

# Veileder for kartlegging av overvann i arealplaner



UTKAST

Serietittel nr. 2/2023

**Serie:** Veileder

**Tittel:** Veileder for kartlegging av overvann i arealplaner

**Redaktør:** Kristina Tvedalen

**Forfatter:** Kristina Tvedalen, Ina Storteig, Anne Kristina Fleig, Turid Bakken Pedersen, Rune Bratlie, Demissew Kebede Ejigu

**Forsidefoto:** Overvann i Oslo. Foto: Ina Storteig/NVE

**Opplag:** Nettpublikasjon

**Saksnummer:** 202115598

**Sammendrag:** Sammendrag

**Emneord:** overvann, arealplanlegging, kartlegging, urbanhydrologi, GIS, hydraulisk overflatemodell, hydraulikk og modell

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29

Postboks 5091 Majorstuen

0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95

E-post: [nve@nve.no](mailto:nve@nve.no)

Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

Mars 2023

UTKAST

# Forord

Overvann er avrenning på overflaten som følge av nedbør eller smeltevann. Overvann kan føre til lokal oversvømmelse og store skader. Et klima i endring gir økte utfordringer med overvann. En del av skadeforebyggingen er å unngå og bygge i områder hvor det oppstår skader fra overvann, eller gjøre avbøtende tiltak. Gjennom god arealplanlegging kan man redusere risikoen for skader som følge av overvann.

Kommunene er ansvarlige for å håndtere overvann gjennom planlegging etter plan- og bygningsloven. NVE skal bistå kommunene med å forebygge skader fra overvann gjennom kunnskap om urbanhydrologi og veiledning til kommunal arealplanlegging. Denne veilederen viser hvordan skade og fare for overvann kan kartlegges i kommunale arealplaner. Den er ment som en støtte i kommunenes arbeid med å forebygge overvannsskader i arealplaner.

I arbeidet med denne veilederen har vi hatt en referansegruppe med eksterne deltakere som representerer bransjen som jobber med overvann, og som innehar kompetanse om temaet i veilederen. Bransjen har vært representert av norske kommuner, rådgivende ingeniører og utdanningssektoren. Takk til alle i referansegruppen for at dere har bidratt med deres tid og kompetanse. Innspillene deres har vært viktige for å heve kvaliteten på veilederen.

Deltakerne i referansegruppa har vært Marit Aase og Nazia Zia fra Bergen kommune, Julie Landrein fra Stavanger kommune, Birgitte G. Johannessen og Ganesh Hiriyanna Rao Ravindra fra Trondheim kommune, Julia Kvitsjøen fra Oslo kommune, Kim H. Paus fra Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), Tone Muthanna fra Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Øystein Rapp og Torbjørn Friborg<sup>1</sup> fra Sweco AS, Eloi Denamur og William Stott fra Multiconsult AS og Erik Mårtensson og Christofer Karlsson fra DHI AS.

En stor takk til alle som har gitt høringsuttalelse i den offentlige høringen i april 2023.

NVE tar gjerne imot forslag til hvordan veilederen kan forbedres. Kommentarer og forslag til forbedringer kan sendes til [nve@nve.no](mailto:nve@nve.no) merket «Innspill til NVE-veileder 2/2023».

---

<sup>1</sup> Jobber nå i Envidan.

# Sammendrag

UTKAST

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>9</b>
1.1	Formål og målgruppe .....	9
1.2	Virkeområde .....	9
1.3	Leseveiledning .....	10
1.4	Skal man kartlegge overvann eller vassdrag? .....	10
1.5	Kartlegging på ulike plannivå .....	11
1.5.1	Kommuneplannivå .....	12
1.5.2	Reguleringsplannivå .....	13
1.6	Akseptabel risiko og overvann .....	14
1.7	Oversikt over kartleggingsverktøy .....	14
<b>2</b>	<b>Hva en bestilling bør inneholde .....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>For utførene av overvannsutredninger .....</b>	<b>20</b>
3.1	GIS-analyse .....	20
3.1.1	Forarbeid .....	20
3.1.2	Analyser .....	21
3.1.2.1	Analyseområde .....	21
3.1.2.2	Dreneringslinjer .....	21
3.1.2.3	Lavpunkt .....	22
3.1.3	Befaring .....	22
3.1.4	Fra resultater til hensynssoner .....	22
3.2	Hydraulisk overflatemodellering .....	23
3.2.1	Forarbeid .....	24
3.2.2	Modelloppsett og kjøring .....	25
3.2.2.1	Modellområdet .....	25
3.2.2.2	Oppsett av beregningsnett .....	25
3.2.2.3	Start- og utløpsbetingelser .....	25
3.2.2.4	Nedbør .....	26
3.2.2.5	Infiltrasjon og grunnvannstand .....	30
3.2.2.6	Ruhet .....	31
3.2.2.7	Bygninger og veger .....	31
3.2.2.8	Strukturer og koblet modell .....	32
3.2.2.9	Stabilitet og gyldighet .....	32
3.2.3	Befaring .....	32
3.2.4	Kalibrering, validering og følsomhetsanalyse .....	33
3.2.5	Klassifisering av hydraulisk overflatemodell .....	35
3.2.6	Fra resultater til hensynssoner .....	37
<b>4</b>	<b>Litteratur .....</b>	<b>38</b>

UTKAST



# 1 Innledning

## 1.1 Formål og målgruppe

Formålet med denne veilederen er todelt. For det første er veilederen en oppfølging av NVEs veileder nr. 4 2022 «Rettleier for handtering av overvatn i arealplaner» (NVE, 2022a). NVE (2022a) gir en oversikt over hvilke verktøy man kan bruke for å kartlegge arealer som er utsatt for fare og skade fra overvann i kommunale arealplaner. I denne veilederen beskriver vi hvordan verktøyene kan benyttes, og kommer med tekniske anbefalinger.

For det andre er denne veilederen ment som et hjelpemiddel til å øke kvaliteten og etterprøvnbarheten til kartlegginger av områder som er utsatt for fare og skade fra overvann i arealplaner.

Målgruppen er både oppdragsgivere som bestiller overvannsutredninger og de som utfører overvannsutredninger. Oppdragsgivere i denne sammenhengen er både kommuner og private som utarbeider planforslag. Utførende kan være kommunalt ansatte eller rådgivende ingeniører.

Tverrfaglig samarbeid er nødvendig for å sørge for god håndtering av overvann i arealplaner. For at vi som samfunn skal bygge i områder med tilstrekkelig sikkerhet mot fare og skade fra overvann, er det nødvendig at flere fagfelt jobber sammen. Vi oppfordrer både oppdragsgivere og utførende til å legge til rette for godt samarbeid mellom blant annet kommunale myndigheter, jurister, arealplanleggere, landskapsarkitekter, geologer, hydrologer, geoteknikere, hydrogeologer, hydraulikere, ingeniører innen vann og avløp (VA) og andre som jobber med overvann i arealplaner.

