtatte reguleringsplaner og det er enkelt å navigere samt finne tilhørende sakspapirer vedrørende utbygningen av området.

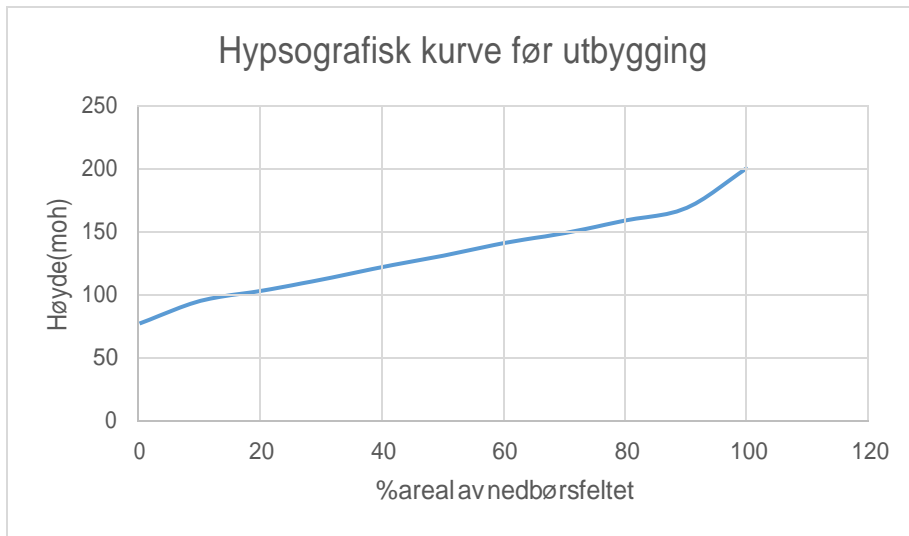
Området ligger under «Landskapsregion 05 Skog- og heibydene på sørlandet» i det nasjonale referansesystemet for landskap, laget av Norsk institutt for Jord- og skogkartlegging. Denne landskapsregionen kjennetegnes av at det er grunnfjellsområder, med næringsfattig bergarter med utallige store og små sprekkedaler. Bergkoller og åssider som hever seg over dalbunnene er dominerende småformer i landskapet, der knudrede bergflater og bart fjell er vanlig i landskapsbildet (Puschmann, 2005). Denne beskrivelsen er passende for studieområdet,

I før situasjonen består området av mye skog, små jorddekte flater, grunne myrområder, løsmassedekte fjellsider. Dette stemmer overens med kartdata og satellittbilder fra området som er primært hentet fra NGU. Det det blir vist at området er dominert av tynt løsmassedekke, med noe hav og elveavsetninger i områder med dyrkbar jord. Grantrær dominerer skogsbildet.

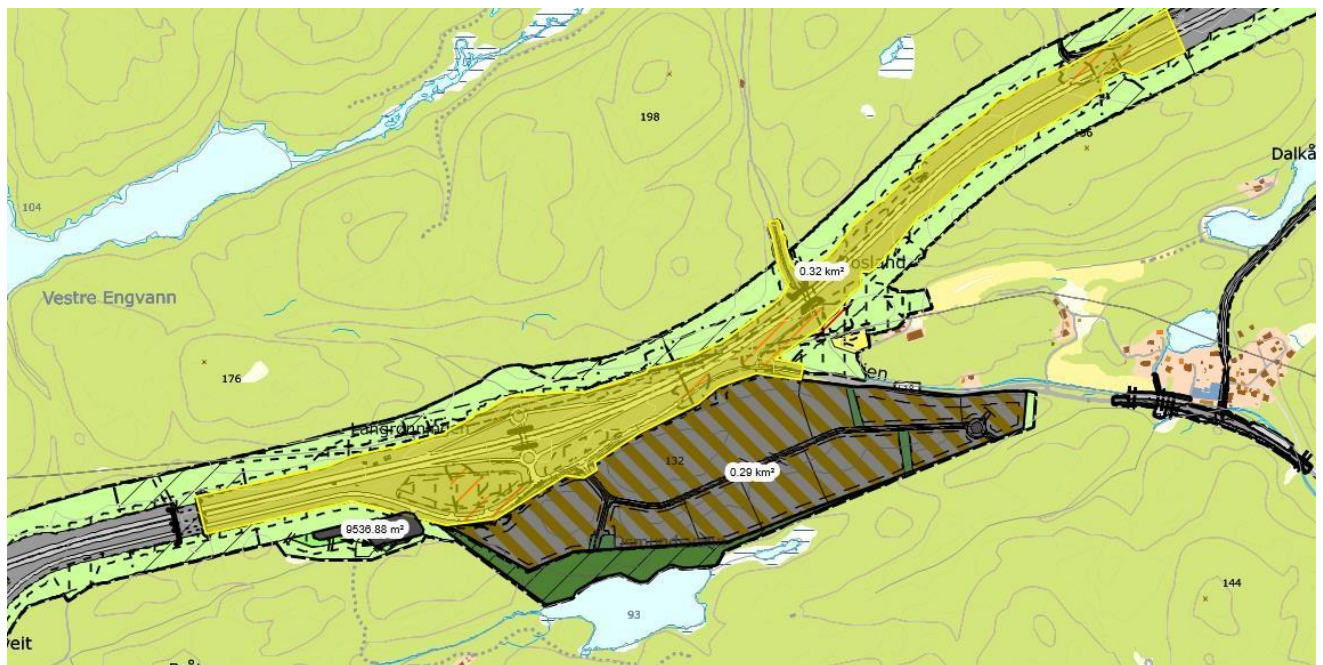
Det prosjekterte tiltaket, vist i Figur 6 viser at det skal innføres et lavbrekk som knytter lavtliggende Langrønningen området med områder som ligger høyere i terrenget. Dette vil endre det naturlige nedbørsfeltet til området. Dette er tatt hensyn til ved utarbeidelse av nedbørsfelt som skal representere det fremtidige nedbørsfelt etter vegen er ferdigstilt. Figur 8 viser en sammenstilling av dagens nedbørsfelt generert av NEVINA, som er et GIS-basert analyseverktøy levert av NVE. NEVINA beregner et utvalg klima- og feltparametere for et vilkårlig nedbørsfelt og er informasjon som brukes som støttegrunnlag i forbindelse med konsesjonssøknader samt hydrologiske beregninger.(Nevina)

For å fastsette fremtidig nedbørsfelt, er topografien undersøkt med hensyn på området der utbygningen pårører. Topografien langs lavbrekket er kupert, det er antatt at vegen ligger lavere enn topografien og at det er kun det nye vegarealet samt tilhørende vegetasjon og grøfter som er ny bidragende avrenningsareal dette er vist i Figur 7.

Nedbørsfeltet består hovedsakelig av skogsområdet, med tynt dekke og delvis synlig bart fjell. Det ligger en gård med medfølgende bebyggelse ved utløpet av feltet. Kartene vist i viser at det dyrkede området består av elveavsetninger med god infiltrasjonsevne. Dette utgjør <2.5% av nedbørsfeltets totale areal, som er generert med NEVINA. Området langs nåværende E18, består av tynt dekke med hav/strandavsetninger og har lite egnet infiltrasjonsevne. Området med bart fjell og tynt dekke utgjør henholdsvis ca 91.5% og 5.5% av nedbørsfeltets totale areal. Nedbørsfeltet har en høydeforskjell på 100m og en strømningslengde på 1500m noe som gir mildere helning på 6.7%.



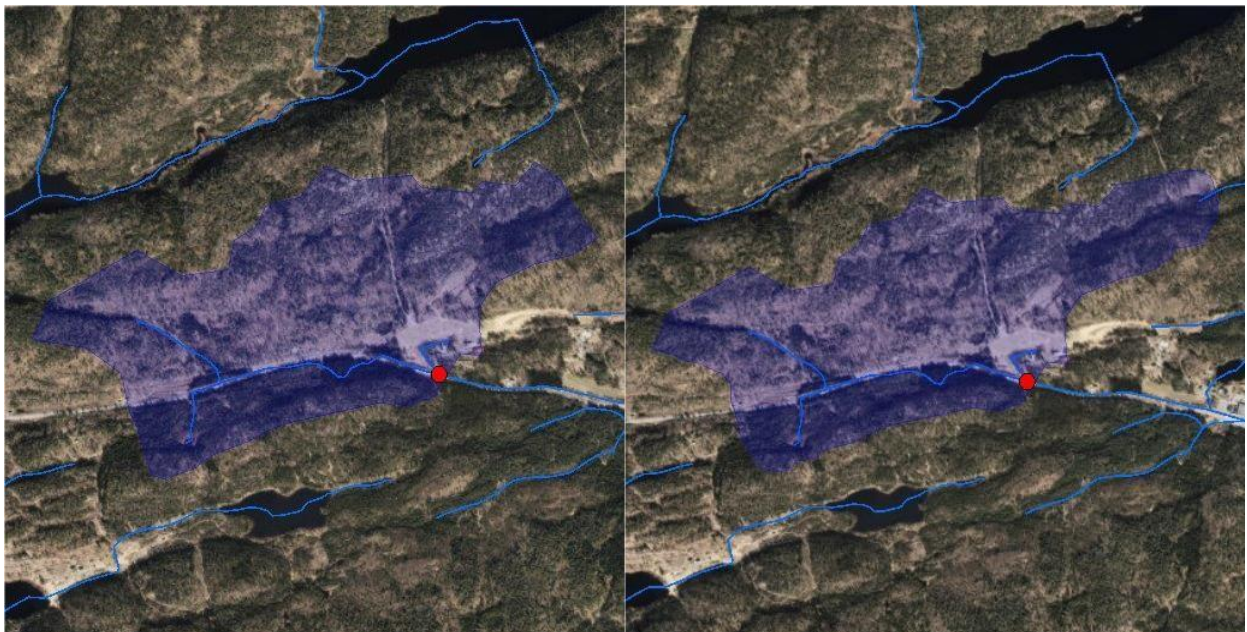
Figur 5: Hypsografisk kurve av studieområdet. Høydeinformasjon er generert ved bruk av NEVINA.



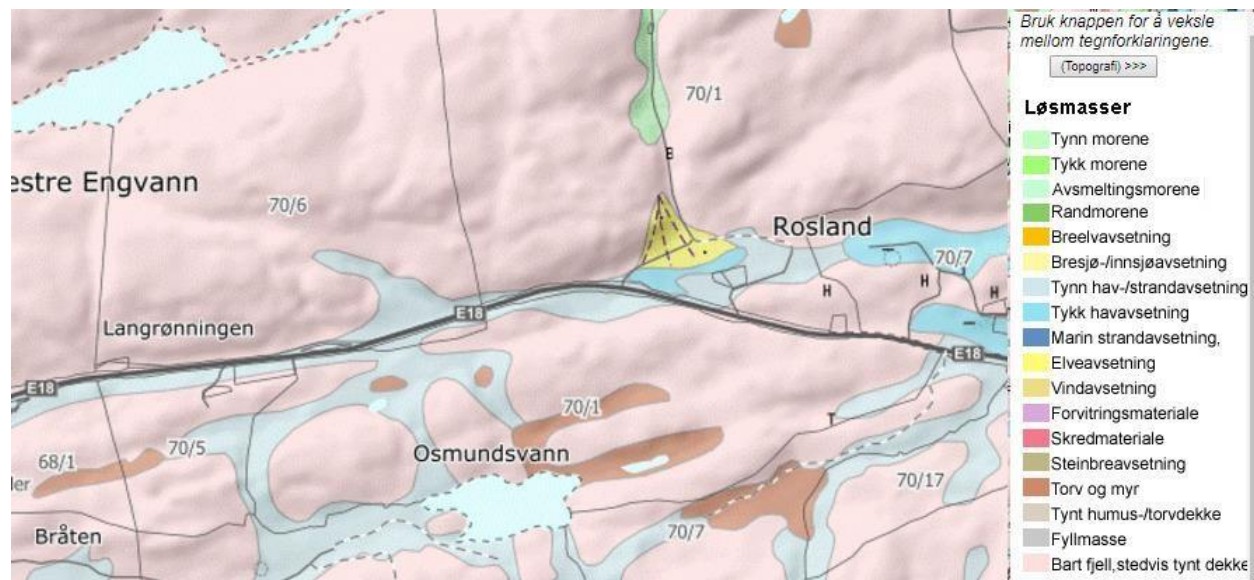
Figur 6: reguleringsplan over studieområdet med målt areal for tetteflater. Det mørke området er ikke tatt med i vurdering av området.



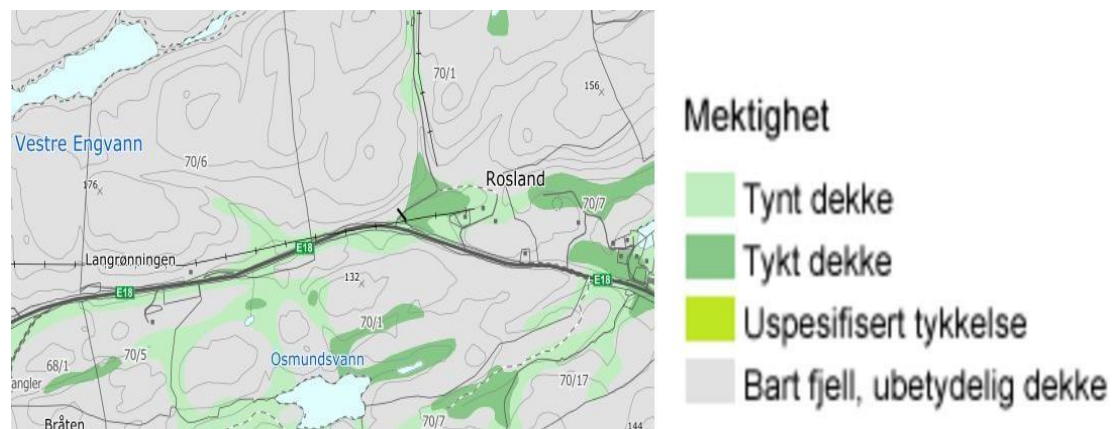
Figur 7: 3D visning av området, med tenkt avrenningsmønster for det nye området som bidrar med avrenning.



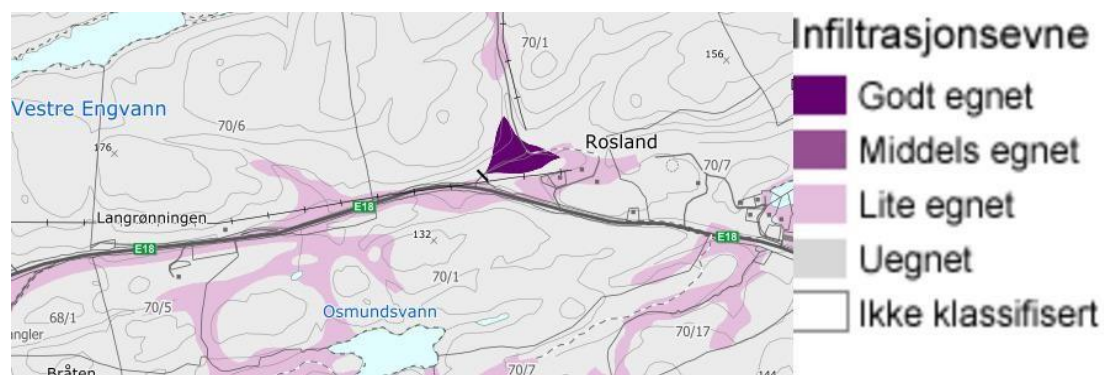
Figur 8: Genererte nedbørsfelt før og etter vegutbygging. Generert ved bruk av NEVINA. Videre viser satellittbildene at området består hovedsakelig av skog.



Figur 9: løsmassemektighetskart over studieområdet, vi ser at det er bartfjell som skjuler seg under skogsområdet. (kilde:NGU)



Figur 10: Kart som viser tykkelsen av løsmasser i området (Kilde: NGU)



Figur 11: Figuren viser områdets infiltrasjonsevne (Kilde:NGU)

3.1 Felt beskrivelse.

Nedbørsfeltet består hovedsakelig av skogsområdet, med tynt dekke og delvis synlig bart fjell. Det ligger en gård med medfølgende bebyggelse ved utløpet av feltet. Kartene fra Norges geologiske Undersøkelse vist viser at det dyrkede området består av elveavsetninger med god infiltrasjonsevne. Dette utgjør <2.5% av nedbørsfeltets totale areal. Området langs nåværende E18, består av tynt dekke med hav/strandavsetninger og har lite egnet infiltrasjonsevne. Området med bart fjell og tynt dekke utgjør henholdsvis ca 91.5% og 5.5% av nedbørsfeltets totale areal. Nedbørsfeltet har en høydeforskjell på 100m og en strømningslengde på 1500m noe som gir mildere helning på 6.7%.

Med feltegenskaper menes det fysiske egenskaper som kan påvirke nedbørsfeltets flomforløp (Glad, Reitan, & Stenius, 2015). De viktigste feltparametrene ble nevnt innledningsvis og er nedbørsfeltets topografi, Infiltrasjonsegenskaper og magasineringssevne. Videre er det en rekke fysiske elementer i et nedbørsfelt som kan måles (feltegenskaper).

Tabell 3-1: Parameterne er estimert ved bruk av karttjenester fra NEVINA og Grenlandskartet.

Nedbørsfeltegenskap	Før-Utbygging	Etter-Utbygging
Areal[km ²]	1.1	1.2
Feltlengde[km]	1,4	1,4
H _{max}	201	201
Dyrket mark[%]	2.1	2.0
Myr[%]	0.3	0.5
Skog[%]	97.5	70
Areal Tetteflater[km ²]	0	0.13
Annen vegetasjon [km ²]	0	0.2

Tabell 4 viser hvilken parameter som er estimert fra ulike offentlige tjenester. Det er for førsituasjonen benyttet NEVINA genererte parameter. Det vil si at det feltet er antatt helt naturlig for førsituasjonen, det er kun jordbruksområdet som er tatt med i beregninger. Andel tette flater er antatt å være ubetydelig.

3.2 Konsentrasjonstid

Konsentrasjonstid er definert som tiden det tar før hele nedbørsfeltet bidrar til avrenning. En annen definisjon er den tiden det tar for vannråpen som faller på det hydraulisk fjerneste punktet i feltet til å nå utløpet. Det finnes veldig mange forskjellige formler og modeller for å beregne konsentrasjonstid. Disse kan være enten fysiske eller basert på empiri og ha få parametere knyttet til nedbørsfeltet. Det er for beregning av konsentrasjonstid for nedbørsfeltet i studieområdet brukt følgende formler. For beregning av konsentrasjonstid er det benyttet 3 ulike metoder, dette er for å illustrere effekten det har for beregnede resultater for maksimal avrenning. Dette blir diskutert senere.

3.2.1 Vegvesenets formel for konsentrasjonstid i naturlige felt

$$t_c[\text{min}] = 0.6 * \frac{L}{H^{0.5}} + 300 * A_{SE}$$

Formel 3-1

Hvor: $L[\text{m}]$ = strømningslengde i felt fra fjerneste punkt til utløpet.

$H[\text{m}]$ = høydeforskjellen i feltet, differansen mellom det høyeste punktet i feltet og utløpet.

A_{SE} = effektiv sjøareal angitt i andel mellom 0-1.

(Berg, Lunde, & Mosevoll, 1992)

Parameterne som inngår i beregning av konsentrasjonstid er hentet fra NEVINA se Tabell 3-1.

A_{SE} er satt lik 0.

3.2.2 Noreml.(2015)- naturlige felt

$$t_c [\text{min}] = K * \left(\frac{L_F}{I} \right)^{0.5}$$

Formel 3-2

Hvor:

L_F = strømningslengde[m], I = Er feltets helning,[m] og K = er en terrengoverflate koeffisient.

Tabell 8.2.5.1: K-verdier, etter Norem (2015).

Overflate	K-verdi
Tett skog	0,60
Høy vegetasjon og busker	0,40
Plen og kort gress	0,25
Bart fjell	0,12
Asfalt og betong	0,08

Figur 12: K-verdier etter Norem

Denne likningen for beregning av konsentrasjonstid er hentet fra SVV lærebok for drenering(Norem, Flesjø, Sellevold, Lund, & Viréhn, 2016). basert på en tilnærming av det amerikanske vegvesenet (FHWA) hvor en deler strømmingen på overflaten i tre ulike typer. Dette er trolig basert på NRCS metode for bestemmelse av konsentrasjonstid. Der en skiller overflatestrømning i tynt sjiktet og avrenning i samlede riller på overflaten og videre strømning i kanaler. Man finner da konsentrasjonstiden ved å summere konsentrasjonstiden for hver enkelt strømnings regime, der en antar at maksimal lengde på strømning i tynt sjiktet er 100m. Basert på dette har FHWA innført en koeffisient k hvor strømning i sjikt og strømning i riller er flettet sammen. (Chin et al., 2013)

Grunnlaget for å bestemme parameterne i formelen er kartinformasjonen som er tidligere beskrevet.

3.2.3 NRCS: Watershed lag method.

$$T_c = \frac{L^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1900Y^{0.5}}$$

Formel 3-3

Hvor L = nedbørsfeltets lengde, T_c=konsentrasjonstid, Y=felthelning og S=gropmagasinering. Dette er en empirisk formel som ble utviklet i 1961, og har en stor bruksområdet. Likningen har vist seg å være gyldig for nedbørsfelt med areal opptil 50km². Denne formelen for konsentrasjonstid er valgt da den er utviklet av NRCS.

3.3 Beregning av Maksimal avrenning

Det skal belyses hvordan nedbørsfeltets fysiske egenskaper påvirker vannføringen under en regnhendelse. Det skal gjøres en sammenligning av 3 metoder for maks avrenning som nevnt tidligere. Metodenes datagrunnlag og brukbarhet til overslagsberegning av avrenning i små nedbørsfelt skal diskuteres.

3.3.1 Rasjonale metodeprinsipper

$$Q_M = CAi$$

Formel 3-4

- Hvor :

Q_M : Maks vannføring

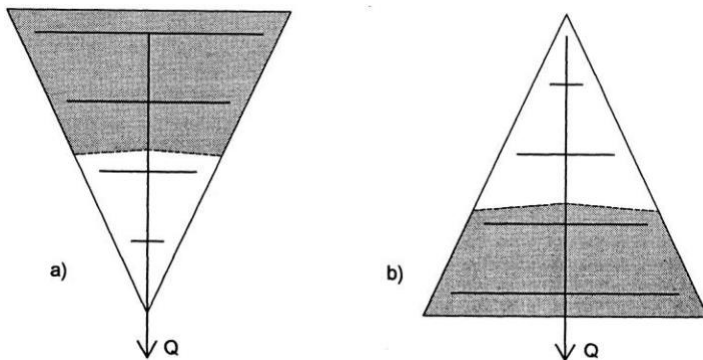
C : Mildere Avrenning koeffisient [-]

A : Areal [ha]

i : Nedbørintensitet [$l/s \cdot ha$]

Likning 3-4 er også kjent rasjonelle formel er en dimensjoneringsmetode som har vært mye brukt siden forrige århundre (Mulvaney, 1851; Kuichling, 1889). Metoden bygger på en direkte sammenheng mellom nedbør og avrenning og er i den forstand en konseptuell modell.

Prinsippene bak denne metoden er at for et gitt nedbørsfelt med uniform nedbør med konstant intensitet, vil avrenningen ved feltets utløp øke frem til hele nedbørsfeltet bidrar til avrenning. Konsentrasjonstiden gir varigheten som er nødvendig for at hele feltet bidrar til avrenning. Da vil maksimal vannføring være nådd og videre vil det være en konstant vannføring ved feltutløpet. K. Imhoff (1964) viste at for en nedbørshendelse med gitt gjentaksintervall fås størst avrenning når nedbørvarigheten er lik feltets konsentrasjonstid³, derav imhoff sats. Denne satsen kan slå feil ut for trekantformede felt (smale og avlange), der det bidragende arealet under enn nedbørhendelse øker saktere enn reduksjonen i regnintensitet som følge av lengre nedbørvarighet = konsentrasjonstid. ⁴.



Figur 1.1.1: Viser hvordan avrenning fra deler av feltet kan større avrenning, enn «hele» feltet under et.

Antagelsene i bruken av rasjonale metode er følgende.

1. Hele nedbørsfeltet bidrar til avrenning ved feltutløpet, og av den grunn blir nedbørvarigheten satt lik feltets konsentrasjonstid.
2. Nedbøren er uniform fordelt over nedbørsfeltet
3. Nedbørtap er tatt i betraktning ved utregning av den mildere avrenningsfaktoren (C).

³Publikasjon 1997 s100

Avrenningsfaktor

Avrenningsfaktoren C er dimensjonsløs og representerer et tenkt forhold mellom avrenningen fra et område og nedbøren over samme området. Denne faktoren er i realiteten dynamisk i den forstand at den er funksjon av flere faktorer som styrer målt avrenning for en spesifikk regnhendelse. Det er vist i tidligere kapitler hvordan ulike hydrologiske elementer påvirker avrenningen for et gitt området. Terreng- type og form , helning, vegetasjon, og metningsgraden på overflaten er alle faktorer som spiller en rolle. Det er presisert i vassedragshåndboka og andre faglitteratur at den rasjonelle formel er en sterk forenkling av virkeligheten. Mye av dette skyldes vanskeligheten med å ta hensyn til overnevnte faktorer nøyaktig i fastsettelsen av avrenningsfaktoren C .

Tabell 3-2 viser utdrag av erfaringsbaserte verdier for avrenningsfaktoren, det finnes annet litteratur som i tillegg til overflatetype tar hensyn til overflatens helning ⁵ . Det er verdt å merke seg at C -verdien sjeldent er lik 1. Dette er fordi det alltid vil være noe initialtap som går til gropmagasiner, fukting av overflaten i tillegg til intersepsjon.

Tabell 3-2.: Avrenningsfaktorer (C).Vassedragshåndboka s32

Overlatetype	$C[-]$
Hustak og gatedekke	0.85-0.90
Industriområder	0.70-0.90
Bymessig, sentral bykjerne	0.70-0.85
Betong, asfalt, bartfjell	0.60-0.90
Bymessig, tett forretningsbebyggelse	0.60-0.80
Boligstrøk, rekkehus, blokk	0.50-0.70
Boligstrøk, tette kvartaler	0.60-0.80
Industriområder, åpent	0.50-0.70

⁵ Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments (1994, Academic Press)

Boligstrøk i by, eneboliger	0.40-0.60
Forstadsstrøk	0.30-0.50
Brakkmark	0.20-0.30
Lekeplasser	0.20-0.40
Jernbarnetomter	0.20-0.40
Skogsområder	0.20-0.50
Parker, kirkegårder	0.10-0.30
Dyrka mark	0.05-0.25

Tabell 3-3 Hentet fra *Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments* (1994, Academic Press)

Character of surface	Runoff coefficients	Rural areas			
		Topography and vegetation	Soil texture		
			Open sandy loam	Clay and silt loam	Tight clay
Streets					
Asphaltic and concrete	0.70 to 0.95				
Brick	0.70 to 0.85				
Roofs	0.75 to 0.95				
Lawns; sandy soil					
Flat, 2%	0.05 to 0.10				
Average, 2 to 7%	0.10 to 0.15				
Steep, 7%	0.15 to 0.20				
Lawns, heavy soil					
Flat, 2%	0.13 to 0.17				
Average, 2 to 7%	0.18 to 0.22				
Steep, 7%	0.25 to 0.35				
		Woodland			
		Flat 0–5% slope	0.10	0.30	0.40
		Rolling 5–10% slope	0.25	0.35	0.50
		Hilly 10–30% slope	0.30	0.50	0.60
		Pasture			
		Flat	0.10	0.30	0.40
		Rolling	0.16	0.36	0.55
		Hilly	0.22	0.42	0.60
		Cultivated			
		Flat	0.30	0.50	0.60
		Rolling	0.40	0.60	0.70
		Hilly	0.52	0.72	0.82

I NVEs veileder for flomberegninger i små nedbørsfelt blir det belyst hvordan avrenningsfaktoren bør justeres i forhold til nedbørshendelsens varighet og gjentakintervall for å ta hensyn til bakkens initial tilstand⁶. Nedbørhendelser som har høyere gjentakintervall er ofte forbundet med ekstremregn/monsterregn som overskrider en viss størrelse. I slike tilfeller vil

⁶ NVE 2015_07

avrenningen være større og andelen nedbørstap vil være mindre. For eksempel høyere metningsgrad i bakken, som følge av nedbør forut ekstremregnet. ⁷

For nedbør med returperiode 10 år eller mer anbefales følgende tillegg for C-verdien

Gjentaksintervall [T=år]	Justeringsfaktor (C)
10-25	+ 10%
26-50	+20%
51-100	25%
101-200	30%

Tabell 3-4

Gyldighetsområdet for den rasjonale metoden kan sies å være omdiskutert i faglitteraturen. Det er et stort spenn mellom anbefalt øvre grense, hvor formelen kan brukes. I SVV håndbok N200 oppgis det nedbørsfelt $A_{\text{felt}} \leq 2 \text{ km}^2$, mens NVEs Vasse det i gjennomgang av faglitteraturen var øvre grense på 0.80 km^2 som var en gjentagende verdi. Det finnes Metoden gir mulighet for å dele nedbørsområder i flere delområder, noe som er praktisk for sammensatte flater. For sammensatte flater kan en mildere avrenningsfaktoren regnes ut ved bruk av følgende formel.

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_n A_n}{A_1 + A_2 + A_n}$$

Formel 3-5

Nedbørintensitet $i\left[\frac{L}{T}\right]$

Dimensjonerende regnintensitet blir for bruken av rasjonale metode hentet ut fra IVF-kurver. Det antas konstant nedbørintensitet for en gitt gjentaksintervall (kasseregn).

Dimensjonerende regnintensitet varierer med regnets totale varighet (T_r) og valgt gjentaksintervall(T). IVF-kurvene for et gitt området er konstruert basert på registrerte nedbørsmålinger. Disse er punktmålinger og for å få en korrekt midlere regnintensitet

⁷ Flommen på Vestlandet oktober 2014, NVE nr11-2015

over et gitt areal er det nødvendig med arealreduksjonsfaktorer (ARF)⁸. En nedbørhendelse har en romlig- utbredelse og variasjon, ved å midle nedbøren over et større område vil intensiteten for et gitt gjentaksintervall bli lavere (Sælthun, 1999).

Det er foretatt arealreduksjonsfaktor beregninger for kortidsnedbør i urbane avrenningsfelter⁹. noen av konklusjonene som trekkes fra dette forsøket er følgende

- ARF er meget betydningsfull for nedbørsfeltarealer $>0.1-0.2\text{km}^2$ og regnvarigheter $10\text{min} < t_r < 40\text{min}$.
- ARF må beregnes med utgangspunktet i en bestemt nedbørstasjon og kan ikke benyttes direkte for andre lokaliteter da det vil være variasjon.

I dimensjoneringsberegninger med rasjonale metode er det også viktig med bestemmelse av andel deltakende flater. Med deltakende flater menes det den overflaten som faktisk bidrar i avrenningsprosessen til utløpet. Videre er det anbefalt 2 fremgangsmåter i (WRE/ASCE1992)

1. bruke hele feltet og sette konsentrasjonstiden som førende for nedbørsvarigheten. Som vil si at mildere intensitet brukt i metoden hentes fra IVF-kurven for en varighet lik konsentrasjonstiden. Mildere avrenningskoeffisient blir for sammensatte felt funnet ved å bruke formel (3-5)
2. For sammensatte felt, bruke det bidragende arealet som er mest urbanisert. Ved å bruke kun dette delfeltet vil konsentrasjonstiden være lavere enn ved å bruke hele nedbørsfeltet. Dermed vil dimensjonerende nedbørintensitet og avrenningskoeffisienten være høyere (økt andel tette flater).

Hvis det mindre bidragende arealet gir større maksimalavrenning enn hele feltet samlet, må dette tas hensyn til ved at den settes som dimensjonerende maksimalavrenning.¹⁰

⁸ Publikasjon 1997. s49

⁹ Oddvar Lindholm og Bjørn Aune, Arealreduksjonsfaktorer for kortidsnedbør i urbane avrenningsfelter.
10

Bøyum, Å., Eidsmo, T., Lindholm, O., Noreide, T., Semb, T., Skretteberg, R., & Markhus, E. (1997). Anvendt urbanhydrologi. *NVE-publikasjon*, 10, 1997.

Chin, D. A., Mazumdar, A., & Roy, P. K. (2000). *Water-resources engineering* (Vol. 12): Prentice Hall Englewood Cliffs.

3.3.2 Modifisert rasjonale metode Prinsipper

I Storbritannia brukes det en annen tilnærming for beregning av maksimal avrenning for et gitt nedbørsfelt. Denne metoden forsøker å kompensere for manglende/utfordringene med beregning med rasjonale formel og fastsetting av avrenningsfaktoren. Metoden har en gyldighetsområde opptil 150 ha og forsøker å separere andelen nedbør som blir til avrenning og hvordan denne avrenningen beveger seg gjennom feltet. ¹¹

- Metoden baserer seg på å separere nedbøravrenning fra andre «routing» effekter og dermed består avrenningskoeffisienten av to komponenter.

$$C = C_V C_R$$

Formel 3-6

Hvor:

C_V er volumetrisk avrenningsfaktor

C_R er en dimensjonsløs ruting koeffisient

Volumetrisk avrenningsfaktor er den andelen nedbør som blir til avrenning i nedbørsfeltet. Denne varierer mellom 0.6-0.9 under mildere nedbørsforhold om sommeren, hvor lavere ende gjenspeiler løsmasser med god infiltrasjonsevne, mens øvre verdigranse representerer løsmasser med dårlig infiltrasjonsevne for eksempel leire. Verdien av C_V avhenger om vi vurderer hele nedbørsfeltet eller om vi kun vurderer andelen tette flater. I læreboka Urban drainage blir det presentert en fremgangsmetode hvor kun andelen tette flater vurderes som presenteres under. Videre anbefales en standardverdi for C_R på 1.30 for dimensjoneringsberegninger og maksimal avrenning blir da regnet med følgende formel

$$Q_M = C_R C_V i A_i$$

Formel 3-7

hvor: A_i er arealet av nedbørsfeltet som har evne til å infiltrere vann altså permeable flater.

¹¹ Butler 2010 Urban Drainage

$$Q_M = 1.30 C_i A, \text{ hvor } C = \frac{PR}{PIMP}$$

Formel 3-8

Prosentvis avrennings likninger (percentage runoff equation)

For å vurdere/ estimere andelen tette flater og hvordan det påvirker et urbant nedbørsfelt, blir det brukt empiriske regresjonslikninger. Avrenningsfaktoren C uttrykkes ved prosentvis avrenning ($C = \frac{PR}{100}$).