## 1.2 Virkeområde

Denne veilederen handler om overvann i arealplaner. NVEs veiledningsansvar innen overvann omfatter alle plannivåer i kommunale arealplaner.

Risiko for skade fra overvann kan deles inn i to nivåer: påregnelig driftssituasjon og ekstrem driftssituasjon (NVE, 2022a, s. 10). Denne veilederen beskriver hvordan ulike verktøy kan brukes til å kartlegge fare og skade fra overvann i ekstreme driftssituasjoner på ulike nivåer i kommunale arealplaner.

Påregnelig driftssituasjon innebærer at avrenningen er høyere enn normalt, men ikke overstiger kapasiteten i rørledninger eller i lokale overvannstiltak. Under slike situasjoner er risikoen forbundet med forekomst av overløpsdrift, forurensing, tilbakeslag i kjellere, lokal oversvømmelse eller skade på teknisk infrastruktur. For påregnelig driftssituasjon kan risikoen gjerne vurderes ut ifra samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

Ekstrem driftssituasjon er overvann som naturfare, og innebærer at avrenningen overstiger kapasiteten til rørledninger og lokale overvannstiltak. Under slike situasjoner kan det være fare for tap av liv, skade på bygninger og infrastruktur og redusert fremkommelighet. Denne veilederen beskriver hvordan fare og skade overvann i ekstreme driftssituasjoner kan kartlegges i forbindelse med kommunale arealplaner.

## 1.3 Leseveiledning

Veilederen er delt inn i en del om hva som bør være med i en bestilling av kartlegging av overvann i arealplaner (kap. 2) og hva som bør vurderes i selve kartleggingen (kap. 3), i tillegg til dette innledende kapitlet (kap. 1) og vedlegg.

Kap. 1 tar for seg når overvann og vassdrag bør utredes (kap. 1.4), hva som skal utredes når det gjelder overvann på de ulike plannivåene i kommunal arealplanlegging (kap. 1.5). Kap. 1.5 forutsetter grunnleggende kjennskap til kommunal arealplanlegging. Akseptabel risiko og overvann, inkludert NVEs forslag til risikoakseptnivå for overvann er beskrevet i kap. 1.6. Kapitlet retter seg mot både de som bestiller og utfører kartlegging av overvann. Vedlegg F Begreper er også beregnet på alle lesere.

Kapittel 2 inneholder veiledning til bestilling av overvannsutredninger til kommunale arealplaner. Kapitlet inneholder anbefalinger om hva som bør være avklart i forkant av en bestilling og hva en bestilling bør inneholde. Kapitlet er egnet for både de som bestiller utredninger og de som utfører dem.

Kapittel 3 er beregnet på de som utfører kartlegging av overvann til kommunale arealplaner. I kapitlet er det oppgitt anbefalinger for GIS-analyser (kap. 3.1) og hydraulisk overflatemodellering som gir DV-tall (kap. 3.2). Kap. 3 gir anbefalinger for hvordan man kan gå fra GIS- og modellresultater til hensynssoner til arealplankart (kap. 3.1.4 og kap. 0). For utførende er alle vedleggene aktuelle.

## 1.4 Skal man kartlegge overvann eller vassdrag?

Når man skal gjøre en utredning av hvor det vil være fare som følge av vann på overflaten, må man ta stilling til om arealene skal utredes som vassdrag etter vannressursloven (2000, § 2) eller arealer som normalt er tørre. Hvis arealene normalt er tørre, faller de inn under de generelle kravene om sikkerhet mot naturpåkjenning i TEK17 (2017, § 7-1) når det gjelder overvann, som overvann faller inn under.

Helhetlig forvaltning av vannets kretsløp er en planoppgave (plan- og bygningsloven §3-1 første ledd bokstav i)). Det vil derfor ofte være nødvendig å både bruke denne veilederen om kartlegging av overvann og å bruke NVEs veiledningsmaterieell som omhandler kartlegging av flom (NVE, 2022c; NVE, 2022d). Det bør drøftes om det innenfor området som skal kartlegges er vassdrag etter vannressursloven (2000, § 2) sin definisjon av vassdrag, eller om det består av arealer som normalt er tørre.

Hvis det gjennom planområdet renner et vassdrag, kan kravene i Byggeteknisk forskrift (TEK17) (2017, § 7-2) gjelde. I noen tilfeller er det ikke opplagt hva som er et vassdrag. Da er det opp til vedtaksmyndigheten, som i arealplansaker er kommunen, å fatte beslutning om hva som er et vassdrag (NVE, 2022a, s. 28).

Denne veilederen, sammen med NVE (2022a), gir anbefalinger til de generelle kravene om sikkerhet mot naturpåkjenning i TEK17 (2017, § 7-1) når det gjelder overvann. Det vil si for arealer som normalt er tørre.

I mange tilfeller vil det innenfor et planområde være både vassdrag og arealer som normalt er tørre. Da vil det være behov for å utrede hvor det er arealer utsatt for fare og skade fra både overvann og flom. I slike tilfeller kan det være behov for at kartleggingen av overvann og flom

utføres av personer med fagkompetanse innen både VA, hydrologi og hydraulikk, og at disse samarbeider når flom og overvann kan påvirke hverandre.

## 1.5 Kartlegging på ulike plannivå

Kommunal arealplanlegging utføres på to plannivåer: kommuneplannivå og reguleringsplannivå. Områderegulering og detaljregulering er de to typene reguleringsplaner (figur 1). Når kommunen ser behov for nødvendige avklaringer for et større område, kan det utarbeides områdereguleringsplan. Detaljregulering er det siste plannivået før byggesak, og brukes for å følge opp områderegulering og kommuneplanens arealdel (KDD, 2022, 15). Kommunale arealplaner er regulert av plan- og bygningsloven (2008).

Kartlegging av fare og skade fra overvann må tilpasses plannivået, størrelsen på planområdet og formålet med planen. Fortetting eller transformasjon av et område kan kreve en mer detaljert kartlegging tidligere i planprosessen enn utbygging i et helt nytt område.

Uansett plannivå bør usikkerhetene i den valgte kartleggingsmetoden belyses. De rettslige beslutningene i resultatene vil bli påvirket direkte av usikkerhetene (Taubøll og Paus, 2022, s. 106). Hvis har mange konservative valg i en utredning, kan det føre til at for store arealer blir tatt inn som hensynssoner i arealplankartet – eller for små arealer hvis man har vært forsiktig i antagelsene.

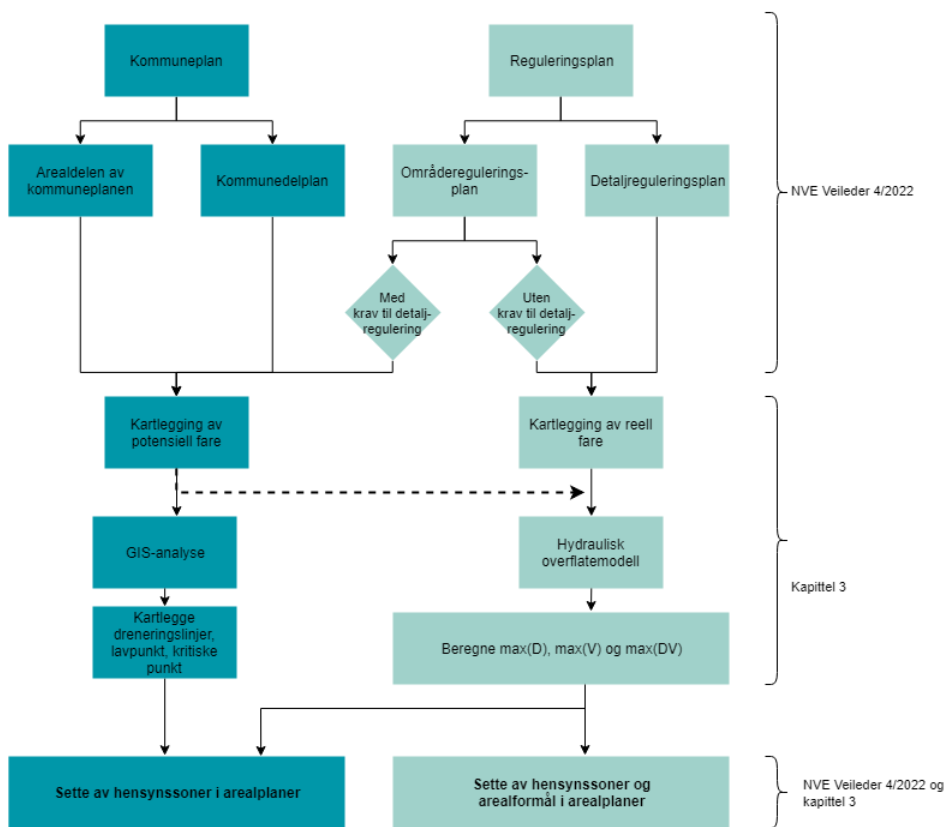
### **Krav til sikker byggegrunn**

Områder som potensielt er utsatt for fare bør synliggjøres på kommuneplannivå, mens områder med reell fare skal være avklart på siste plannivå. Plan- og bygningslovens krav om sikker byggegrunn (§ 28-1) og sikker avledning av overvann (§ 27-2) er førende for plan, selv om kravene er plassert i lovens byggesaksdel (KMD, 2018; NVE, 2022a, s. 31).

Kravet til sikker byggegrunn i plan- og bygningsloven (§ 28-1) innebærer at sikkerheten også må vurderes for andre tomter. For overvann gjelder det spesielt for nedstrøms områder (Taubøll og Paus, 2022, s. 99).

Dersom utbyggingen som planen legger til rette for, øker faren for større avrenning eller erosjon, kan det være nødvendig å gjøre vurderinger og analyser utenfor planområdet. Hvis det ikke er mulig å planlegge håndtering av overvannet innenfor plangrensene i reguleringsplan uten at faren for skade øker utenfor planområdet, bør plangrensene vurderes på nytt (NVE, 2022a, s. 45-46 og s. 48).

## Arealplaner



**Figur 1** Det kommunale plansystemet og kartlegging på ulike plannivåer. Den stiplede linjen innebærer at plansystemet er fleksibelt, og at det på kommuneplannivå også kan være behov for en mer detaljert kartlegging ved bruk av hydraulisk overflatemodell. Arealformål som kan brukes i forbindelse med overvann på reguleringsplannivå er forklart i kap. 4.5 i NVE (2022a).

### 1.5.1 Kommuneplannivå

I kommuneplanens arealdel må områder med potensiell fare for overvann kartlegges og innarbeides som hensynssoner i plankartet der det er nødvendig (NVE, 2022a, s. 38). Et aktsomhetskart for overvann viser områder hvor fare og skade for overvann potensielt kan inntreffe.

NVE har laget nasjonale flomaktsomhetskart som viser områder som potensielt er utsatte for oversvømmelse ved vassdragsflom. For overvann finnes det ikke et nasjonalt overvannsaktsomhetskart som kan vise områder med potensiell fare for overvann. Kommunen bør derfor sørge for at aktsomhetsområder for overvann kartlegges og innarbeides i kommuneplanens arealdel som hensynssoner.

På kommuneplannivå bør kommunen sørge for helhetlig forvaltning av nedbørfeltene og skaffe oversikt over

- trygge sammenhengende flomveier frem til resipient
- store fordrøyningsarealer
- områder egnet for infiltrasjon og andre overvannstiltak (NVE, 2022a, s. 38 og s. 48)

Ofte vil det være tilstrekkelig med en grov aktsomhetskartlegging på kommuneplannivå. Grovmaske GIS-analyse av dreneringslinjer og lavpunkt er anbefalt metode for å skaffe en slik oversikt. I plankartet bør dreneringslinjene vises med minimum fem meter buffersone på hver side (NVE, 2022a, s. 49).

Kartverket arbeider for tiden med et nasjonalt kart over dreneringslinjer. Det er kan brukes til overordnet kartlegging, og er forventet ferdigstilt [dato]. For noen områder, for eksempel Innlandet, finnes slike kart allerede. Hvis eksisterende kartgrunnlag brukes, må man kontrollere at de er egnet for det aktuelle området og at de ikke er utdaterte på grunn av terrengendringer og annet.

Merk at GIS-analyser ikke gir informasjon om vannmengder og hydrologiske og hydrauliske endringer over bakken eller i avløpsnett. Videre er GIS-analyse av dreneringslinjer uegnet i områder hvor vannet tar flere eller nye løp, ettersom en dreneringslinje ikke har mulighet for å dele seg eller ta nye veier som følge av erosjon (Taubøll og Paus, 2022, s. 110).

Det kan derfor være behov for mer detaljerte analyser ved bruk av hydraulisk overflatemodell for å få god nok kunnskap om fare og skade fra overvann. Slike områder kan være der det allerede finnes overvannsinfrastruktur og annen infrastruktur (NVE, 2022a, s. 49). En hydraulisk overflatemodell gir vanndybder, -hastigheter og -utbredelse som resultat gjennom en dynamisk simulering. En del slike modeller har mulighet for kobling til avløpsmodeller (se kap.1.7).

### **1.5.2 Reguleringsplannivå**

Reell fare må være avklart på siste plannivå. Som regel er det reguleringsplannivå. Det er ikke anledning til å utsette utredning av reell fare til byggesak (KMD, 2018, s. 12).