Disse regresjonslikningene er utarbeidet som en del av Wallingford Procedure (DoE/NWC, 1983)¹². Metoden er også kjent som Wallingford rasjonale metode av den grunn. Det er verdt å nevne at denne metoden ble utgitt som en alternativ håndberegningss metode for dimensjonering og analysing av små avløp- og dreneringssystemer. Den originale publikasjonen består også av et dataprogram som inneholder et hierarki av beregningss metoder for analysing og design av urbane avløpssystemer¹³. Metoden har gitt stabile resultater over tid og har blitt brukt til å representere avrenning for flere hundre nedbørsfelt i Storbritannia¹⁴. De originale avrenningslikningene som ble utgitt sammen med publikasjonen var basert på data hentet fra 17 nedbørsfelt og 510 sommerhendelser og er definert som følgende.

$$PR = 0.829 PIMP + 25.0 SOIL + 0.078 UCWI - 20.7 \text{ når } [PR > 0.4 PIMP]$$

$$PR = 0.4 PIMP \text{ når } [PR \leq 0.4 PIMP]$$

Formel 3-9

¹² Butler Urban drainage

¹³ Design and analysis of urban storm drainage, THE WALLINGFORD PROCEDURE, Volume 1

¹⁴ Butler Urban Drainage

$$PIMP = \frac{A_i}{A} * 100$$

Formel 3-10

PR = prosentvis avrenning (25-100)

PIMP er andel tette flater i nedbørsfeltet og varierer mellom (25-100)

A_i er arealet av all tetteflater representert i nedbørsfeltet[ha] (veger, tak, osv).

A er nedbørsfeltets areal i [ha]

SOIL er en løsmasse indeks for Storbritania (0.15-0.50)

UCWI(urban catchement(antecedent) wetness index(30-300):

Er en indeks som representerer et nedbørsfeltets fuktgrad ved starten av en nedbørshendelse. En økning i UCWI vil resultere i økning av prosentvis avrenning (PR), da indeksen reflekterer generell markfuktighet. Med andre ord økning i UCWI vil si reduksjon i området's infiltrasjonsevne.

Parameteren SOIL estimerer infiltrasjonsevnen til forskjellige løsmasser og er basert på målinger gjort i «Flood Studies Report 1975» der det ble laget kart av infiltrasjonsevnen for forskjellige områder i Storbritannia. Tilsvarende som vi i Norge har tilgjengelig på NGU sine hjemmesider. Parameteren UCWI representerer nedbørsfeltets markfuktighet ved starte av en nedbørshendelse. For å estimere denne har man to fremgangsmetoder avhengig av om man skal simulere for historiske nedbørshendelser eller om man skal benytte seg av modellen for å designe VA-infrastruktur. For design tilfeller, benytter man seg av området's årlige nedbør da det er utarbeidet et kart som relaterer parameteren med årlig nedbør. For simulering av historiske tilfeller blir det benyttet følgende likning. Med denne likningen benyttes nedbør'dybden for de fem dagene før den nedbørshendelsen man simulerer for. Dette gjøres ved bruk av API₅- indeksen, hvordan denne benyttes er beskrevet i Wallingford procedure. SMD er et estimat på løsmassens retensjonsevne.

$$UCWI = 125 + 8API5 - SMD$$

Formel 3-11

Hvor:

API5= 5-day antecedent precipitation index, SMD = soil moisture deficit.

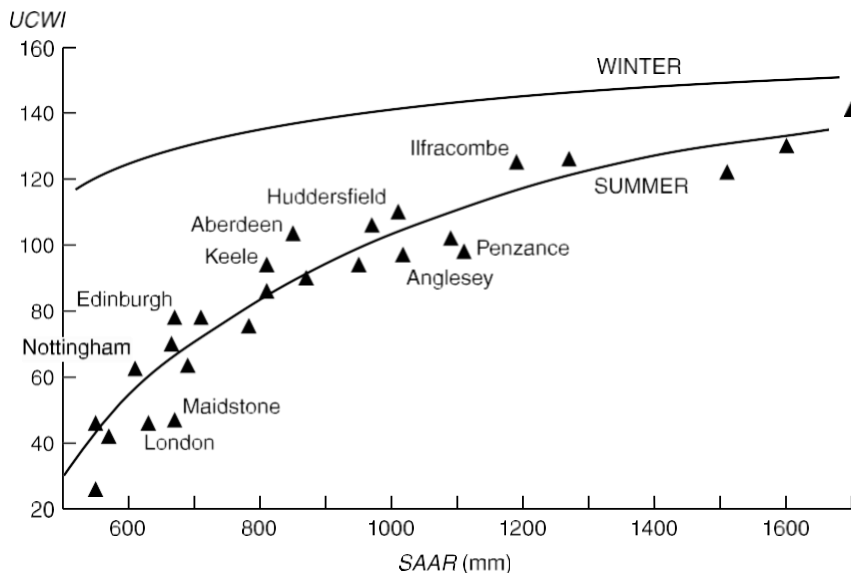


Figure 1: Viser sammenhengen mellom årlig nedbør og UCWI, Ulike lokasjoner i Storbritannia er også plasesert i figuren(Kilde: Butler, Urban Drainage).

Begrensinger:

For nedbørsfelt med relativt lav andel tette flater, med tynt dekke og lav markfuktighet, gir modellen en underestimering av avrenningsvolumet. Økt markfuktighet som følge av lengre nedbørvarighet eller flere dager med nedbør, gir høyere avrenningsandel fra samme området. Modellen gir ikke «god nok» representasjon av maksavrenning for slike tilfeller. Modellen er utviklet for å representere avrenning for enkelt hendelser og ikke for kontinuerlige simuleringer.

Nye avrenningslikninger:

Det ble utarbeidet en ny modell med nye avrenningslikninger og fremgangsmetode i 1990-tallet, som et forsøk for å kompensere for begrensingene knyttet til de originale likningene.

Disse er basert på innhentet data fra 11 nedbørsfelt og 112 nedbørhendelser. Hovedsakelig ligger forskjellen i at avrenning er kalkulert separat for permeable og tette flater og ikke lenger blir kombinert som i de originale likningene. Videre tillater de nye likningene at man justere markfuktigheten under en nedbørhendelse, Modellen tar hensyn til initial tap, avrenning fra permeable flater og fra tette flater henholdsvis.

$$PR = IF \cdot PIMP + (100 - IF \cdot PIMP) \frac{NAPI}{PF}$$

Formel 3-12

Hvor:

IF = effective impervious area factor, NAPI = new antecedent precipitation index (mm),

PF = porosity factor (mm)

Impermeable/tette flater blir delt i henholdsvis effektiv og ineffektive arealer. Med effektive impermeable flater, menes det det arealet som man antar er direkte koblet til nedbørsfeltets utløp. All nedbør som faller i dette området etter initialtapet blir betraktet som avrenning. Det resterende impermeable arealet i nedbørsfeltet blir slått sammen med det permeable arealet og avrenning fra dette området blir utregnet med en markfuktighetsmodell som anvendes kontinuerlig gjennom nedbørhendelsen. Markfuktighetsmodellen (NAPI/PF) tar hensyn til evapotranspirasjon og fuktighetsraten for forskjellige løsmasser, gjennom en nedbørhendelse. Denne avrenningsmodellen er kun nevnt, da den originale modellen blir brukt for beregning av resultatet for en mer detaljert forklaring henvises det til læreboka Urban drainage.¹⁵

Table 6.2 Effective impervious area factor (after Osborne, 2001)

Surface type	IF
Normal urban paved surfaces	0.6
Roof surfaces	0.8
Well-drained roads	0.8
Very high-quality roads	1.0

Figur 13: effektiv impermeable areal faktor (Butler, 2001)

¹⁵ Butler, Urban drainage s113

SOIL	WRAP	Runoff	SOIL Value	Soil Characteristics
1	Very high	Very low	0.15	Sandy, well drained
2	High	Low	0.30	Intermediate soils (sandy)
3	Moderate	Moderate	0.40	Intermediate soils (silty)
4	Low	High	0.45	Clayey, poorly drained
5	Very low	Very high	0.50	Steep, rocky areas

Figur 14: Appendix , Greater Dublin Strategic Drainage Study

3.3.3 NRCS WinTR-55 metode

WinTR-55 er en gratis Windows-basert programvare utgitt av det Amerikanske byrået Natural Resources Conservation Service (NRCS). Programmet er basert på en teknisk rapport utgitt av byrået i 1986 som da hadde navnet soil conservation service (SCS). WinTR-55 er en nedbør-avløpsmodell som kan brukes for beregning av maksimal avrenning for små og mellomstore urbane og naturlige nedbørsfelt med visse begrensinger basert på modellens historiske bakgrunn. Byrået gjorde et betydelig antall konvolusjonsberegninger med enhetshydrogram metoden, der inputen var NRCS 24-t hyetogrammer for å beskrive nedbørdistribusjonen og kurve-nummer modellen for å beregne effektiv nedbør. Basert på disse beregningene utgav byrået en teknisk rapport I 1986 nummerert 55, der det ble foreslått en grafisk metode for beregning av maksimal vannføring. Slik at en kunne gjøre håndberegninger for maksimal avrenning for et gitt felt basert på flere parametere enn det som er mulig ved bruk av den rasjonale metoden. Siden den gang har denne grafiske metoden utgått, da bruken av den digitale versjonen har tatt over. Under er modellen som ble utgitt i den tekniske rapporten, det ble utgitt tilhørende tabeller for å kunne utføre beregninger med denne metoden.

Maksvannføring er uttrykt ved følgende formel.

$$q_p = q_u A Q F_p$$

Formel 3-13

Hvor:

$$q_p = \text{maksimal vannføring per enhet} \left[\frac{m^3}{s \cdot cm \cdot km^2} \right]$$

A = nedbørsfeltets areal [km²]

Q = avrenningen [cm] hentet fra en 24-h regn med et gitt gjentaksintervall

F_P = en benevningsløs korreksjonsfaktor for dam og myr, der det antas at arealene er distribuert i nedbørsfeltet.

q_u = hentes ut fra en etablert empirisk sammenheng som er følgende

$$\log(q_u) = C_0 + C_1 \log t_c + C_2 (\log t_c)^2 - 2.366$$

Formel 3-14

Verdier av C_0 , C_1 og C_2 er funksjoner av $\frac{I_a}{P}$ hvor I_a er nedbørsfeltets nedbørstap i form av intersepsjon, fukttap og infiltrasjon og P er nedbørhendelsen som forårsaker avrenningen Q gitt i 24t varighet. Det er vist at at for konsentrasjonstider mindre enn 0.3t generer TR-55 maksvannføring som er underestimert med opptil 15% relativt til TR-20 som er et program for å beregne et nedbørsfelts hydrogram og ikke bare maksimal vannføring. Det er derfor anbefalt at at TR-55 blir brukt for homogene nedbørsfelt med en CN som varierer med (+5) mellom delområder. Nedbørsfeltets CN burde være >40 og (T_c) burde være forholdsvis lik for alle kanaler i nedbørsfeltet og mellom 0.1-10t¹⁶.

WinTR-55 har utvidet funksjonalitet da det kan generere hydrogrammer for nedbørsfeltet og ta hensyn til hvordan vannet beveger seg gjennom feltet også kjent som Hydrologisk Routing.

Dette er fordi programmet benytter seg av WinTR-20 programmet for disse utvidede beregningene. Programmet har følgende begrensinger¹⁷

- Nedbørsfeltareal må være mellom 4m² -64 km²
- Antall delnedbørsfelt er maksimalt 10
- Elvestrekninger må enten være kanaler eller strukturer
- Konsentrasjonstid mellom 0.1t til 10t, noe som samsvarer med begrensingen for den grafiske metoden som modellen er basert på
- For å utføre routingberegninger brukes Muskingum-Cunge
- Vannføringsstrukturer er enten rør eller overløp med tre forskjellige størrelser
- Nedbørsdybde kan maksimalt være 1.27 meter

¹⁶ WRE S-510

¹⁷ WinTR-55 User Guide

- Nedbørvarighet må være 24t, distribusjon kan defineres på egenhånd eller kan NRCS typeregnerne anvendes.
- for beregning av hydrogram blir NRCS dimensjonsløse hydrogram brukt der en definerer «peak rate» faktor altså når hydrogrammets top nås.
- Det er kun mulig å benytte programmet for normal markfuktighet (CN2).

For å kunne benytte programmet kreves det et minimum av input data, dette er som følgende

- Prosjekt identifiserings data, som gjør det lettere å finne til prosjektet for en senere anledning
- Dimensjonløs enhetshydrogram
- Nedbørdata kilde og nedbørdistribusjons identifisering
- Delnedbørsfelt navn, beskrivelse, areal avrenningsretning som enten er til et nytt delområde eller utløpet. Videre delområdet vektet kurvenummer og konsentrasjonstid nødvendig.

3.3.4 Hyetogram

I artikkelen «konstruksjon og bruk av nedbørhyetogrammer» (Lindholm & Aune, 1978) introduseres det symmetrisk blokkhyetogram. Denne metoden har en rekke fordeler, som skal kort nevnes nedenfor samt prinsippet for hvordan det konstrueres.

- Man får dimensjonerende intensiteter for mange varigheter samtidig da hyetogramet vil i sin mest intense del inneholde virkningene av korte regn med høy toppintensitet, mens lengre unna midtaksen vil inneholde virkningene av lengre regnhendelser med lavere midlere intensitet.
- I en region med samme meteorologiske forhold kan det samme regnhyetogramet brukes til dimensjonering av ulike maksimale vannføringer uansett konsentrasjonstid. Hvis man skulle brukt kasseregner for X- antall punkter hadde det vært nødvendig med x-antall beregninger.
- Ved bruk av symmetrisk blokkhyetogram vil man få en mer realistisk regnhendelse og dimensjonerende maksimal vannføring i forhold til bruk av kasseregner.

For å konstruere et slikt hyetogram er det nødvendig med målinger fra en IVF-kurve og det antas at hydrogrammet er symmetrisk om sin midtakse. Det grunnleggende konstruksjonsprinsippet er at nedbørmengden innenfor et tidsintervall i hyetogramet som er symmetrisk om midtaksen, skal tilsvare nedbørvolumet fra IVF-kurven med samme tidsintervall og konstant intensitet. Det anbefales 5min beregningssteg.

(Lindholm & Aune, 1978)

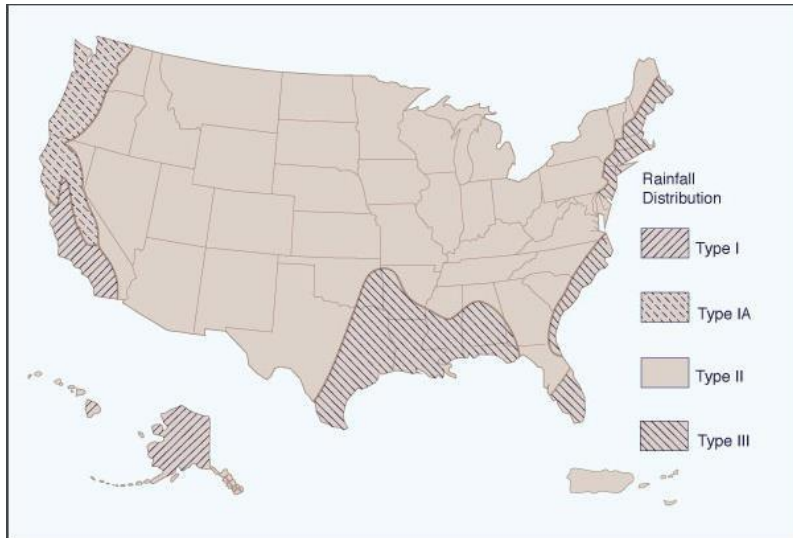
I USA blir modellregn fremstilt i andre former enn symmetrisk blokkhyetogram, hvor en av de mest utbredte av dem er NRCS 24-t nedbørsdistribusjoner.

Basert på innsamlet data om nedbørsdistribusjonene utviklet NRCS 4 ulike dimensjonsløse nedbørsmønstre kjent som typeregner, som deler USA i fire geografiske områder.

Nedbørsdistribusjonene som danner disse typeregnene er asymmetriske hyetogramer, disse har samme prinsipper liggende til grunn som et symmetrisk blokkhyetogram, men blokkene er asymmetrisk plassert om midtaksen og har et beregningssteg på 6min. De fire NRCS regntypene er konstruert på en slik måte at de omtrent samsvarer med lokale IVF-kurver, innenfor de geografiske grensene uavhengig av gjentaksintervall.

- NRCS type 1 og type 4 regn kjennetegnes av kyst klimaer med våt vinter og tørr sommer.
- Type 2 regn karakteriseres av høy-intensitet regn og som det er vist på bildet under dekker store deler av det kontinentale USA.
- Type 3 regn anvendes i områder med mye tropisk regn og som produserer store 24-t nedbørmengder. Feks kystområder på øst siden og sør-Florida.

(Chin et al., 2013).