Utredning av reell fare krever ofte høyere detaljeringsgrad enn utredning av potensiell fare. Spesielt gjelder det for detaljreguleringsplan, som er det aller siste plannivået (figur 1). For at planen skal kunne godkjennes med tanke på overvann, må utredningene vise

- at områdene som bygges ut har tilstrekkelig sikkerhet mot fare og skade fra overvann
- at andre ikke blir påført større fare eller skade som følge av utbyggingen
- eventuelle risikoreducerende tiltak som er nødvendige for at sikkerheten skal være tilfredsstillende (NVE, 2022a, s. 49)

Farekartlagte områder skal vises i plandokumentene og innarbeides i plan som hensynssoner.

Å utføre en GIS-analyse av dreneringslinjer, hvis det ikke eksisterer for det aktuelle området fra før, er utdatert eller har åpenbare mangler, vil bidra til å gi et raskt overblikk over vannveiene og fareområde som vil kreve nærmere analyser. Til utredning av reell overvannsfare anbefaler NVE at hydrauliske overflatemodeller benyttes i utredningen. Modellene kan være både med og uten kobling til avløpsnett, ut ifra hva som eksisterer av infrastruktur i det aktuelle området og hva som er hensiktsmessig.

## 1.6 Akseptabel risiko og overvann

En forutsetning for å fastsette om et område er utsatt for fare, er at man som samfunn må beslutte hvilken risiko man er villig til å akseptere i en gitt sammenheng basert på gjeldene verdier – akseptabel risiko (KMD, 2018, s. 2).

For overvann er ikke akseptabel risiko fastsatt i lov eller forskrift, slik det er for vassdragsflom (TEK17, 2017, § 7-2). I arealplaner må kommunen bestemme hva som er akseptabel risiko for skade fra overvann basert på fagkyndige vurderinger og lokal skjønnsmyndighet (KMD, 2018).

NVE (2022a) har utarbeidet et forslag til akseptabel risiko for fare og skade fra overvann, som kommunen kan bruke dersom kommunens kartlegging ikke finner at et annet risikoakseptnivå er mer i tråd med plan- og bygningsloven (§ 28-1). NVE anbefaler å legge til grunn et klimajustert 100-årsregn og tilhørende foreslåtte grenseverdier for vanddybde (D) og vannhastighet (V) og produktet av de to (DV) for oversvømt areal (ikke planlagte flomveier). Flomveier og lokale overvannstiltak bør til sammen kunne håndtere dette sikkerhetsnivået. Anbefalingen gjelder for arealer hvor sikkerhet mot flom ikke gjelder (TEK17, 2017, § 7-2 – se kap. 1.2). Tentative grenseverdier for DV er angitt i kap. 4.1.2 i NVE (2022a).

Akseptabel risiko vil være det samme på både kommuneplan- og reguleringsplannivå. Forskjellene i utredninger til de ulike plannivåene er om potensiell eller reell fare utredes.

### **Kommunen må kartlegge konsekvensen av styrtregn i sitt beredskapsarbeid**

Det vil alltid være en risiko for at det inntreffer hendelser som overstiger et samfunns akseptable risikonivå, og som krever beredskap. I forbindelse med kommunalt beredskapsarbeid med overordna risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse) etter sivilbeskyttelsesloven (§ 14), anbefaler NVE at kommunen drøfter konsekvensen av en nedbørhendelse på 60-80 mm nedbør over tett bebygde områder (NVE, 2022a, s. 35.). Hvordan dette bør gjøres er beskrevet i annen nasjonal veiledning (DSB, 2016).

## 1.7 Oversikt over kartleggingsverktøy

Flere ulike programvarer er egnet til å utrede fare og skade fra overvann på ulike plannivå. Vanlige verktøy på markedet, lisensierte og med åpen kildekode, er oppgitt i tabell 1.

**Tabell 1 Programvare som kan brukes til å utføre GIS-analyser og hydraulisk overflatemodellering til å utrede fare og skade for overvann. Oversikten er ikke komplett.**

Type verktøy		Muligheter		Kommune- plan*	Reguleringsplan	
		kulverter	kobling til avløpsnett		område**	detalj
GIS, gir ikke DV-tall	QGIS	x		x	x	
	ArcGIS	x		x	x	
	SAGAGIS	x		x	x	
	GRASS	x		x	x	
	Scalgo	x		x	x	
Hydraulisk modellverktøy, gir DV-tall	MIKE 2D	x	x	x	x	x
	HEC-RAS 2D	x		x	x	x
	Info Works ICM	x	x	x	x	x
	RiverFlow2D	x	x	x	x	x
	Flood Modeller	x	x	x	x	x
	TUFLOW	x	x	x	x	x

\*forutsetter at området ikke har kompleks infrastruktur (se kap. 1.3.2)

\*\*forutsetter at området ikke har kompleks infrastruktur og at det er krav om detaljregulering (1.3.3)

## 2 Hva en bestilling bør inneholde

### Still krav til dokumentasjon

Når man utarbeider en bestilling, er det viktig at man legger til rette for at leveransen blir god og etterprøvbar. Etterprøvbarhet er viktig for å vite hvilket grunnlag en beslutning blir tatt på. For å sikre at leveransen er så etterprøvbar som mulig, kan man i en bestilling stille en rekke dokumentasjonskrav som gjør at resultatene er reproduserbare.

En bestilling av kartlegging av overvann til arealplaner avhenger av plannivået. Anbefalinger for hva som bør utredes på kommuneplannivå er beskrevet i kap. 1.3.2 og i kap. 1.3.3 for reguleringsplannivå.

Bestiller bør sette av tid til å beskrive så detaljert som mulig hva som skal utredes for det aktuelle området. Oversiktskart over planområdet og tilgjengelig datagrunnlag bør vises og omtales i bestillingen, i tillegg til kvaliteten på dataene. For reguleringsplan bør for eksempel kartlagte flomveier og arealer avsatt til overvannshåndtering opplyses om. Vurder om viktig underlag som ikke inngår i offentlig kartgrunnlag, kan legges ved bestillingen eller sendes tilbyder på forespørsel.

### Kritiske punkt

Hvis oppdragsgiver kjenner til at det er mange kritiske punkt i planområdet som ikke er kartlagte, bør man vurdere om disse skal kartlegges som en del av oppdraget eller i forkant. Oversikt over kritiske punkt er viktig til både GIS-analyser og hydrauliske overflatemodeller.

### Målinger til hydraulisk overflatemodell

Hvis hydraulisk overflatemodell skal brukes i kartleggingen og det ikke finnes samtidige observasjoner av nedbør og vanndybde, - hastighet og – utbredelse i det aktuelle området, bør man starte arbeidet med å samle inn observerte data. Beslutninger som er tatt med utgangspunkt i modelloppsett og -resultater som ikke er verifisert med observasjoner, anser vi som risikofylte.