Figur 15 Viser geografiske grenser av NRCS nedbørdistribusjoner

3.4 Beregning av hydrogram

PQRUT prinsipper

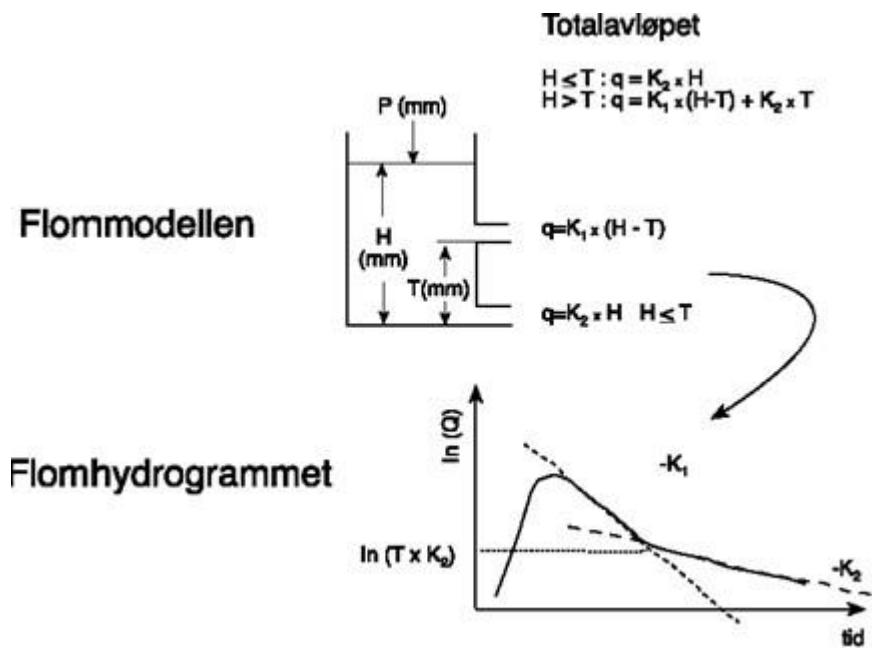
PQRUT er en deterministisk nedbør-avløpsmodell utviklet av NVE for beregning av vannføring for felt $< 20\text{km}^2$ (Bøyum et al., 1997). Metoden er anbefalt for flomberegning ved små nedbørsfelt i (Glad et al., 2015). Modellen er en forenklet utgave av HBV-modellen NVE bruker som igjen er en tilpasset versjon av den svenske HBV-modellen utviklet ved Svenska Meteorologiska och Hydrologiska institut¹⁸.

¹⁸ <https://www.nve.no/hydrologi/analysemetoder-og-modeller/hbv-modellen/>

Med deterministisk hydrologisk modell, menes det en modell som gir samme output for et gitt sett med input i modellen. PQRUT modellen har tre parametere, der disse er bestemt basert på multippel lineær regresjonsanalyse mellom kalibrerte modellparametere og tilhørende fysiografiske egenskaper (Bøyum et al., 1997). Grunnen til at der er få parametere som inngår i modellen, er fordi den er utviklet for simulering av enkeltflommer eller flommer som følger like etter hverandre.

Som følge av dette er komponenter som beskriver snømagasin, mark- og grunnvannsmagasin og fordampingsberegning ikke tatt med i modellen. dette gir følgende forutsetninger gir bruk av modellen:

- Høyt avløp
- Ikke snø eller snøfall I feltet.
- Initialtilstanden til feltet ved simulering er antatt vått, dvs fylt markvannsmagasin.



Figur 16: Skisse av modellstrukturen og et simulert flomhydrogram. kilde NVE Veileder 2015_7

Modellens struktur beskrives som en karmodell med to lineære utløp. dette vil og en sammenheng mellom magasinholdet og avrenningen som er delvis lineært. Det er lagt inn en terskel mellom nedre- (K_2) og øvreutløp (K_1) for konstruere og gjenspeile egenskaper som inntreer ved en flomsituasjon der avrenningen øker mer enn proporsjonalt med nedbøren. Dette skjer som følge av at

- Andelen av feltet som gir raskt avløp øker når feltet er vått
- Hastigheten på vannføringen i feltet øker

Tømme konstant K_1 er større enn den nedre utløpskonstant for å gjenspeile en kraftig økning i avrenning på overflaten når avrenningsforløpet passerer et gitt nivå. Enhetshydrogram metoden derimot følger en lineær kar modell der avrenningen øker proporsjonalt med effektive nedbøren. En fordobling av effektiv nedbørsmengde i en gitt situasjon gir en fordobling av avrenningen. (Andersen, Hjukse, Roald, Sælthun, & Energy Directorate, 1983).

For flomsituasjoner vil total avrenning gis ved følgende likning

$$Q = K_1 * (H - T) + K_2 * T$$

Formel 3-15

Parameterne i modellen bør kalibreres ved å simulere observerte flommer. For umålte nedbørsfelt ble det utviklet likninger som gir sammenhengen mellom felt- og modellparameter. Disse likningene er basert på kalibrering av omtrent 40 naturlige felt i Sør-Norge med varierende felt størrelser (2-800km²). Disse likningene inneholder kun topografisk lokasjon og andel innsjø(flomdemper) som feltparameter.

$$K_1 = 0.0135 + 0.00268 * H_L - 0.01665 * \ln A_{SE} \left[\frac{1}{t} \right]$$

$$K_2 = 0.009 + 0.21 K_1 - 0.00021 * H_L \left[\frac{1}{t} \right]$$

$$T = -0.9 + 4.4 * K_1 - 0.6 + 0.28 q_N [mm]$$

Formel 3-16

Der

H_L = Felthelning beregnet ved (H_{50}/L_F), der H_{50} er høyde differansen mellom 25 og 75 % passasjen på feltets hypsografiske kurve,

L_F = er feltaksens lengde[m].

A_{SE} er definert som effektive sjøareal

q_N = mildere spesifikt årsavregning

Variasjonsområdet for likningsparametere gjelder for mildere spesifikt årsavregning, felthelning og effektiv sjøprosent, modellen vil ha sine begrensinger når det benyttes utenfor følgende område. (Andersen et al., 1983; Glad et al., 2015).

$$1.7 \leq H_L \leq 72 \text{ [m*km}^{-1}\text{]}$$

$$0 \leq A_{SE} \leq 7.7 \text{ [%]}$$

$$13 \leq q_N \leq 105 \text{ [l*s*km}^2\text{]}$$

Videre er det gitt anbefalinger for hvordan en skal korrigere for felt som er utenfor disse områdene, samt der en har høy andel av overflater som har rask avrenningsrespons (for eksempel bart fjell og tette flater) eller betydelig flomdemper (for eksempel myrområder).

Tidsopløsningen på nedbørs dataen som skal settes inn i modellen er anbefalt å reflektere nedbørsfeltets konsentrasjonstid og tidsskriftet burde være mindre enn halvparten av konsentrasjonstiden for å få simulert vannføringer nær maksimal vannføring (Bøyum et al., 1997).

3.5 Beregning av Fordrøyningsvolum

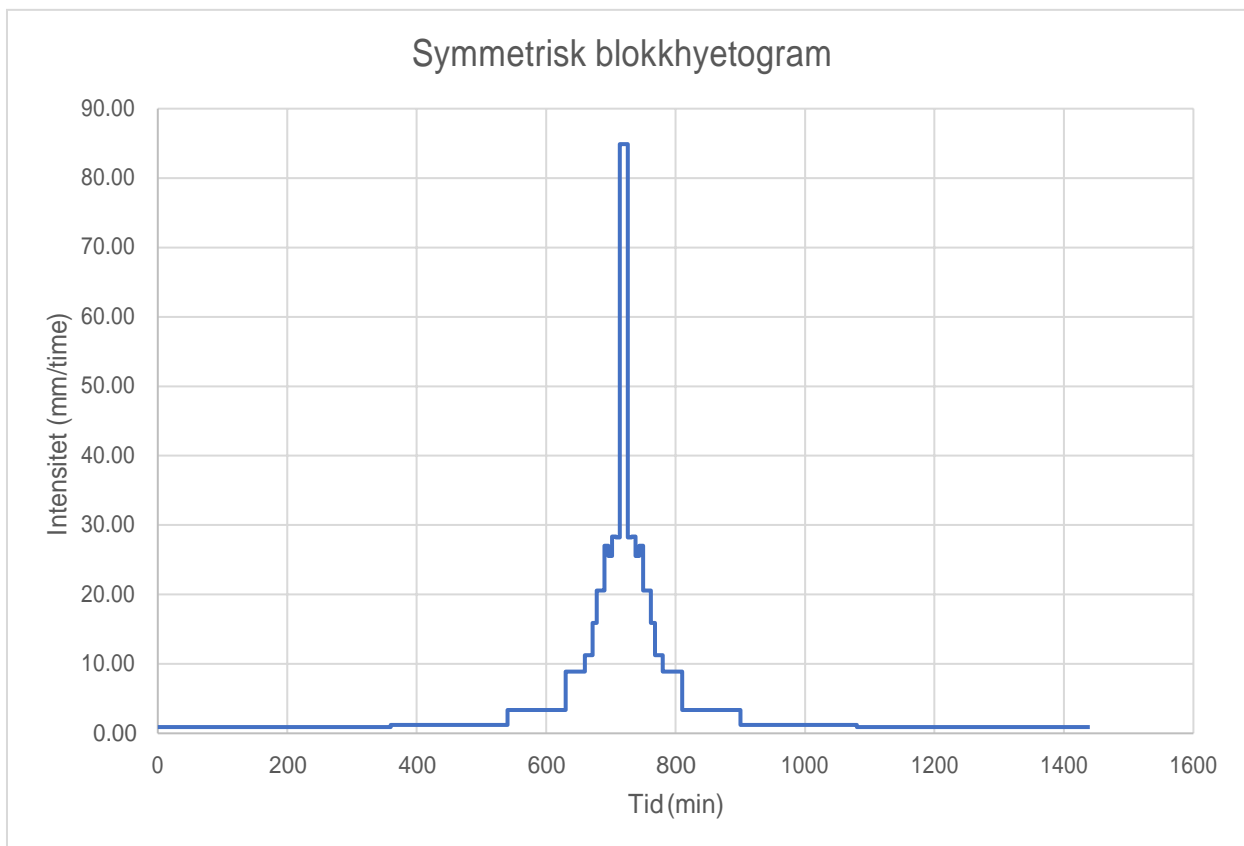
Regnevelop-metoden

For å beregne fordrøyningsvolum er det nødvendig å fastsette utløpskarakteristikken. Ofte er denne fastsatt, i urbane sammenhenger der en ønsker å begrense videreført vannvolum til avløpsledning. I VA-miljøblad 69 er det oppgitt metoder for beregning av fordrøyningsvolum. Disse har til felles at det er antatt konstant videreført volum samt innløpshydrogrammet er antatt. En av metodene som skal brukes for beregning av nødvendig volum for fordrøyning er regnevelop-metoden.

Denne metoden antar et innløpshydrogram basert på rasjonale metode. Tilført volum defineres som følger $V_{inn} = CiAt_r$ videre er det spesifisert at avrenningsvolumet etter utbygging skal være lik naturlig tilstand. $V_{ut} = Qmakst_r$ Det gjøres beregninger for forskjellige varigheter for å finne størst volum. Da hovedoppgaven for strukturen er å tilpasse avrenning slik at det i størst mulig grad tilsvarer avrenningen før utbygging av vegprosjektet blir utløpsvolumet satt lik avrenning for nedbørsfeltet før utbygging $V_{ut} = V_{ut}$ slik det fremkommer i VA-miljøblad.

4 Resultater & Diskusjon

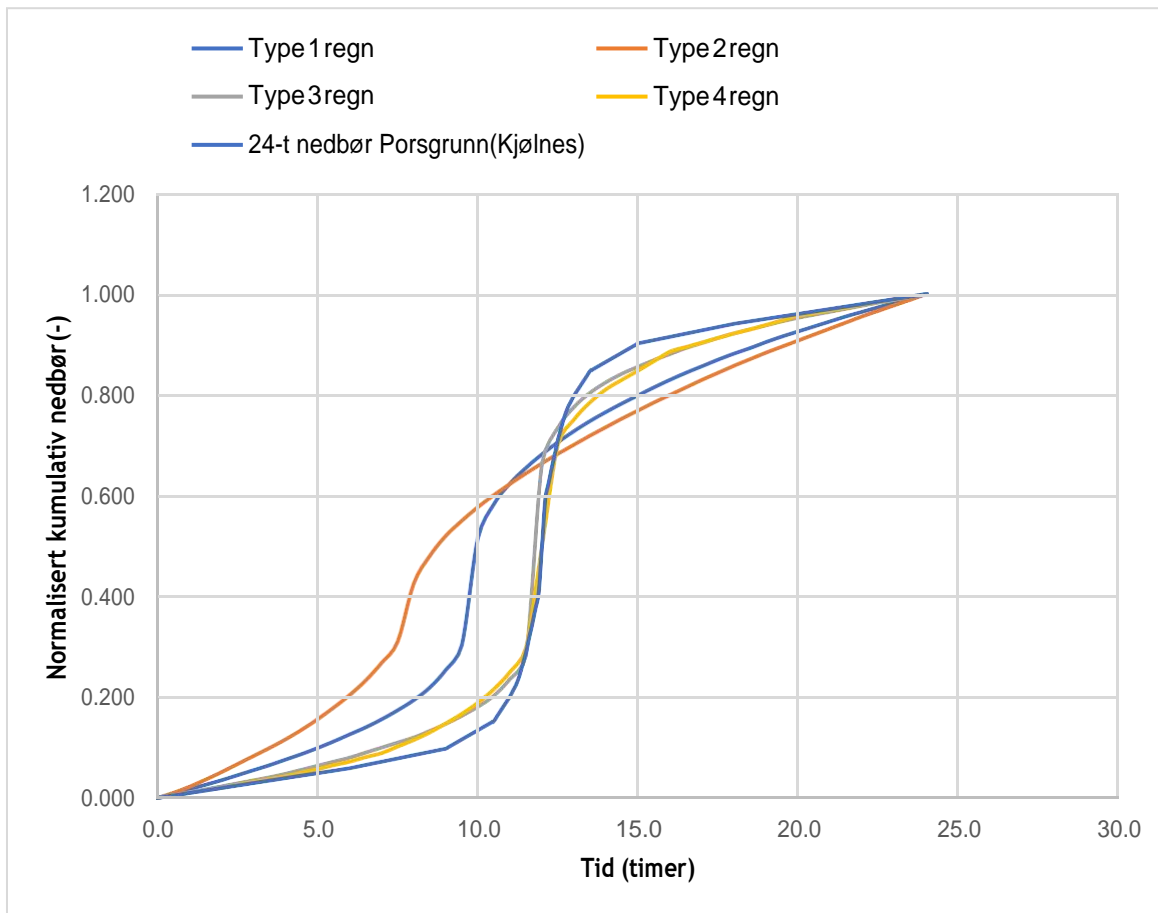
4.1 Symmetrisk blokk-hyetogram for 24t regn med gjentaksintervall = 200år



Figur 17: Viser det symmetriske blokkhyetogrammet som er konstruert for $t=200$ år.

Figuren over er et symmetrisk blokkhyetogram konstruert basert på IVF-kurve fra Kjølnes Porsgrunn. Data er hentet fra Norsk klima servicesenter sine hjemmesider for stasjonsnummer SN30270. Det er valgt et gjentakintervall på 200 år, med beregningsteg på 6 min og nedbørsvarighet =24t.

Disse valgene er gjort for å sammenligne generert symmetrisk blokkhyetogram med nedbørsdistribusjonene fra NRCS typeregn. Figur 18: Viser en sammenligning av NRCS typeregnene og en normalisert kumulativ av det symmetriske blokkhyetogrammet med T=200år, viser denne sammenligningen og man kan tydelig se at IVF-dataen fra Kjølnes passer godt sammen med NRCS type 2 og 3 regn. Disse regnene representerer henholdsvis innlands og kyst klima i USA. Målestasjonen ligger i Sør-Norge og bekrefter at NRCS type-regnene er konstruert på en slik måte at de vil være representative for regn av ulike klimatiske forhold uavhengig av geografisk lokasjon.



Figur 18: Viser en sammenligning av NRCS typeregnene og en normalisert kumulativ av det symmetriske blokkhyetogrammet med $T=200$ år

Likning	Vegvesenet	Norem 2015	NRCS Lagmetode
Før utbygging T_c [min]	75	69	47

Etter utbygging	75	43	39
Tc[min]			

4.2 Konsentrasjonstid

Tabell 4-1: konsentrasjonstider utregnet med ulike formler for nedbørsfeltet før og etter utbygging

Det ble utført beregninger for konsentrasjonstid med tre ulike formler for studieområdet. Da nedbørsfeltet endrer karakter som følge av utbygging ble konsentrasjonstiden beregnet med hensyn til dette.

For utregning av konsentrasjonstid etter utbygging er det tatt hensyn til at vannet som drenerer fra oppstrøms for utbyggingsområdet vil bli ført i åpne kanaler/stikkrenner/kulverter når det når det utbyggede delområdet og videre til feltutløpet. For utbygget delområdet er den pragmatiske formelen brukt for å beregne strømning i kanal. Konsentrasjonstiden er da tatt som summen av overflate strømning og strømning i rør/stikkrenner/kulverter. Tabell over viser beregnede konsentrasjonstider.

Vi ser at vegvesenets formel ikke gir endring i konsentrasjonstid for før og etter utbygging av området. Dette er fordi formlene kun tar hensyn til parametere som ikke er direkte påvirket av utbyggingen altså høydedifferansen er lik og det samme med strømningslengden fra nedbørsfeltets fjerneste punkt til utløpet. Vi ser videre at NRCS lag metoden gir raskest strømningstid for nedbørsfeltet før og etter utbygging. Mens konsentrasjonstiden funnet ved bruk av forslaget gitt av læreboka i drenering og håndtering av overvann (SVV rapport 681) gir en varighet som er betydelig lengre før utbygging i forhold til NRCS lagmetode. Denne differansen reduseres betraktelig etter utbygging, da strømningsregimet er antatt å være lik i den delen av studieområdet hvor vannet vil strømme i kanal i form av kulverter/rør eller grøfter.