Det er en god anledning til å etablere én eller flere nedbørmålere og etablere prosedyre for innsamling av vanndybde, - hastighet og – utbredelse ved nedbørhendelser dersom området som det skal etableres en hydraulisk overflatemodell for

- ikke har tilfredsstillende og representative intensitet(I)-, varighet(V)- og frekvens(F)-verdier (IVF-verdier) for nedbør
- få eller ingen data for vanndybde, - hastighet og – utbredelse
- ikke skal bygges ut før en god stund

Hvis man starter arbeidet med å forbedre datagrunnlaget i forbindelse med kartlegging på kommuneplannivå, vil man ha et bedre datagrunnlag som kan brukes til å oppnå bedre modellresultater i kartlegging av reell fare på reguleringsplannivå. Et bedre datagrunnlag vil også være av verdi i byggesak.

Grunnvannstanden har betydning for tilgjengelig infiltrasjonsvolum og driver avrenningen i nedbørfeltet. Hvis tilgjengelig infiltrasjonsvolum brukes opp, genereres overvann fra mye større deler av nedbørsfeltet enn det som er dekket av tette flater og potensiale for skade øker



betraktelig. Hvis det ikke finnes data over grunnvannstand, kan grunnvannstanden måles – gjerne over lengre tid ettersom grunnvannstanden endrer seg som følge av infiltrert nedbør og snøsmelting.

I Varsom kan privatpersoner, kommuner, bedrifter og statlige aktører registrere vannobservasjoner via en app som lastes ned via appstore/google play, eller på web (regobs.no). Med Varsom-appen kan man enkelt registrere en oversvømmelse. Det betyr at plasseringen og tidspunktet for observasjonen registreres, i tillegg til annen informasjon som bilder, weblenker, inntegning av oversvømt areal og kommentarer på observasjonen. Etter å ha sendt inn en vannobservasjon i varsom-appen tilgjengeliggjør man data for alle både i en kartløsning og via et API. Man kan redigere observasjonen 48 timer etter innsending, gjerne på web hvis man vil fylle ut mer informasjon via PC. Kommuner kan også opprette egne innmeldingsløsninger for overvann, slik enkelte kommuner allerede gjør i dag.

Ved bruk av enten egne eller eksterne innmeldingsløsninger for overvann, kan kommunen få et bedre datagrunnlag av hvor og når det oppstår oversvømmelser. Observasjonene vil, sammen med nedbørdata, være verdifulle til å kalibrere og validere overflatemodeller. Det er imidlertid viktig at årsakene til en oversvømmelse beskrives så godt som mulig. Hvis de vanlige vannveiene er blokkert eller har redusert kapasitet, bør man være forsiktig med å bruke observerte oversvømmelser til å kalibrere og validere en modell. Løv, kvister, is, snø og gjenstander kan føre til at stikkrenner og kulverter får redusert kapasitet som følge av at inntakskapasiteten er redusert. Oversvømmelser som skyldes brudd på vannledninger, bør ikke benyttes.

Historiske overvannshendelser kan legges inn i etterkant i en innmeldingsløsning for overvann. Dokumentasjon av hendelser er alltid svært nyttig i en kartlegging av overvann. Daterte bilder og videoer fra en hendelser som viser større oversvømte områder, kan eventuelt måles inn i etterkant. Bilder og beskrivelser kan også finnes i aviser og sosiale medier. Kilden(e) til må så fall legges inn.

NVE (2023) gir blant annet veiledning til hvordan nedbørmålere kan etableres og driftes. Norsk Klimaservicesenter (Klimaservicesenteret) oppfordrer alle kommuner og profesjonelle brukere til å etablere en nedbørmåler som måler korttidsnedbør med høy tidsoppløsning ([Norsk Klimaservicesenter, u.å.a](#)). Meteorologisk institutt tilbyr veiledning til kommuner og andre profesjonelle brukere som ønsker å etablere en værstasjon ([Norsk Klimaservicesenter, u.å.b](#)).

Dersom det er ønskelig med kobling til en avløpsmodell av det kommunale avløpsnett under bakken, bør det beskrives i bestillingen. Hvis det eksisterer en avløpsmodell som kan benyttes i oppdraget, bør kvaliteten på modellen og informasjon om den beskrives i bestillingen. Hvis modellen er gammel, kan det være behov for å oppdatere den eller etablere en ny modell. Avløpsmodellen bør kalibreres og valideres mot nyere observasjoner fra avløpsnett. NVE (2023) beskriver hvordan vannføringsdata fra avløpsnett kan innhentes.

### **Spesifiser innholdet i leveransen**

Vi anbefaler at det spesifiseres i bestillingen at alt av datagrunnlag, modell- og resultatfiler oversendes oppdragsgiver sammen med en rapport som er utformet slik at oppdraget er mulig å etterprøve.

Befaring, oppstartsmøte og overleveringsmøte bør som minimum alltid inngå i oppdraget.

Hvis hydraulisk overflatemodell skal benyttes, og modeller skal kalibreres og valideres, er det en forutsetning at det eksisterer observasjoner eller at innsamling av data skal starte i nær fremtid. Følsomhetsanalyse av sentrale modellparametere bør som regel alltid utføres og beskrives.

I bestillingen kan man stille krav til at hensynssonen(e) i leveransen inneholder informasjon om opprettelsesdato, metode, kvalitet, type hensynssone, osv. Dersom oppdragsgiver selv ikke skal bearbeide resultatene, bør det spesifiseres i bestillingen at hensynssoner også leveres i SOSI-format (se kap. 3.1.4 for GIS-analyser og kap. 0 for hydraulisk overflatemodell).

Det endelige arealplankartet bør inneholde hensynssoner med lenke til rapport som beskriver hvordan de er utarbeidet.

Bestillingen bør presisere at også konsekvenser for nabotomter skal vurderes i utredningen. Utredningen bør vise eventuelle risikoreducerende tiltak som er nødvendige for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet (NVE, 2022a, 49).

Vi anbefaler at en bestilling av kartlegging av fare og skade for overvann til arealplaner inneholder punktene i tabell 2.

**Tabell 2 Anbefaling til innhold i en bestilling av kartlegging av fare og skade for overvann til arealplaner.**

Bestillingen bør inneholde
problemstillingen før og etter utbygging: <ul style="list-style-type: none"> <li>• formålet med kartleggingen</li> <li>• hva skal gjøres og vurderes (kommuneplan: kap. 1.3.2; reguleringsplan: kap. 1.3.3)</li> <li>• kommunens risikoakseptnivå for fare og skade fra overvann (kap. 1.4)</li> </ul>
kart over området som utredes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nedbørfelt</li> <li>• planområdet</li> <li>• flomveier (hvis det er avsatt areal til dette formålet)</li> </ul>
eventuell informasjon om: <ul style="list-style-type: none"> <li>• arealer utenfor planområdet som tiltakene kan påvirke</li> <li>• areal som egner seg til trygge flomveier (hvis det ikke allerede er avsatt areal til dette formålet), fordrøyning og infiltrasjon, for eksempel parker, naturområder og flerbruksarealer</li> <li>• nedbørfelt som blir påvirket av nye byggeområder</li> <li>• resipienter som tar imot overvann fra nye byggeområder</li> <li>• kritiske punkt og objekter, inkludert behov for befaring og oppmåling</li> <li>• historiske hendelser</li> <li>• eksisterende kartlegginger</li> <li>• kapasiteten til resipientene</li> <li>• plasseringen, kapasiteten og rollen til avløpsnett</li> </ul>
for hydraulisk overflatemodell: <ul style="list-style-type: none"> <li>• oversikt over måledata som foreligger eller som skal innsamles som en del av oppdraget</li> </ul>
forutsetninger for kartleggingen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• metode (kommuneplan: kap. 1.3.2; reguleringsplan: kap. 1.3.3)</li> <li>• hvis modell benyttes i kartlegging, bør den kalibreres mot minimum tre hendelser og valideres mot én, og usikkerheten til viktige parametere og inndata testes gjennom følsomhetsanalyse</li> <li>• kompetanse til utførende (kap. 6 i NVE 2022a)</li> </ul>

krav til at oppdragsgiver får oversendt følgende dokumentasjon ved oppdragets utløp:

- rapport hvor det som er utført er beskrevet slik at leveransen er etterprøvbart, i tillegg til bakgrunnen for oppdraget og kvaliteten til utredningen (det kan stilles krav til at rapportmalen i vedlegg C skal benyttes)
- dokumentasjon som bekrefter at leveransen er kvalitetssikret (skjemaet i vedlegg C kan brukes)
- befæringsnotat(er) med georefererte bilder (kan inngå i rapporten)
- modellfiler (GIS- eller -modellfiler)
- grunnlagsdata som er brukt i kartleggingen
- inndatafiler (terrengfil, nedbørserie, ruhetskart, osv.)
- resultatfiler (både originale og eventuelt i bearbejdet versjon)
- eventuelt resultater som hensynssoner i SOSI-format
- forslag til avbøtende tiltak

møteplan for oppdraget, som minimum bør inneholde:

- et oppstartsmøte
- et avslutningsmøte

krav til at utførende har erfaring fra tilsvarende oppdrag (referanseprosjekter)

\*vannmengden i resipientene før flomskade inntreffer

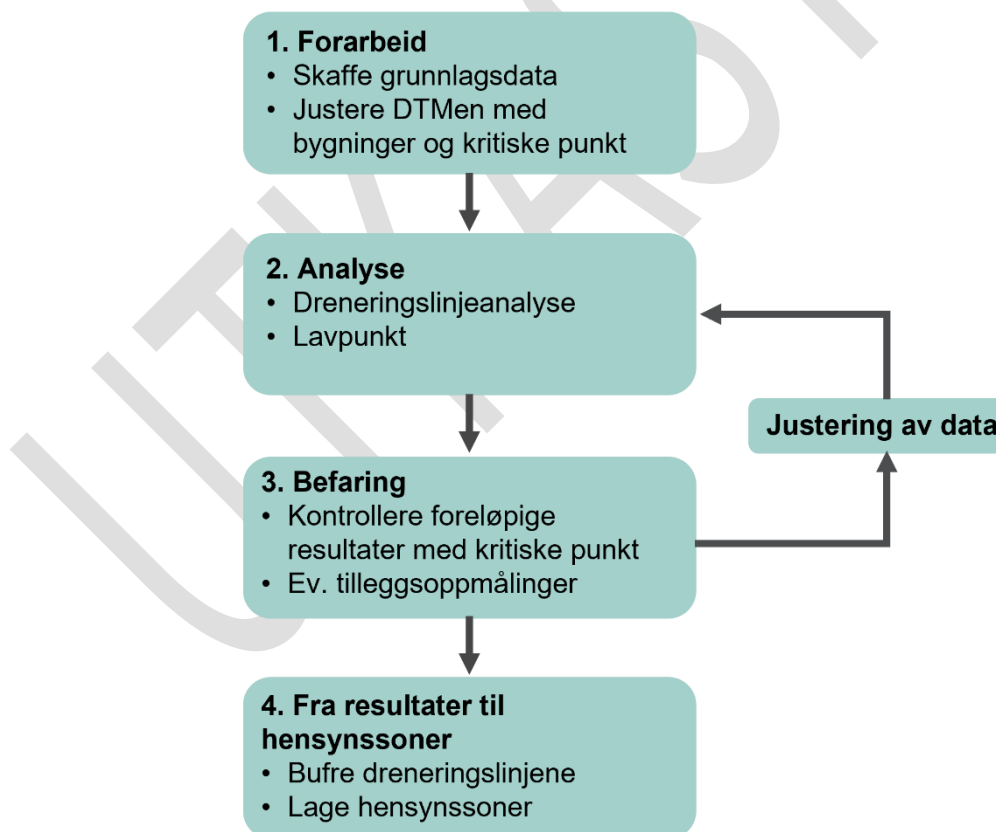
# 3 For utførene av overvannsutredninger

## 3.1 GIS-analyse

Ved bruk av GIS kan man blant annet finne dreneringslinjer og lavpunkt. Et kart med dreneringslinjer og lavpunkt gir et raskt overblikk over potensielle fareområder for skade fra overvann. En GIS-analyse kan være tilstrekkelig kartlegging av fare for overvann i byggeområder til kommuneplan og områderegulering (figur 1).

Forslag til arbeidsgang ved GIS-analyser er vist i figur 2. De ulike stegene i figur 2 er forklart i kap. 3.1.1-3.1.4.

### Arbeidsgang for GIS-analyse



Figur 2 Forslag til arbeidsgang for utførelse av GIS-analyser

#### 3.1.1 Forarbeid

Grunnlagsdata kan være FKB-data (veg, vann, bygning) og høydemodell. FKB-data kan lastes ned fra [Geonorge](#), og høydemodell fra [Høydedata](#). Kommunen kan også ha relevante grunnlagsdata.

## **Terrengmodell**

Det finnes to typer høydemodeller på geonorge.no: Digital Overflatemodell (DOM) og Digital Terrengmodell (DTM). DOM inneholder bygninger og vegetasjon, mens DTM kun inneholder terreng (Høydedata, 2022). Det er også mulig å laste ned eller få tilsendt punktsky av terrenget og selv lage en DTM. Den videre beskrivelsen tar utgangspunkt i en DTM i rasterformat.

Til GIS-analyser bør man bruke den nyeste DTM-en som er tilgjengelig. Oppgi oppløsning til DTMen, prosjektnavn, og gjerne dato for flyskanning i en rapport.

Til kommuneplannivå anbefaler vi at DTMen har en oppløsning på 1 m x 1 m, og 0,5 m x 0,5 m til reguleringsplannivå. Høyere oppløsning på DTMen kan by på regnekraftproblemer, og resultatene gir nødvendigvis ikke mer detaljert informasjon. I områder med høy urbaniseringsgrad bør man vurdere høyere oppløsning på DTMen også til kommuneplan.