4.3 Maksimal avrenning for studieområdet.

	Vegvesenet	Norem	NRCS Lagmetode
Q ₂₀₀	6.2	6.7	8.3
Q _{2år}	1.6	1.8	2.3

Tabell 4-2: QMAKS [m^3/s] med rasjonale metode før Utbygging av studieområdet

	Vegvesenet	Norem	NRCS lagmetode
Q ₂₀₀	7.1	10.5	11.5
Q _{2år}	2.1	3.15	3.5

Tabell 4-3: QMAKS [m^3/s] med rasjonale metode, etter Utbygging av studieområdet

Resultatene er funnet med vanlig fremgangsmetode og i henhold til kravet om 1.5 i klimapåslag, dette innebærer at avrenningskoeffisienten er multiplisert med en faktor 1.5 separat for ulike overflate typer i feltet. Tabell 4-2 viser beregnet maksimalt avrenning for dagens situasjon for de tre ulike konsentrasjonstidene i tabell 4-1. Det er en betydelig differanse mellom maksimal vannføring beregnet med den korteste konsentrasjonstiden, i forhold til maksimal avrenning beregnet med de to resterende konsentrasjonstidene lagt til grunn. Tabell 4-3 viser beregnet maksimalt avrenning for fremtidig situasjon med tre ulike konsentrasjonstider. Det er både i tabell 4-2 og 4-3 utregnet maksimal avrenning for ulike gjentaksintervall, der Q₂ representerer maksimal avrenning som kan overskrides hvert andre år, mens Q₂₀₀ representerer maksimal vannføring som i snitt vil ta 200 år før det blir overskrid.

Vi ser at det er ved bruk av NRCS Lagmetode sammen med den rasjonale metoden som generer størst avrenning, dette er som forventet da denne metoden gir som nevnt laveste verdier for konsentrasjonstid som igjen vil gi høyeste valg av intensitet fra IVF-kurven og dermed størst vannføring da de andre parametere i modellen er like for de respektive gjentaksintervallene. Videre ser man at den maksimale vannføringen beregnet med vegvesenets formel endrer seg relativt sett mindre, dette er fordi konsentrasjonstiden er lik, men at avrenningskoeffisienten har

endret seg fra $C_{\text{før}}=0,44$ til $C_{\text{etter}}=0,5$ for $T_{2\text{år}}$ grunnet utbygningen. Det har seg også slik at klimapåslaget er «flettet» inn i denne C-verdien som gjenspeiler den store økningen i maksimal vannføring for gjentakintervall på 200år.

Tabell 4-4: QMAKS [m^3/s] med modifiserte rasjonale metode, etter Utbygging

T	Berg	Norem	NRCS lagmetode
Q _{200år}	5.3	7.7	8.5
Q _{2år}	2.1	3.2	3.6

Tabellen over viser maksimal avrenning i [m^3/s] for utbygd området med bruk av den modifiserte rasjonale metode. Igjen er det den største maksimale avrenningen beregnet når konsentrasjonstiden til NRCS blir lagt til grunn. Videre er det ikke lagt til klimapåslag for Q₂₀₀ som det er gjort med beregning av maksimal avrenning for den rasjonale metoden.

Det er ikke gjort beregning av avrenning før utbygging av studieområde med den modifiserte rasjonale metode, fordi det er antatt at feltet er naturlig før utbygging. Dette er bevisst gjort da vegen som skjærer gjennom nedbørsfeltet anses som et vannskille i større grad enn at det er et bidragende areal med effektiv avrenning. Vannet som faller på vegoverflaten vil renne til sidegrøfter og bli transportert med annen avrenning til utløpet av feltet. Videre er overflate arealet som utgjør vegoverflaten, betraktelig mindre enn karakteristikkene som dominerer nedbørsfeltet og området der veg traseen er plassert i det flate segmentet av nedbørsfeltet. Det kan derfor tenke seg at vannet som faller på vegen har mindre hastighet enn avrenningen som renner fra høytliggende områder.

Resultatene viser at avrenningen for 2 år er veldig nær avrenningen for rasjonale metode, dette er fordi avrenningskoeffisientene ikke varierer betraktelig. Nedbørsfeltet er ikke godt egnet for modellen. Den modifiserte rasjonale metode er i utgangspunktet utviklet for urbane felt med høyere andel tette flater, endringene i studieområdet kan tenkes seg å ikke være lett knyttet til parameterne som inngår i denne modellen.

Videre er det i litteraturen ikke funnet, hvordan en kan anvende klimapåslag på den modifiserte rasjonale metode. Figuren som er funnet for å estimere UCWI med årlig nedbør i litteraturstudiet tar ikke hensyn til forventet økt nedbør som resultat av klimaendringer. Det kan tenkes seg at det i faglitteraturen finnes andre grafer som tar hensyn til dette.

4.4 Nødvendig fordrøyningsvolum ved bruk av Rajonale metode og regnenvelopmetoden:

Regnenvelopmetoden for Tc2						
Varighet (min)	ntensitet (m ³ /s), T=200 å	Volum inn RE (m ³)	Volum ut, RE (m ³)	Nødvendig volum		
1.000	5.833E-05	2952.600	405.582	2547.018		
2.000	4.350E-05	4403.592	811.164	3592.428		
3.000	3.811E-05	5787.096	1216.746	4570.350		
5.000	3.290E-05	8326.332	2027.911	6298.421		
10.000	2.620E-05	13261.392	4055.821	9205.571		
15.000	2.096E-05	15910.296	6083.732	9826.564		
20.000	1.667E-05	16872.000	8111.643	8760.357		
30.000	1.433E-05	21756.444	12167.464	9588.980		
45.000	1.187E-05	27037.380	18251.196	8786.184		
60.000	1.078E-05	32740.116	24334.928	8405.188		
90.000	1.667E-05	75924.000	36502.391	39421.609		
120.000	7.600E-06	46161.792	48669.855	-2508.063		
180.000	5.890E-06	53661.396	73004.783	-19343.387		
360.000	3.410E-06	62139.576	146009.566	-83869.990		
720.000	1.870E-06	68146.008	292019.131	-223873.123		
1440.000	1.060E-06	77256.888	584038.262	-506781.374		
				Nødvendig volum	39421.609	
				Dim.varig	90 min	

Figur 19: Viser beregning av nødvendig fordrøyningsvolum med regnenvelopmetoden

Utregnet nødvendig volum på nærmere 39450 m³ ble funnet for nedbørsfeltet med en dimensjonerende varighet = 90min. Det ble brukt Q_{maks200} med klimafaktor 1.5 og konsentrasjonstid = 68.5 min som er den mellomste konsentrasjonstiden av de omtalt i tabel 4-4.

Det er en betydelig reduksjon i nedbørintensiteten for varigheter, som vi ser i kolonne 2. Dette ser man også i hyetogrammet i figurene 25 til 27.

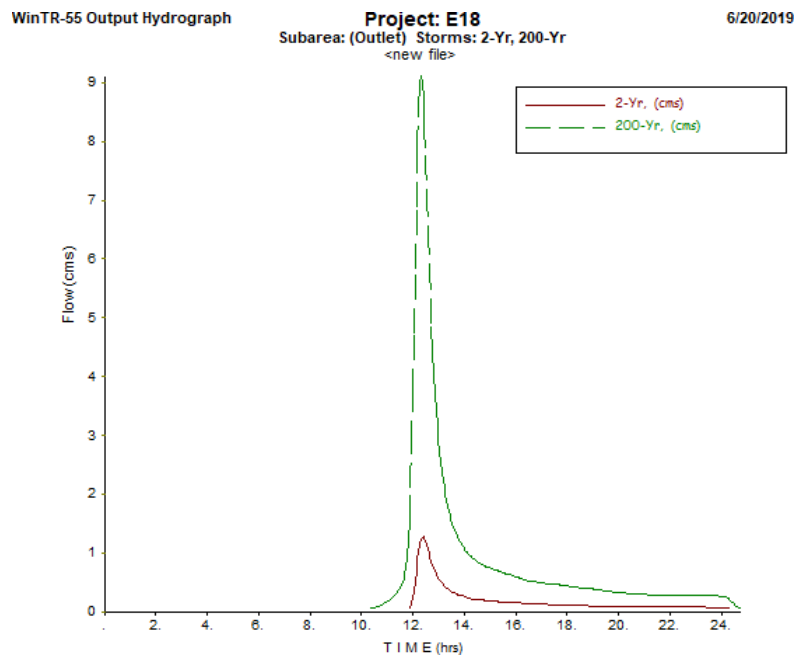
4.4.1 WINTR-55

Tabell 4-5: QMAKS [m^3/s] med WINTR-55 ($T_c = \text{Norem}$) og samlet felt før utbygging,

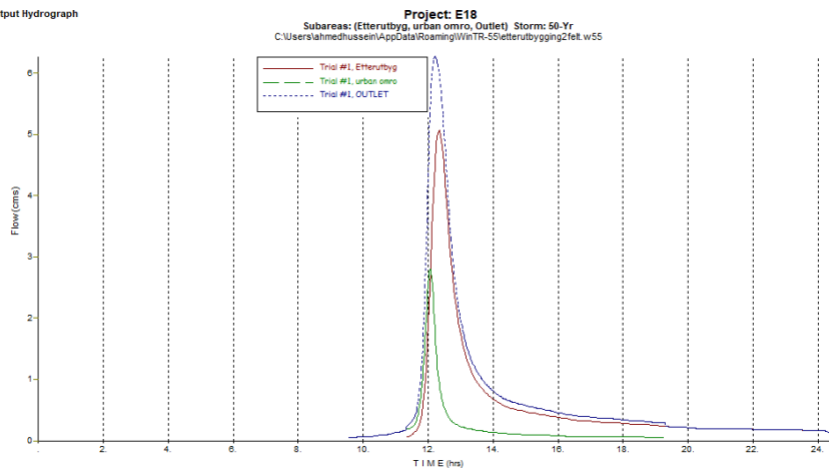
T	Q [m^3/s]	Peak time [h]
Q2år	0.52	12.78
Q200år	4.95	12.61
Q200år med klimapåslag	7.425	12.61

Tabell 4-6: QMAKS [m^3/s] med TR-55 ($T_c = \text{Norem}$) og samlet felt etter utbygging

T	Q	Peak time
Q2år	1.28	12.40
Q200år	9.12	12.32
Q200år med klimapåslag	13.68	12.32



Figur 20: Hydrogram for feltet før utbygging generert med WINTR-55 for 2 og 200 år gjentaksintervall.



Figur 21

File Options ProjectData GlobalData Run Help

WinTR-55 Small Watershed Hydrology

Project Identification Data

User: Region:

Project: Locale:

Subtitle: Execution Date: 6/27/2019

Sub-areas are expressed in: Hectares Square Kilometers

Dimensionless Unit Hydrograph:

Storm Data Source:

Rainfall Distribution Identifier:

Sub-area Entry and Summary

Sub-area Name	Sub-area Description	Sub-area Flows to Reach/Outlet	Area (km ²)	Weighted CN	Tc (hr)
Etterutbyg	samlet nedborsfelt	Outlet	1.04	76	0.714
urban omro		Outlet	0.16	92	0.301

Project Area: 1.20 (km²)

Figur 22

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	----- Elevation (m) -----	Peak Flow Time (hr)	Rate (cms)	Rate (cms/sq km)
OUTLET	1.080		34.880		12.64	4.96	4.59

Figur 23

Tabell 4-7

Nedbøfelt areal[km ²]	Avrenning dybde T=200år ved feltutløp	Utregnet volum[m ³]
1.08	35mm	37800
1.2	40.2mm	48240

Figurene og tabellene over er resultatene som er generert ved bruk av WINTR-55. De viser hvordan nedbørsfeltet responderer på avrenningen og er simulert med WINTR-55 som benytter NRCS enhetshydrogram metoden for generering av hydrogram slik det er beskrevet tidligere. Hydrogrammene er for 2 og 200 års returperiode. Modellregnet som er inngangen for alle metodene knyttet til NRCS er 24-t regn og basert på resultatet i figur 17 og 18. Det er derfor brukt en type 2 regn benyttet. Nødvendig fordrøyningsvolum er differansen mellom disse hydrogrammene og er på 10440m³/s

Tabellen over viser uthentet data fra simuleringen gjort basert på enhetshydrogrammet. Nødvendig volum ble beregnet til 10440m³, dette er et betraktelig mindre volum enn det som er generert av PQRUT. Arealet er noe mindre 0.2km². Videre er

4.4.2 PQRUT

Tabell 4-8: Viser masimal avrenning for før- og etter utbygging av området.

Q ₂₀₀ før utbygging	5.609 m ³ /s
Q ₂₀₀ etter utbygging	7.645 m ³ /s

Tabell 4-9 Viser simulert flomberegning før-utbygging (venstre) og etter utbygging (høyre) for studieområdet med bruk av PQRUT online kalkulator. Det er brukt samme symmetriske blokkhyetogram som fremtitt i figur (-).

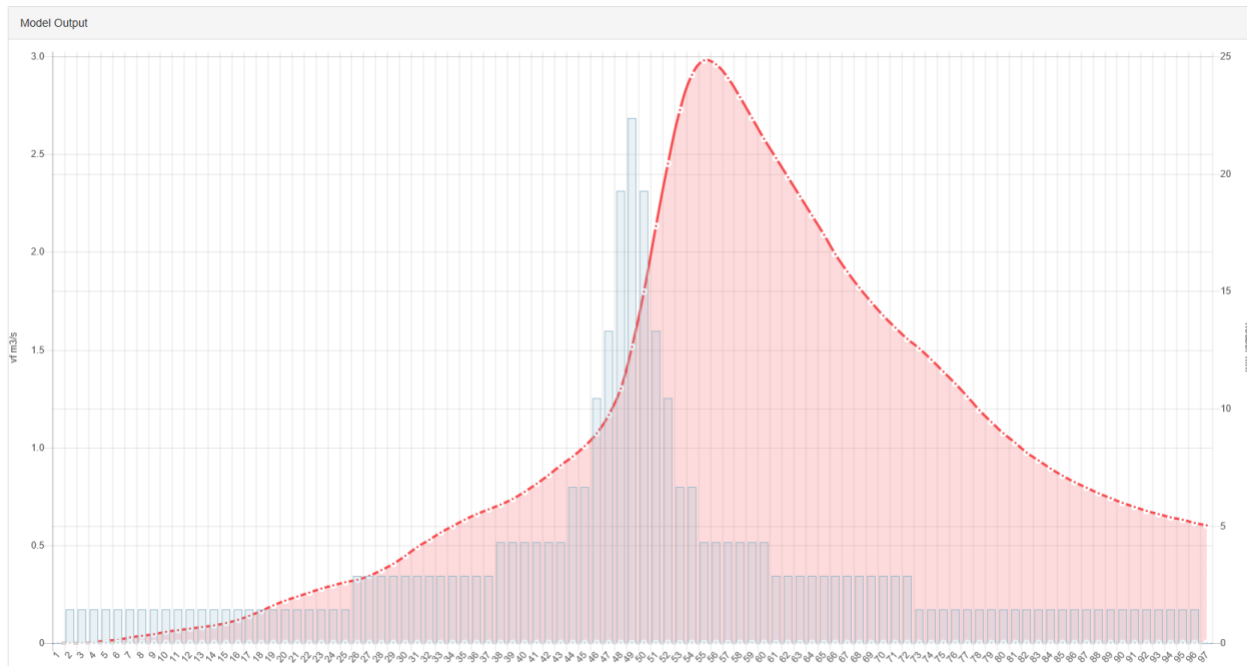
		Vannføring			
		Q _{2år}	Q _{50år}	Q _{200år}	
Før Utbygging:					
Konsentrasjonstid	68min	Q _{maks} =2.7 Volume=80830 m ³	Q _{maks} =6 Volume=142804	Q _{maks} =8 Volume= 545179	
Etter Utbygging:					
Konsentrasjonstid	48	Q _{maks} =3 Volume =88133	Q _{maks} =6.5 Volume= 155786	Q _{maks} =8.8 Volume= 595255	

Tabell 4-10

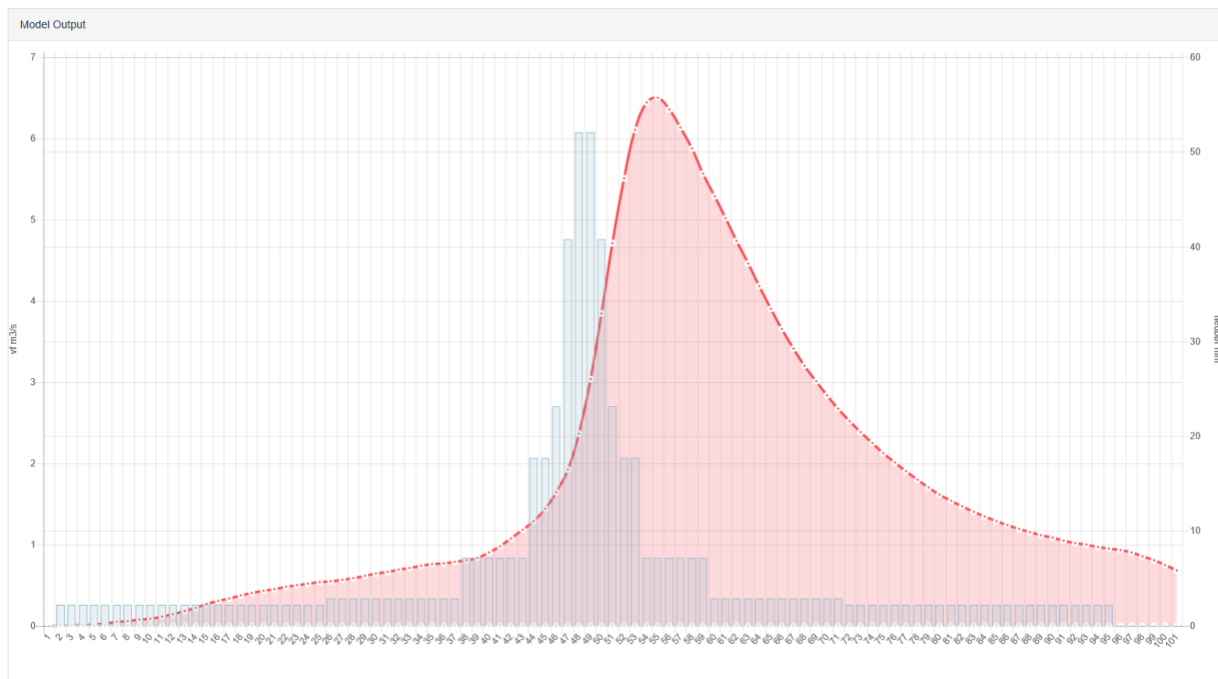
Gjentaksintervall, T[år]	Fordrøyningsvolum[m ³]
2	7303
50	12982
200	50076[m ³ /s]

Resultatene for beregning med PQRUT er sammenstilt i tabellene over(4-8 til 4-10), da det er vanskelig å se den relative differansen mellom hydrogrammene for ulike gjentaksintervaller. Volumene er beregnet ved å summere generert avrenning med et tidsteg på 15min. Det er totalt 24 timer regnvarighet som er brukt, det er 96 kolonner for nedbør, blå farge i figurene under(24-26) og utgjør totalt 1440min. Avrenningen fortsetter etter nedbørehendelsen er slutt og er tilnærmet 0.5m³/s. Dette gjelder alle figurene.