Det er ofte nødvendig å bearbeide DTMen før den kan benyttes i analyser. Bearbeiding kan innebære justering av terrenget mot manuelle innmålinger, endre oppløsningen til rasteret, heve terrenget til arealer hvor det står bygninger og grave ut kritiske punkt, som stikkrenner. Husk å dokumentere i en rapport hvordan terrengmodellen er bearbeidet.

Vi anbefaler å bruke en DTM med bygninger i GIS-analyser. Dreneringslinjene blir dermed mer realistiske ved at mulige blokkeringer er med i DTMen. Omriss av bygninger kan man finne fra FKB-Bygning, som kan suppleres med eventuelle nybygg som ikke er med i det offentlige kartgrunnlaget. Omrisset av bygningene kan konverteres til en raster og videre legges til terrengmodellen. NVE (u.å) viser hvordan man kan legge til bygninger i en terrengmodell.

Stikkrenner, kulverter eller andre kritiske punkt som ikke ligger inne i terrengmodellen, bør legges inn. Kommunen kan ha informasjon om kritiske punkt som ikke ligger inne i Nasjonal vegdatabank (NVDB), som driftes av Statens vegvesen (Statens vegvesen, u.å). Innmåling av kritiske punkt kan være nødvendig. Som et minimum bør de største kulvertene og stikkrenner være med i DTMen i en GIS-analyse. NVE (u.å) viser hvordan man kan legge til stikkledninger og kulverter i en terrengmodell

## **3.1.2 Analyser**

### **3.1.2.1 Analyseområde**

Når analyseområdet skal bestemmes, er det viktig at man tar hensyn til hele nedbørfeltet eller nedbørfeltene som planområdet ligger innenfor. Å la administrative grenser bestemme utstrekningen til områdene som skal analyseres, er ingen god idé. Man må også vurdere hvor langt nedstrøms planområdet analyseområdet skal strekke seg. Utredningen må vise at planen ikke øker overvannsfaren for andre. Det kan være nødvendig å justere analyseområdet underveis i arbeidet.

### **3.1.2.2 Dreneringslinjer**

Hvordan man lager dreneringslinjer, varierer mellom ulike programvarer. Noen av programvarene krever at forsenkninger i terrengmodellen fylles opp før dreneringslinjene beregnes, slik at dreneringslinjene blir ført videre fra én celle til den neste – en såkalt fill-sink-analyse. Det kan være nødvendig å fjerne forsenkninger gjennom en gjentakende prosess, fordi ikke alle forsenkningen forsvinner første gang man kjører en fill-sink -analyse.

Dreneringslinjer kan beregnes med enkelt- eller flerstrømningsalgoritme (henholdsvis single flow eller multiple flow). Enkeltstrømning er den mest vanlige og enkleste metoden. NVE

anbefaler å bruke enkeltstrømning for å lage dreneringslinje hvis dreneringslinjene skal brukes til å potensiell fare for skade fra overvann (NVE, u.å.a).

Oppstrøms areal som danner en dreneringslinje har betydning for detaljeringsgraden til resultatene. Basert på egne og andres kan oppstrøms areal til dreneringslinjer til kommuneplan og områderegulering være 10 000-50 000 m<sup>2</sup> (Vedlegg D; Vedlegg 3 i NVE (2022a); Bratlie, 2015). Til detaljregulering kan det være aktuelt med et mindre oppstrøms areal, for eksempel 5 000 m<sup>2</sup> (Vedlegg E).

Oppstrøms areal som danner en dreneringslinje har betydning for detaljeringsgraden til resultatene. Erfaringer viser at det minste oppstrøms arealet for kommuneplan og områderegulering bør være mellom 10 000-50 000 m<sup>2</sup> (Vedlegg D; Vedlegg 3 i NVE (2022a); Bratlie, 2015). Til detaljregulering kan det være aktuelt med et oppstrøms areal, for eksempel 5 000 m<sup>2</sup> (Vedlegg E).

I hver enkelt GIS-analyse må man vurdere hvilket oppstrøms areal som er best egnet for å fremstille dreneringslinjer for det aktuelle planområdet. Merk at valg av oppstrøms areal vil kunne påvirkeregulerings- og byggeprosessen videre. (Taubøll og Paus, 2022, s. 113). Hvis en dreneringslinje ikke kommer med i analysen fordi man ikke har vurdert et mindre oppstrøms areal, kan bygninger og tiltak risikere å bli plassert i et areal som kan være utsatt for skade for overvann.

### 3.1.2.3 Lavpunkt

Lavpunktanalyse gjøres i tillegg til dreneringsanalyse. Vedlegg B inneholder forslag til to generelle prosedyrer for å beregne lavpunkt, som er uavhengig av GIS-programvare.

Lavpunktene med små dybder og liten utstrekning kan fjernes, for eksempel arealer under 20 m<sup>2</sup> og dybder mindre enn 10 cm. Selv om disse tallene er benyttet i flere undersøkelser (NVE, 2019; NVE, 2022a), kan det være fornuftig å begynne med å fjerne lavpunkter med et lavere tall for areal og dybde i første omgang.

### 3.1.3 Befaring

Etter at de første GIS-analysene er utført, er det sterkt anbefalt å foreta en befaring. En befaring bør alltid gjennomføres for å få bedre kjennskap til området man jobber med. Befaring er også med på å kvalitetssikre arbeidet. Dokumenter befaringsen så detaljert som mulig med et notat og georefererte bilder og videoer.

Under befaringsen bør områder som man er usikre på kontrolleres og nødvendige tilleggsinnmålinger av for eksempel kritiske punkt foretas. Sjekk om stikkrenner i området er eller står i fare for å bli tilstoppet. Da bør man i analysen anta at de er helt eller delvis tilstoppet. Hovedflomveiene bør kontrolleres i sin helhet under befaringsen.

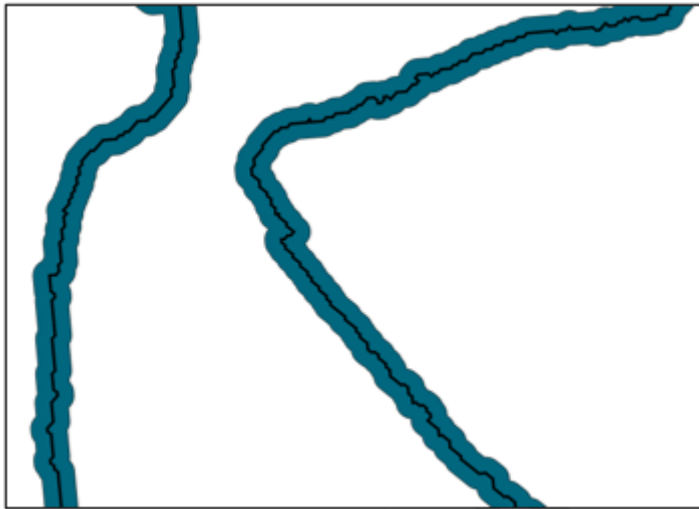
Terrengmodellen justeres med eventuell ny kunnskap fra befaringsen, og nye GIS-analyser gjennomføres. Dokumenter hvilke justeringer som er utført.