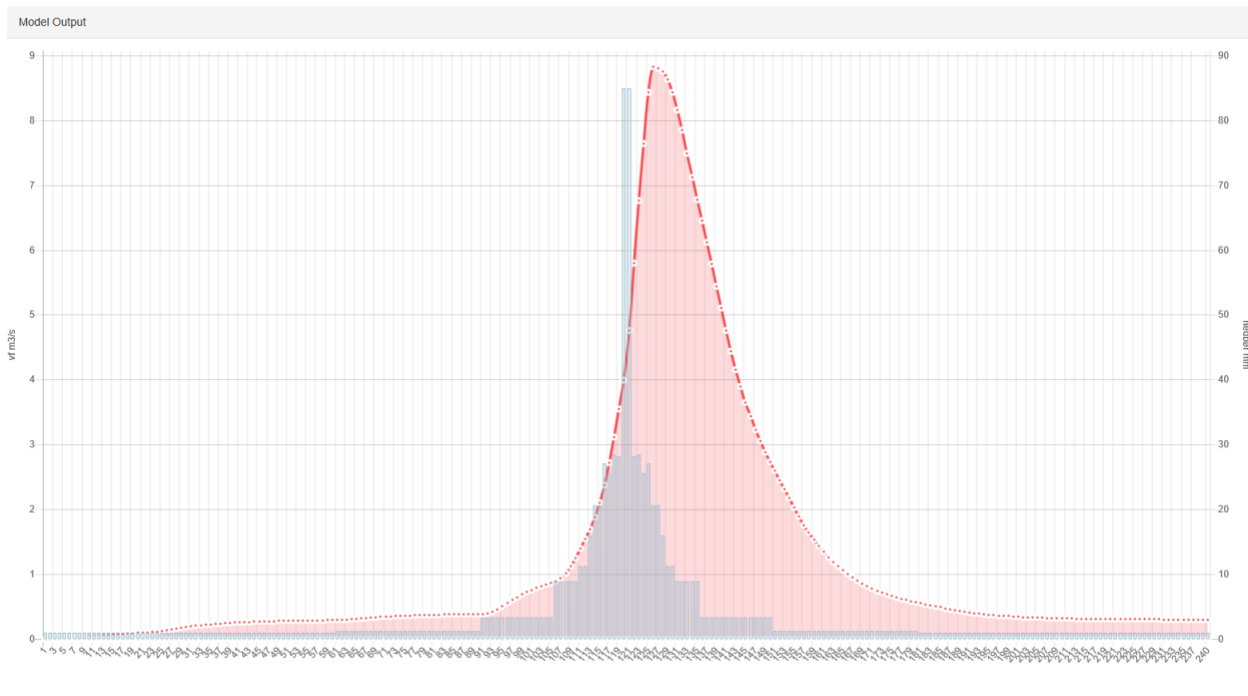
Siden endring av inngangsdata for nedbørsfeltet i henhold til de fastsatte parameterne generert i NEVINA for før og etter utbygging, ikke gav noe utslag for kalibrering av parameterne K1, K2 og T. ble det benyttet en tilnærming der $k_2=1/tc$ (etter utbygging). Denne tilnærmingen er basert på en konsentrasjonstid formel som er beskrevet i (Glad et al., 2015). Det er tenkt at siden konsentrasjonstiden er beregnet uavhengig av PQRUT modellen ville denne faktisk føre til en endring for beregnet volum. Resultatene viser at nødvendig fordrøyningsvolum for PQRUT uten klimapåslag er på 50000m³. Det er stor usikkerhet om denne tilnærmingen gjenspeiler faktiske forhold. Ved å utregne tømmekonstanten K2 på denne måten, antar man at kar-modellen starter tømmingen samtidig fra begge utløp. Estimaten vil dermed i bestefall være konservativ og gjenspeiler i mindre grad faktiske forhold i nedbørsfeltet. PQRUT modellen ser ut til å være utfordrende å knytte til feltendringer for små felt. Der endringene i feltet er for små til å utgjøre en forskjell for de parameterne som er knyttet til feltegenskapene.



Figur 24



Figur 25: $T=50\text{\AA}$, $K2=1/Tc$



Figur 26: $T=200\text{år}$, $K2=1/tc$

Figur 20 viser hvordan nedbørsfeltet responderer på avrenningen og er simulert med WINTR-55 som benytter TR-20 filer for generering av hydrogram.

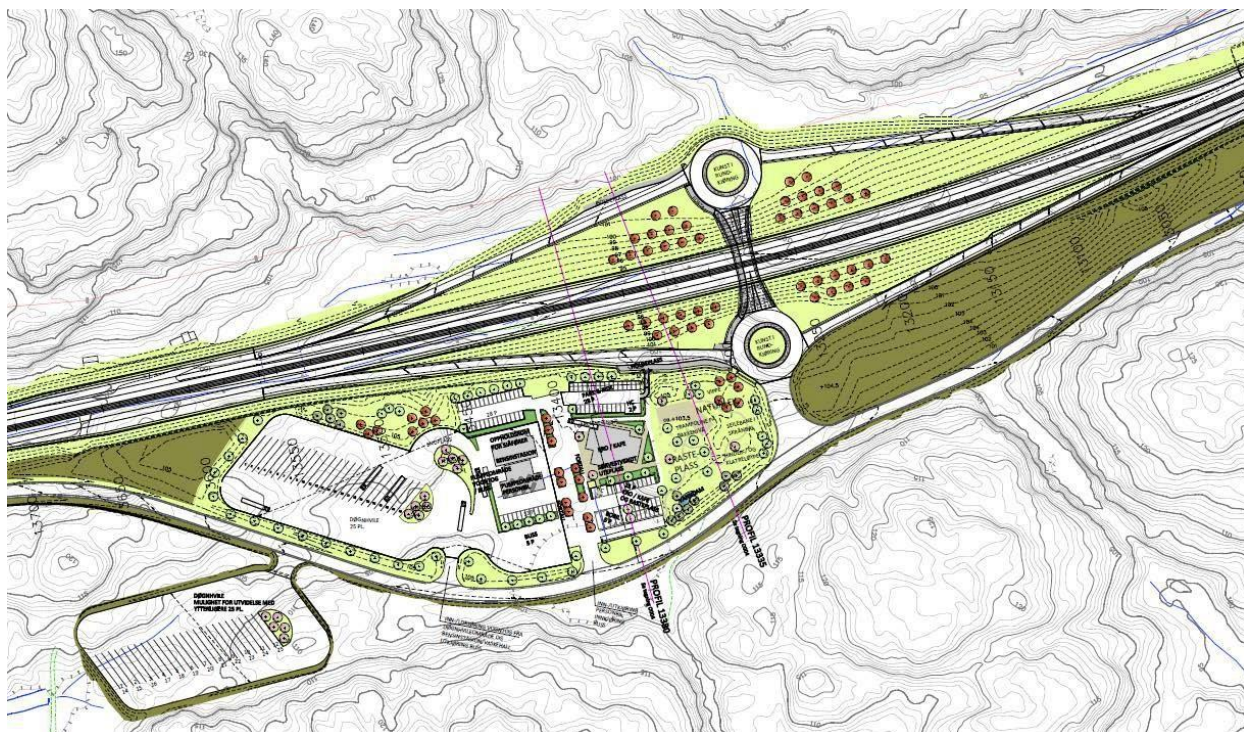
5 Konklusjoner

I denne oppgaven er det belyst hvordan ulike metoder for beregning av avrenning for før og etter utbygning av et prosjektert område. Basert på resultatene gav modellen som er utgitt av amerikanske vegmyndigheter lavest fordrøyningsvolum. Det ble avklart hvorvidt nedbørsparameteren i modellen er egnet for norske forhold. For Kurve-nummer modellen ble dette ikke avklart, men det er stor usikkerhet knyttet til estimering av infiltrasjonsmengder. Den modifiserte rasjonale metode viste seg å være uegnet for dette feltet, da den er utviklet for mere urbane områder. Det ble vist for denne metoden at den trolig kan brukes under norske forhold. PQRUT som er en metode som ofte brukes for å beregne hydrogrammet, viste seg å være utfordrende da feltendringene var relativt liten. Den rasjonale metode gav størst klarte ikke å knytte seg til er sikkert like tilegnelig. Det er også stor usikkerhet knyttet til estimering av avrenning for felt uten faktiske vannføringsmålinger. For videre arbeid hadde det vært fint om disse metoden ble anvendt i felt med faktiske vannføringsmålinger.

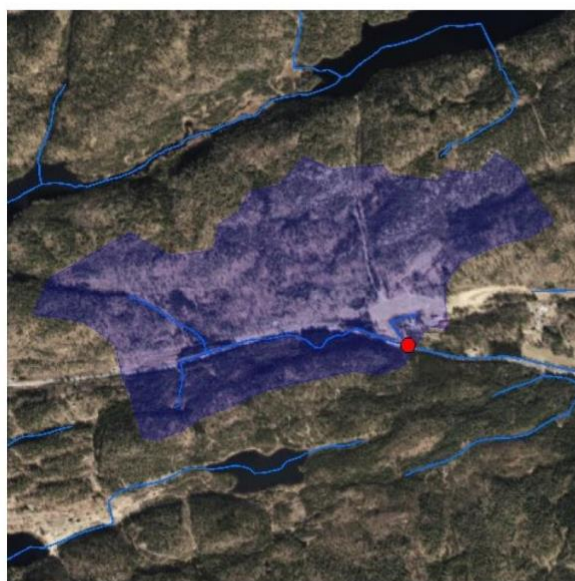
6 Referanser

- Andersen, J. H., Hjukse, T., Roald, L., Sælthun, N. R. J. N. W. R., & Energy Directorate, R. (1983). Hydrologisk modell for flomberegninger.
- Berg, A., Lunde, T., & Mosevoll, G. J. T. S. (1992). Flomberegning og kulvertdimensjonering.
- Butler, D., & Davies, J. W. (2000). *Urban drainage*. London: E.&F.N. Spon.
- Bøyum, Å., Eidsmo, T., Lindholm, O., Noreide, T., Semb, T., Skretteberg, R., & Markhus, E. J. N.-p. (1997). Anvendt urbanhydrologi. *10*, 1997.
- Chin, D. A., Mazumdar, A., & Roy, P. K. (2013). *Water-resources engineering* (Third edition, international edition. ed.). Harlow: Pearson.
- Devia, G. K., Ganasri, B., & Dwarakish, G. J. A. P. (2015). A review on hydrological models. *4*, 1001-1007.
- Dooge, J. (1973). *Linear theory of hydrologic systems*: Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.
- Førland, A. V. D. o. E. J. (2019). *Klimapåslag for korttidsnedbør Anbefalte verdier for Norge*. Retrieved from
- Førland, E., Mamen, J., Dyrddal, A. V., Grinde, L., & Myrabø, S. (2015). Dimensjonerende korttidsnedbør.
- Glad, P. A., Reitan, T., & Stenius, S. (2015). Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt.
- Haan, C. T., Barfield, B. J., & Hayes, J. C. (1994). *Design hydrology and sedimentology for small catchments*: Elsevier.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E., Haddeland, I., Hisdal, H., Lawrence, D., Mayer, S., . . . Sandø, A. J. N. r. (2017). Climate in Norway 2100—A knowledge base for climate adaptation. *204*.
- Jenssen, P. D., Jonasson, S. A., & Heistad, A. J. I. V.-F. (2006). Naturbasert rensing av avløpsvann - en kunnskapssammenstilling med hovedvekt på norske erfaringer.
- Lindholm, O., & Aune, B. J. V. n. (1978). Konstruksjon og bruk av nedbørhyetogrammer. *2*(5).
- Nevina. Lavvannsverktøy, Brukerveiledning.
- Norem, H., Flesjø, K., Sellevold, J., Lund, M. R., & Viréhn, P. L. E. (2016). Overvannshåndtering og drenering for veg og jernbane.
- Puschmann, O. J. N.-r. (2005). Nasjonalt referansesystem for landskap-Beskrivelse av Norges 45 landskapsregioner.
- Riahi, K., Rao, S., Krey, V., Cho, C., Chirkov, V., Fischer, G., . . . Rafaj, P. J. C. C. (2011). RCP 8.5—A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *109*(1), 33. doi:10.1007/s10584-011-0149-y
- Sorteberg, A., Lawrence, D., Dyrddal, A., Mayer, S., & Engeland, K. J. N. C. f. C. S. (2018). Climatic changes in short duration extreme precipitation and rapid onset flooding implications for design values.
- Sælthun, N. R. (1999). *Flommer, flomsikring og miljø - konflikt eller konsensus*. Retrieved from
- Younos, T. J. J. o. t. A. W. R. A. (2009). Curve Number Hydrology: State of the Practice. *45*(4), 1063.
- Ødegaard, H. (2012). *Vann-og avløpsteknikk*: Norsk Vann.

7 Vedlegg



Figur 27: Figuren viser tenkt utbygging av Lna-grønningen. Hele nedbørsfeltet er ikke med.



Lavvannskart

Vassdragsnr.: 017.13
 Kommune: Bamble
 Fylke: Telemark
 Vassdrag: KYSTFELT

Feltparametere

Areal (A)	1,1 km ²
Effektiv sjø (S _{eff})	0,0 %
Elvelengde (E _L)	1,2 km
Elvegradient (E _G)	44,0 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	39,4 m/km
Feltlengde(F _L)	1,4 km
Middelvannføring (61-90)	20,0 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	1/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	1/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	1/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	1/(s*km ²)
Base flow	0,0 l/(s*km ²)
BFI	
Klima	
Klimaregion	Sor
Årsnedbør	1013 mm
Sommernedbør	422 mm
Vinternedbør	591 mm
Årstemperatur	5,8 °C
Sommertemperatur	13,0 °C
Vintertemperatur	0,7 °C
Temperatur Juli	15,6 °C
Temperatur August	14,8 °C
H _{min}	77 moh.
H ₁₀	95 moh.
H ₂₀	103 moh.
H ₃₀	112 moh.
H ₄₀	122 moh.
H ₅₀	131 moh.
H ₆₀	141 moh.
H ₇₀	149 moh.
H ₈₀	159 moh.
H ₉₀	169 moh.
H _{max}	201 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	2,1 %
Myr	0,3 %
Sjø	0,1 %
Skog	96,5 %
Snaufjell	0,0 %
Urban	0,0 %

1) Verdien er editert



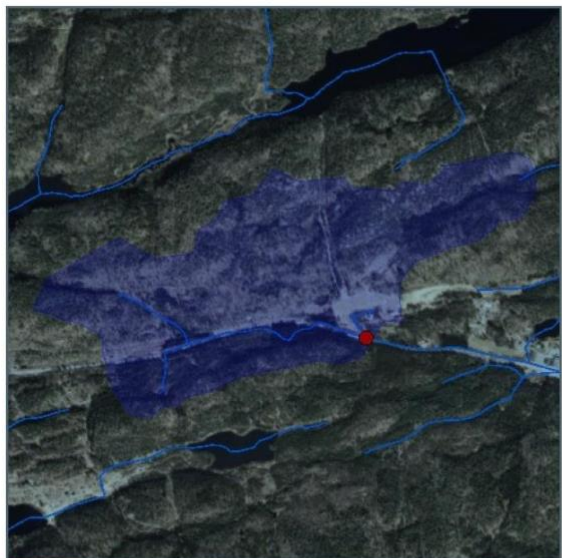
Kartbakgrunn: Statens Kartverk
 Kartdatum: EUREF89 WGS84
 Projeksjon: UTM 33N

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

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 lagringsmassene.