### 3.1.4 Fra resultater til hensynssoner

På kommuneplannivå og områderegulering med krav til detaljregulering bør dreneringslinjene og lavpunktene fra GIS-analysene danne grunnlaget for hensynssoner for overvann i arealplankartet, med mindre det er utført kartlegging med bruk av hydraulisk overflatemodell.

For dreneringslinjer og lavpunkter anbefaler vi at

- det legges til en buffersone på fem meter på hver side av dreneringslinjene (figur 3)
- lavpunkter som ligger innenfor buffersonen til dreneringslinjene, inngår i de samme flatene som dreneringslinjene, men uten å legge til en buffersone rundt lavpunktene (figur 4)
- lavpunkter som ligger utenfor buffersonen til dreneringslinjene utgjør selvstendige flater uten buffersone (figur 4)



Figur 3 Dreneringslinjer (sort strek) med fem meter buffersone (i turkis) på hver side.



Figur 4 Lavpunkter som ligger utenfor buffersonen til dreneringslinjene (rødt skravert område rundt sort strek) utgjør selvstendige flater uten buffersone (enkeltstående skraverte flater i rødt). Lavpunkter som ligger innenfor buffersonen til dreneringslinjene, inngår i de samme flatene som dreneringslinjene, men uten å legge til en buffersone rundt lavpunktene.

Når hensynssonene er klargjort i GIS, kan de konverteres til SOSI-format. Hensynssonene bør inneholde informasjon om opprettellesdato, metode, kvalitet, type hensynssone, osv.

### 3.2 Hydraulisk overflatemodellering

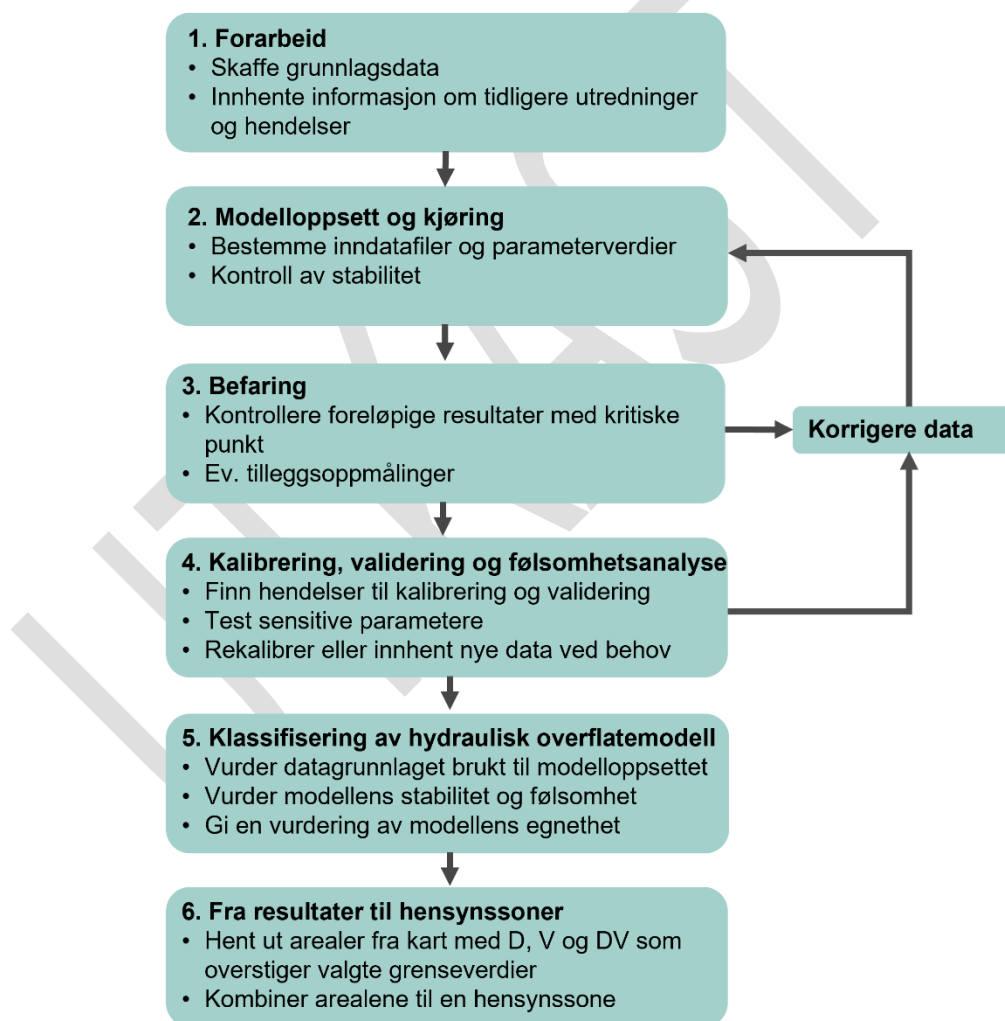
GIS-analyser gir et overblikk over potensiell fare i kommune- og områderegeringsplaner med krav om detaljregulering. Potensiell fare kan også kartlegges ved bruk av hydraulisk

overflatemodell. For å kartlegge reelle fare for skade fra overvann, anbefaler NVE å bruke hydrauliske overflatemodeller (figur 1).

DV-tall fra hydraulisk overflatemodell kan brukes til å kartlegge arealer som er utsatt for fare og skade fra overvann i tråd med vedtatte maksimale grenseverdier for D, V og DV (for eksempel tentative grenseverdiene i NVE (2022a, s. 35).

Forslag til arbeidsgang ved hydraulisk overflatemodellering er vist i figur 5 De ulike stegene i figur 5 er forklart i kap. 3.2.1-3.2.6.

## Arbeidsgang for hydraulisk modellering



Figur 5 Foreslått arbeidsgang for hydraulisk overflatemodellering.

### 3.2.1 Forarbeid

Forarbeidet innebære å samle nødvendige grunnlagsdata (DTM, FKB-Veg, -Vann og -Bygning, nedbørdata, observasjoner av vanndybde, -hastighet og -utbredelse, osv.), og bearbeide



dataene ved behov. Å skaffe en oversikt over området som skal utredes, inkludert tidligere utredninger og hendelser, inngår i forarbeidet. Det kan være behov for å utføre GIS-analyser av dreneringslinjer hvis slike analyser ikke finnes fra før eller er utdaterte.

### 3.2.2 Modelloppsett og kjøring