Figur 28: NEVINA, genererte parametere



Lavvannskart

Vassdragsnr.: 017.13
 Kommune: Bamble
 Fylke: Telemark
 Vassdrag: KYSTFELT

Feltparametere

Areal (A)	1,2 km ²
Effektiv sjø (S _{eff})	- %
Elvelengde (E _L)	1,2 km
Elvegradient (E _G)	44,0 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	39,4 m/km
Feltlengde(F _L)	1,4 km
H _{min}	77 moh.
H ₁₀	96 moh.
H ₂₀	104 moh.
H ₃₀	113 moh.
H ₄₀	123 moh.
H ₅₀	132 moh.
H ₆₀	141 moh.
H ₇₀	148 moh.
H ₈₀	158 moh.
H ₉₀	168 moh.
H _{max}	201 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	2,0 %
Myr	0,5 %
Sjø	0,1 %
Skog	96,6 %
Snaufjell	0,0 %
Urban	0,0 %

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	19,9 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	- l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	- l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	- l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	- l/(s*km ²)
Base flow	- l/(s*km ²)
BFI	-

Klima

Klimaregion	Sor
Årsnedbør	1012 mm
Sommernedbør	422 mm
Vinternedbør	590 mm
Årstemperatur	5,8 °C
Sommertemperatur	13,0 °C
Vintertemperatur	0,7 °C
Temperatur Juli	15,6 °C
Temperatur August	14,8 °C



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.

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.

1) Verdien er editert

© nevina.nve.no

Figur 29: Genererte parametere fra NEVINA

Genererte Hydrogrammer for før og etter utbygg, med WinTR-20 utvidelsen i WinTR-55,

WinTR-20 Printed Page File Beginning of Input Data List
 TR20.inp

WinTR-20: Version 1.10 1 1 0.05
 E18
 et nedborsfelt

SUB-AREA:
 forsituasjOutlet 1.08 75. 1.151

STREAM REACH:

STORM ANALYSIS:
 2-Yr 41.47 Type II 2
 5-Yr 52.7 Type II 2
 50-Yr 77.76 Type II 2
 200-Yr 91.58 Type II 2

STRUCTURE RATING:

GLOBAL OUTPUT:
 2 0.05 YYYYN YYYYNN

WinTR-20 Printed Page File End of Input Data List

 E18
 et nedborsfelt

 Name of printed page file:
 TR20.out

 STORM 2-Yr

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	Elevation (m)	Peak Flow Time (hr)	Rate (cms)	Rate (cms/sq km)
forsituasj	1.080		5.418		12.79	0.52	0.48

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Values @ time increment (cms)	of 0.073 hr (cms)	Flow (cms)	Rate (cms)	Rate (cms)	
12.061	0.06	0.10	0.16	0.23	0.30	0.37	0.43
12.570	0.47	0.50	0.52	0.52	0.51	0.50	0.47
13.079	0.44	0.41	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31
13.588	0.30	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23
14.097	0.22	0.21	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18
14.606	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15
15.115	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13
15.623	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12
16.132	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
16.641	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
17.150	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09
17.659	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
18.168	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08
18.677	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
19.185	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
19.694	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
20.203	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06
20.712	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

WinTR-20: Version 1.10

1

1

0.05

(continued)

et nedborsfelt

STORM 2-Yr

SUB-AREA:

forsituasjOutlet

1.08

75.

1.151

STREAM REACH:

21.221	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21.730	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.239	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.748	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.256	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.765	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05
24.274	0.05	0.05						

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	Peak Elevation (m)	Flow Time (hr)	Peak Rate (cms)	Flow Rate (cms/sq km)
OUTLET	1.080		5.418		12.79	0.52	0.48

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Values (cms)	@ time (cms)	increment (cms)	of (cms)	0.073 hr (cms)	(cms)
12.061	0.06	0.10	0.16	0.23	0.30	0.37	0.43
12.570	0.47	0.50	0.52	0.52	0.51	0.50	0.47
13.079	0.44	0.41	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31
13.588	0.30	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23

WinTR-20 Version 1.10

Page 1

06/27/2019 5:28

E18
et nedborsfelt

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Values (cms)	@ time (cms)	increment (cms)	of (cms)	0.073 hr (cms)	(cms)
14.097	0.22	0.21	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18
14.606	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15
15.115	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13
15.623	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12
16.132	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
16.641	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
17.150	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09
17.659	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
18.168	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08
18.677	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
19.185	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
19.694	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
20.203	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06
20.712	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21.221	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21.730	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.239	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.748	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.256	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.765	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05
24.274	0.05	0.05					

WinTR-20: Version 1.10 1 1 0.05

(continued)

et nedborsfelt

STORM 2-Yr

SUB-AREA:

forsituasjOutlet 1.08 75. 1.151

STREAM REACH:

STORM 5-Yr

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	Elevation (m)	Peak Time (hr)	Flow Rate (cms)	Rate (cms/sq km)
forsituasj	1.080		10.542		12.72	1.23	1.14

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Flow Values @ time (cms)	increment (cms)	of 0.073 hr (cms)	Flow Rate (cms)	Rate (cms)
11.994	0.11	0.20	0.33	0.49	0.67	1.00
12.503	1.11	1.18	1.22	1.23	1.21	1.10
13.012	1.02	0.94	0.87	0.81	0.75	0.66
13.521	0.62	0.58	0.54	0.51	0.49	0.44
14.029	0.42	0.40	0.38	0.37	0.35	0.33
14.538	0.31	0.30	0.29	0.29	0.28	0.26
15.047	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24	0.23
15.556	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20
16.065	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19	0.18
16.574	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17
17.083	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
17.591	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
18.100	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14
18.609	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13
19.118	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12
19.627	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11
20.136	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11

WinTR-20 Version 1.10

Page 2

06/27/2019 5:28

E18
 et nedborsfelt

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Flow Values @ time (cms)	increment (cms)	of 0.073 hr (cms)	Flow Rate (cms)	Rate (cms)
20.645	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
21.153	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
21.662	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
22.171	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09
22.680	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
23.189	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
23.698	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
24.207	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06
24.716	0.05					

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	Elevation (m)	Peak Time (hr)	Flow Rate (cms)	Rate (cms/sq km)
--------------------------	-----------------------	--------------------------	--------------------	---------------	----------------	-----------------	------------------

WinTR-55, Version 1.00.10

Page 3

6/27/2019 5:28:59 AM

WinTR-20: Version 1.10

1 1 0.05

(continued)

et nedborsfelt

STORM 5-Yr

SUB-AREA:

forsituasjOutlet 1.08 75. 1.151

STREAM REACH:

OUTLET 1.080 10.542 12.72 1.23 1.14

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Values @ time (cms)	increment (cms)	of (cms)	0.073 hr (cms)	----- (cms)
11.994	0.11	0.20	0.33	0.49	0.67	0.85
12.503	1.11	1.18	1.22	1.23	1.21	1.16
13.012	1.02	0.94	0.87	0.81	0.75	0.70
13.521	0.62	0.58	0.54	0.51	0.49	0.46
14.029	0.42	0.40	0.38	0.37	0.35	0.34
14.538	0.31	0.30	0.29	0.29	0.28	0.27
15.047	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24	0.23
15.556	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21
16.065	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19	0.18
16.574	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17
17.083	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
17.591	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
18.100	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14
18.609	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13
19.118	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12
19.627	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
20.136	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
20.645	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
21.153	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
21.662	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
22.171	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
22.680	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
23.189	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
23.698	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
24.207	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07
24.716	0.05					

STORM 50-Yr

E18
et nedborsfelt

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	----- Elevation (m)	Peak Time (hr)	Flow Rate (cms)	----- Rate (cms/sq km)
forsituasj	1.080		25.340		12.63	3.48	3.23

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Values @ time (cms)	increment (cms)	of (cms)	0.073 hr (cms)	----- (cms)
----------------------------	---------------	------------------------	--------------------	-------------	-------------------	----------------

WinTR-20: Version 1.10

1

1

0.05

(continued)

et nedborsfelt

STORM 50-Yr

SUB-AREA:

forsituasjOutlet

1.08

75.

1.151

STREAM REACH:

11.686	0.07	0.11	0.18	0.31	0.53	0.83	1.21
12.195	1.67	2.16	2.62	3.00	3.27	3.43	3.48
12.704	3.45	3.33	3.16	2.94	2.70	2.45	2.23
13.213	2.04	1.88	1.73	1.60	1.49	1.38	1.29
13.722	1.20	1.13	1.06	1.00	0.94	0.89	0.85
14.231	0.81	0.77	0.74	0.71	0.68	0.65	0.63
14.740	0.61	0.59	0.57	0.56	0.54	0.53	0.52
15.248	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.45
15.757	0.44	0.43	0.42	0.42	0.41	0.40	0.40
16.266	0.39	0.38	0.38	0.37	0.36	0.36	0.35
16.775	0.35	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33
17.284	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31
17.793	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29
18.302	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27
18.810	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25
19.319	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24
19.828	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22
20.337	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20
20.846	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
21.355	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
21.864	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
22.373	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18
22.881	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
23.390	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
23.899	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16
24.408	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08
24.917	0.07	0.06	0.05				

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	----- Peak Elevation (m)	Flow Time (hr)	----- Rate (cms) (cms/sq km)	----- Rate (cms) (cms/sq km)
OUTLET	1.080		25.340		12.63	3.48	3.23

Line

Start Time (hr)	----- Flow Values @ time increment of 0.073 hr -----	----- (cms) -----	----- (cms) -----	----- (cms) -----	----- (cms) -----	----- (cms) -----	----- (cms) -----
11.686	0.07	0.11	0.18	0.31	0.53	0.83	1.21
12.195	1.67	2.16	2.62	3.00	3.27	3.43	3.48
12.704	3.45	3.33	3.16	2.94	2.70	2.45	2.23
13.213	2.04	1.88	1.73	1.60	1.49	1.38	1.29
13.722	1.20	1.13	1.06	1.00	0.94	0.89	0.85
14.231	0.81	0.77	0.74	0.71	0.68	0.65	0.63
14.740	0.61	0.59	0.57	0.56	0.54	0.53	0.52

WinTR-20 Version 1.10

Page 4

06/27/2019 5:28

E18
et nedborsfelt

Line

WinTR-20: Version 1.10

1

1

0.05

(continued)

et nedborsfelt

STORM 50-Yr

SUB-AREA:

forsituasjOutlet

1.08

75.

1.151

STREAM REACH:

Start Time (hr)	Flow Values @ time increment of 0.073 hr						
(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)
15.248	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.45
15.757	0.44	0.43	0.42	0.42	0.41	0.40	0.40
16.266	0.39	0.38	0.38	0.37	0.36	0.36	0.35
16.775	0.35	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33
17.284	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31
17.793	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29
18.302	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27
18.810	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25
19.319	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24
19.828	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22
20.337	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20
20.846	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
21.355	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
21.864	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
22.373	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18
22.881	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
23.390	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
23.899	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16
24.408	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08
24.917	0.07	0.06	0.05				

STORM 200-Yr

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	Elevation (m)	Peak Time (hr)	Flow Rate (cms)	Flow Rate (cms/sq km)
forsituasj	1.080		34.880		12.64	4.96	4.59

Line Start Time (hr)	Flow Values @ time increment of 0.073 hr						
(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)
11.185	0.05	0.06	0.08	0.09	0.11	0.14	0.17
11.694	0.21	0.28	0.40	0.62	0.95	1.40	1.96
12.203	2.61	3.30	3.92	4.42	4.75	4.93	4.96
12.712	4.87	4.67	4.40	4.07	3.71	3.35	3.05
13.221	2.78	2.55	2.35	2.17	2.00	1.86	1.73
13.729	1.61	1.51	1.41	1.33	1.25	1.18	1.12
14.238	1.07	1.02	0.97	0.93	0.89	0.86	0.82
14.747	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71	0.69	0.67
15.256	0.66	0.64	0.63	0.61	0.60	0.59	0.58
15.765	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51
16.274	0.50	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.46
16.783	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	0.42	0.42
17.291	0.42	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.39
17.800	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37
18.309	0.37	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35
18.818	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33
19.327	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.30

WinTR-20: Version 1.10

1

1

0.05

(continued)

et nedborsfelt

STORM 200-Yr

SUB-AREA:

forsituasjOutlet

1.08

75.

1.151

STREAM REACH:

19.836

0.30

0.30

0.29

0.29

0.29

0.28

0.28

WinTR-20 Version 1.10

Page 5

06/27/2019 5:28

E18

et nedborsfelt

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Values @ time (cms)	increment (cms)	of 0.073 hr (cms)	Peak Flow (cms)	Rate (cms)	Rate (cms)
20.345	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26
20.854	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25
21.362	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24
21.871	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
22.380	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23
22.889	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
23.398	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
23.907	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21
24.416	0.20	0.18	0.17	0.15	0.13	0.12	0.10
24.924	0.09	0.07	0.06	0.05			

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	Elevation (m)	Peak Time (hr)	Flow Rate (cms)	Flow Rate (cms/sq km)
OUTLET	1.080		34.880		12.64	4.96	4.59

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Values @ time (cms)	increment (cms)	of 0.073 hr (cms)	Peak Flow (cms)	Rate (cms)	Rate (cms)
11.185	0.05	0.06	0.08	0.09	0.11	0.14	0.17
11.694	0.21	0.28	0.40	0.62	0.95	1.40	1.96
12.203	2.61	3.30	3.92	4.42	4.75	4.93	4.96
12.712	4.87	4.67	4.40	4.07	3.71	3.35	3.05
13.221	2.78	2.55	2.35	2.17	2.00	1.86	1.73
13.729	1.61	1.51	1.41	1.33	1.25	1.18	1.12
14.238	1.07	1.02	0.97	0.93	0.89	0.86	0.82
14.747	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71	0.69	0.67
15.256	0.66	0.64	0.63	0.61	0.60	0.59	0.58
15.765	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51
16.274	0.50	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.46
16.783	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	0.42	0.42
17.291	0.42	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.39
17.800	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37
18.309	0.37	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35
18.818	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33
19.327	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.30
19.836	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28
20.345	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26
20.854	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25
21.362	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24

WinTR-20: Version 1.10

1

1

0.05

(continued)

et nedborsfelt

STORM 200-Yr

SUB-AREA:

forsituasjOutlet

1.08

75.

1.151

STREAM REACH:

21.871	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
22.380	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23
22.889	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
23.398	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
23.907	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21
24.416	0.20	0.18	0.17	0.15	0.13	0.12	0.12	0.10
24.924	0.09	0.07	0.06	0.05				

WinTR-20 Version 1.10

Page 6

06/27/2019 5:28

E18

et nedborsfelt

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Alternate	Peak Flow by Storm			
			2-Yr (cms)	5-Yr (cms)	50-Yr (cms)	200-Yr (cms)
forsituasj	1.080		0.52	1.23	3.48	4.96
OUTLET	1.080		0.52	1.23	3.48	4.96

WinTR-20 Printed Page File
TR20.inp

Beginning of Input Data List

WinTR-20: Version 1.10

1

1

0.05

(continued)

et nedborsfelt

STORM 200-Yr

SUB-AREA:

forsituasjOutlet

1.08

75.

1.151

STREAM REACH:

WinTR-20 Version 1.10

Page 7

06/27/2019 5:28

WinTR-55, Version 1.00.10

Page 9

6/27/2019 5:28:59 AM

WinTR-20 Printed Page File
TR20.inp

Beginning of Input Data List

WinTR-20: Version 1.10 1 1 0.05
E18
samlet nedborsfelt

SUB-AREA:
 EtterutbygOutlet 1.04 76. .714
 urban omroOutlet .16 92. .301

STREAM REACH:

STORM ANALYSIS:
 2-Yr 41.47 Type II 2
 50-Yr 77.76 Type II 2
 200-Yr 91.58 Type II 2

STRUCTURE RATING:

GLOBAL OUTPUT:
 2 0.05 YYYYN YYYYNN

WinTR-20 Printed Page File

End of Input Data List

E18
samlet nedborsfelt

Name of printed page file:
TR20.out

STORM 2-Yr

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	Elevation (m)	Peak Flow Time (hr)	Rate (cms)	Rate (cms/sq km)
Etterutbyg	1.040		6.059		12.42	0.82	0.79

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Values @ time (cms)	increment (cms)	of 0.045 hr (cms)	Flow (cms)	Flow (cms)
11.968	0.07	0.13	0.22	0.32	0.43	0.55
12.284	0.73	0.78	0.81	0.82	0.81	0.79
12.599	0.70	0.66	0.61	0.57	0.53	0.50
12.915	0.45	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34
13.231	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26
13.546	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22
13.862	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18
14.178	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16
14.493	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
14.809	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
15.125	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13
15.440	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12
15.756	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
16.072	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
16.387	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
16.703	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
17.019	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
17.334	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09

WinTR-20: Version 1.10 1 1 0.05

(continued)

samlet nedborsfelt

STORM 2-Yr

SUB-AREA:

	EtterutbygOutlet		1.04	76.	.714		
	urban omroOutlet		.16	92.	.301		
17.650	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
17.966	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
18.281	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
18.597	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
18.913	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
19.228	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07
19.544	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
19.860	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
20.175	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06
20.491	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
20.807	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21.122	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21.438	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21.754	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.069	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.385	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.701	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.016	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.332	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.648	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.963	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05

WinTR-20 Version 1.10

Page 1

06/27/2019 12:11

E18
samlet nedborsfelt

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	----- Elevation (m)	Peak Time (hr)	Flow Rate (cms)	----- Rate (cms/sq km)
urban omro	0.160		16.576		12.06	1.18	7.37

Line Start Time (hr)	----- (cms)	Flow Values @ time (cms)	increment of (cms)	0.019 hr (cms)	----- (cms)	(cms)	(cms)
11.266	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
11.399	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
11.532	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11
11.665	0.13	0.14	0.16	0.18	0.21	0.24	0.27
11.799	0.31	0.35	0.40	0.46	0.52	0.59	0.67
11.932	0.75	0.84	0.93	1.01	1.07	1.13	1.16
12.065	1.18	1.18	1.15	1.11	1.05	0.98	0.90
12.198	0.83	0.75	0.68	0.62	0.56	0.51	0.47
12.331	0.43	0.40	0.37	0.34	0.32	0.30	0.29
12.464	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20
12.597	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15
12.730	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12
12.863	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11
12.996	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10
13.129	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09

WinTR-20: Version 1.10

1

1

0.05

(continued)

samlet nedborsfelt

STORM 2-Yr

SUB-AREA:

EtterutbygOutlet	1.04	76.	.714
urban omroOutlet	.16	92.	.301

13.262	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
13.395	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
13.529	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
13.662	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
13.795	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
13.928	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
14.061	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
14.194	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
14.327	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
14.460	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
14.593	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
14.726	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	Elevation (m)	Peak Time (hr)	Flow Rate (cms)	Flow Rate (cms/sq km)
OUTLET	1.200		7.458		12.12	1.48	1.23

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Flow (cms)	Flow Values @ time (cms)	increment (cms)	of 0.019 hr (cms)	Flow (cms)	Flow (cms)
11.266	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
11.399	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
11.532	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11
11.665	0.13	0.14	0.16	0.18	0.21	0.24	0.27
11.799	0.31	0.35	0.40	0.46	0.52	0.59	0.67
11.932	0.77	0.89	1.00	1.11	1.20	1.29	1.36
12.065	1.41	1.45	1.47	1.48	1.46	1.44	1.41

WinTR-20 Version 1.10

Page 2

06/27/2019 12:11

E18
samlet nedborsfelt

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Flow (cms)	Flow Values @ time (cms)	increment (cms)	of 0.019 hr (cms)	Flow (cms)	Flow (cms)
12.198	1.38	1.35	1.33	1.30	1.27	1.25	1.23
12.331	1.21	1.19	1.18	1.16	1.14	1.12	1.10
12.464	1.08	1.05	1.03	1.01	0.98	0.95	0.92
12.597	0.90	0.87	0.84	0.81	0.79	0.76	0.74
12.730	0.72	0.70	0.68	0.66	0.65	0.63	0.61
12.863	0.60	0.59	0.57	0.56	0.55	0.53	0.52
12.996	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45
13.129	0.45	0.44	0.43	0.42	0.42	0.41	0.40
13.262	0.40	0.39	0.38	0.38	0.37	0.37	0.36
13.395	0.36	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.33
13.529	0.33	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31
13.662	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.28
13.795	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27

WinTR-55, Version 1.00.10

Page 3

6/27/2019 12:11:41 PM

WinTR-20: Version 1.10 1 1 0.05

(continued)

samlet nedborsfelt

STORM 2-Yr

SUB-AREA:

EtterutbygOutlet	1.04	76.	.714				
urban omroOutlet	.16	92.	.301				
19.650	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
19.783	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
19.916	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
20.049	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
20.182	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
20.315	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
20.448	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
20.581	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
20.714	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
20.848	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
20.981	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21.114	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21.247	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21.380	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21.513	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21.646	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21.779	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21.912	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.045	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.178	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.311	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.444	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.578	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.711	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.844	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22.977	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.110	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.243	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.376	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.509	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.642	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.775	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
23.908	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
24.041	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
24.174	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

STORM 50-Yr

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	----- Elevation (m)	Peak Time (hr)	Flow Rate (cms)	----- Rate (cms/sq km)
Etterutbyg	1.040		26.760		12.35	5.07	4.87

Line

WinTR-20: Version 1.10

1

1

0.05

(continued)

samlet nedborsfelt

STORM 50-Yr

SUB-AREA:

EtterutbygOutlet	1.04	76.	.714
urban omroOutlet	.16	92.	.301

WinTR-20 Version 1.10

Page 5

06/27/2019 12:11

E18
samlet nedborsfelt

Line	Start Time	Flow	Values @ time	increment	of	0.019 hr	
	(hr)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)
9.546	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
9.679	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
9.812	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
9.945	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
10.078	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
10.211	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08
10.344	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
10.477	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
10.610	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
10.744	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
10.877	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13
11.010	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14
11.143	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.17
11.276	0.17	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19
11.409	0.20	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
11.542	0.24	0.25	0.26	0.27	0.30	0.32	0.36
11.675	0.39	0.44	0.50	0.56	0.64	0.72	0.81
11.808	0.91	1.03	1.16	1.30	1.46	1.63	1.82
11.941	2.02	2.21	2.39	2.55	2.67	2.75	2.80
12.074	2.80	2.75	2.65	2.52	2.35	2.17	1.99
12.207	1.81	1.64	1.48	1.34	1.21	1.10	1.01
12.340	0.93	0.86	0.80	0.75	0.70	0.65	0.62
12.474	0.58	0.55	0.52	0.49	0.47	0.45	0.43
12.607	0.41	0.39	0.37	0.36	0.35	0.33	0.32
12.740	0.31	0.30	0.29	0.29	0.28	0.27	0.27
12.873	0.26	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24
13.006	0.23	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	0.21
13.139	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20
13.272	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18
13.405	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17
13.538	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
13.671	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
13.804	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
13.937	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13
14.070	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12
14.203	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
14.337	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11
14.470	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
14.603	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
14.736	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
14.869	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
15.002	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

WinTR-20: Version 1.10

1

1

0.05

(continued)

samlet nedborsfelt

STORM 50-Yr

SUB-AREA:

EtterutbygOutlet 1.04 76. .714
urban omroOutlet .16 92. .301

15.135	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
15.268	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
15.401	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
15.534	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
15.667	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08
15.800	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
15.933	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
16.066	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
16.200	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07

WinTR-20 Version 1.10

Page 6

06/27/2019 12:11

E18

samlet nedborsfelt

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Values @ time (cms)	increment (cms)	of (cms)	0.019 hr (cms)	Flow (cms)	Rate (cms)
16.333	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
16.466	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
16.599	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
16.732	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
16.865	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
16.998	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
17.131	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
17.264	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
17.397	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
17.530	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
17.663	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
17.796	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
17.930	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
18.063	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
18.196	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
18.329	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
18.462	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
18.595	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
18.728	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
18.861	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
18.994	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
19.127	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
19.260	0.05	0.05					

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	Peak Elevation (m)	Flow Time (hr)	Rate (cms)	Rate (cms/sq km)
OUTLET	1.200		29.836		12.21	6.28	5.23

Line Start Time (hr)	Flow (cms)	Values @ time (cms)	increment (cms)	of (cms)	0.019 hr (cms)	Flow (cms)	Rate (cms)
----------------------------	---------------	------------------------	--------------------	-------------	-------------------	---------------	---------------

WinTR-20: Version 1.10 1 1 0.05

(continued)

samlet nedborsfelt

STORM 50-Yr

SUB-AREA:

EtterutbygOutlet	1.04	76.	.714
urban omroOutlet	.16	92.	.301

9.546	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
9.679	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
9.812	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
9.945	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
10.078	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
10.211	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08
10.344	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
10.477	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
10.610	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
10.744	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
10.877	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13
11.010	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14
11.143	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.17
11.276	0.17	0.17	0.18	0.21	0.24	0.25	0.26
11.409	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	0.33
11.542	0.35	0.37	0.39	0.41	0.44	0.48	0.53
11.675	0.59	0.65	0.73	0.83	0.93	1.05	1.19

WinTR-20 Version 1.10

Page 7

06/27/2019 12:11

E18
samlet nedborsfelt

Line	Start Time	Flow	Values @ time	increment	of	0.019 hr	
(hr)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)
11.808	1.34	1.53	1.73	1.97	2.23	2.53	2.87
11.941	3.21	3.60	3.97	4.34	4.69	5.02	5.32
12.074	5.58	5.80	5.96	6.08	6.17	6.23	6.25
12.207	6.28	6.27	6.25	6.22	6.17	6.13	6.06
12.340	5.99	5.90	5.80	5.70	5.57	5.45	5.31
12.474	5.16	5.01	4.84	4.68	4.51	4.34	4.18
12.607	4.01	3.86	3.71	3.56	3.42	3.29	3.17
12.740	3.06	2.95	2.85	2.75	2.67	2.58	2.50
12.873	2.42	2.34	2.27	2.20	2.14	2.08	2.02
13.006	1.96	1.90	1.86	1.81	1.76	1.72	1.67
13.139	1.63	1.59	1.56	1.52	1.49	1.46	1.43
13.272	1.40	1.37	1.34	1.32	1.29	1.27	1.25
13.405	1.23	1.21	1.19	1.17	1.15	1.13	1.11
13.538	1.10	1.08	1.07	1.05	1.04	1.02	1.01
13.671	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92
13.804	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85
13.937	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79
14.070	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74	0.73
14.203	0.73	0.72	0.72	0.71	0.70	0.70	0.69
14.337	0.69	0.68	0.68	0.67	0.67	0.66	0.66
14.470	0.66	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.63
14.603	0.63	0.63	0.62	0.62	0.62	0.61	0.61
14.736	0.61	0.61	0.60	0.60	0.60	0.60	0.59
14.869	0.59	0.59	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58
15.002	0.57	0.57	0.57	0.57	0.56	0.56	0.56
15.135	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55	0.54

WinTR-55, Version 1.00.10

Page 9

6/27/2019 12:11:41 PM

WinTR-20: Version 1.10 1 1 0.05

(continued)

samlet nedborsfelt

STORM 50-Yr

SUB-AREA:

EtterutbygOutlet	1.04	76.	.714
urban omroOutlet	.16	92.	.301

20.990	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
21.123	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
21.256	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
21.389	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
21.523	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
21.656	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
21.789	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
21.922	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18
22.055	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
22.188	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
22.321	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
22.454	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
22.587	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
22.720	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
22.853	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
22.986	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
23.119	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
23.252	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
23.386	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
23.519	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
23.652	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
23.785	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
23.918	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
24.051	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16
24.184	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14
24.317	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11
24.450	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07
24.583	0.07	0.06	0.06	0.05			

STORM 200-Yr

E18
samlet nedborsfelt

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	----- Elevation (m)	Peak Time (hr)	Flow Rate (cms)	----- Rate (cms/sq km)
Etterutbyg	1.040		36.554		12.33	7.12	6.85

Line Start Time (hr)	----- (cms)	Flow Values @ time increment of 0.045 hr (cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	----- (cms)
10.796	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10
11.112	0.11	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20
11.428	0.22	0.24	0.26	0.29	0.32	0.37	0.44
11.743	0.54	0.69	0.90	1.23	1.68	2.27	2.99

WinTR-20: Version 1.10 1 1 0.05

(continued)

samlet nedborsfelt

STORM 200-Yr

SUB-AREA:

EtterutbygOutlet	1.04	76.	.714
urban omroOutlet	.16	92.	.301

12.059	3.82	4.68	5.51	6.22	6.74	7.04	7.12
12.375	7.03	6.78	6.43	5.99	5.51	5.02	4.55
12.690	4.13	3.77	3.45	3.17	2.92	2.70	2.49
13.006	2.31	2.16	2.01	1.89	1.78	1.68	1.59
13.322	1.51	1.44	1.37	1.31	1.26	1.21	1.17
13.637	1.13	1.09	1.06	1.02	0.99	0.96	0.94
13.953	0.91	0.88	0.86	0.84	0.82	0.80	0.78
14.269	0.76	0.75	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69
14.584	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63
14.900	0.62	0.62	0.61	0.61	0.60	0.59	0.59
15.215	0.58	0.58	0.57	0.57	0.56	0.56	0.55
15.531	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52	0.52	0.51
15.847	0.51	0.50	0.50	0.49	0.49	0.48	0.48
16.162	0.47	0.46	0.46	0.45	0.45	0.45	0.44
16.478	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42
16.794	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41	0.40	0.40
17.109	0.40	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.39
17.425	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37
17.741	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36
18.056	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35
18.372	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33
18.688	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.32	0.32
19.003	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
19.319	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29
19.635	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28
19.950	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26
20.266	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25
20.582	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
20.897	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
21.213	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
21.529	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
21.844	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23
22.160	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
22.476	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
22.791	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
23.107	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22
23.423	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
23.738	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
24.054	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20	0.19	0.17
24.370	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07
24.685	0.06						

E18
samlet nedborsfelt

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Rain Gage ID or Location	Runoff Amount (mm)	----- Elevation (m)	Peak Time (hr)	Flow Rate (cms)	----- Rate (cms/sq km)
urban omro	0.160		63.684		12.06	3.42	21.40

WinTR-20: Version 1.10 1 1 0.05

(continued)

samlet nedborsfelt

STORM 200-Yr

SUB-AREA:

EtterutbygOutlet 1.04 76. .714
 urban omroOutlet .16 92. .301

Line	Start Time	Flow	Values @ time	increment	of	0.019	hr	
	(hr)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)
8.769	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
8.902	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
9.035	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
9.169	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
9.302	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
9.435	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
9.568	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
9.701	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
9.834	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
9.967	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09
10.100	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
10.233	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
10.366	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
10.499	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
10.632	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14
10.765	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
10.899	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17	0.17
11.032	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19
11.165	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	0.21	0.22	0.22
11.298	0.22	0.23	0.23	0.24	0.25	0.25	0.26	0.26
11.431	0.26	0.27	0.27	0.28	0.29	0.29	0.30	0.30
11.564	0.32	0.33	0.35	0.38	0.42	0.46	0.51	0.51
11.697	0.57	0.64	0.72	0.82	0.92	1.04	1.16	1.16
11.830	1.31	1.47	1.64	1.84	2.06	2.29	2.53	2.53
11.963	2.76	2.97	3.15	3.29	3.38	3.42	3.41	3.41
12.096	3.34	3.21	3.04	2.83	2.61	2.39	2.17	2.17
12.229	1.97	1.77	1.60	1.45	1.32	1.21	1.11	1.11
12.362	1.03	0.96	0.89	0.84	0.78	0.74	0.70	0.70
12.495	0.66	0.62	0.59	0.56	0.54	0.51	0.49	0.49
12.628	0.47	0.45	0.43	0.41	0.40	0.39	0.37	0.37
12.762	0.36	0.35	0.34	0.33	0.33	0.32	0.31	0.31
12.895	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28
13.028	0.28	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25
13.161	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23
13.294	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
13.427	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20
13.560	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
13.693	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
13.826	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16
13.959	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15
14.092	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
14.225	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
14.358	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
14.491	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
14.625	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13

WinTR-20: Version 1.10

1

1

0.05

(continued)

samlet nedborsfelt

STORM 200-Yr

SUB-AREA:

EtterutbygOutlet	1.04	76.	.714
urban omroOutlet	.16	92.	.301

samlet nedborsfelt

Line	Start Time	Flow Values @ time increment of 0.019 hr					
	(hr)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)	(cms)
14.758		0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
14.891		0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
15.024		0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
15.157		0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11
15.290		0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
15.423		0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
15.556		0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10
15.689		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
15.822		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
15.955		0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09
16.088		0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
16.221		0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
16.355		0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
16.488		0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
16.621		0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08
16.754		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
16.887		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
17.020		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
17.153		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
17.286		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
17.419		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
17.552		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
17.685		0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
17.818		0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
17.951		0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
18.084		0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
18.218		0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
18.351		0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
18.484		0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
18.617		0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
18.750		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
18.883		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
19.016		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
19.149		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
19.282		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
19.415		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
19.548		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
19.681		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05
19.814		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
19.948		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
20.081		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
20.214		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
20.347		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
20.480		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Area or	Drainage	Rain Gage	Runoff	-----	Peak	Flow	-----
Reach	Area	ID or	Amount	Elevation	Time	Rate	Rate

WinTR-20 Printed Page File
TR20.inp

Beginning of Input Data List

WinTR-20: Version 1.10

1

1

0.05

(continued)

samlet nedborsfelt

STORM 200-Yr

SUB-AREA:

EtterutbygOutlet
urban omroOutlet

1.04
.16

76.
92.

.714
.301

WinTR-20 Version 1.10

Page 15

06/27/2019 12:11

E18

samlet nedborsfelt

Area or Reach Identifier	Drainage Area (sq km)	Alternate	Peak Flow by Storm				
			2-Yr (cms)	50-Yr (cms)	200-Yr (cms)	(cms)	(cms)
Etterutbyg	1.040		0.82	5.07	7.12		
urban omro	0.160		1.18	2.80	3.42		
OUTLET	1.200		1.48	6.28	8.59		

WinTR-55, Version 1.00.10

Page 18

6/27/2019 12:11:41 PM

WinTR-20 Printed Page File
TR20.inp

Beginning of Input Data List

WinTR-20: Version 1.10

1

1

0.05

(continued)

samlet nedborsfelt

STORM 200-Yr

SUB-AREA:

EtterutbygOutlet
urban omroOutlet

1.04
.16

76.
92.

.714
.301



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway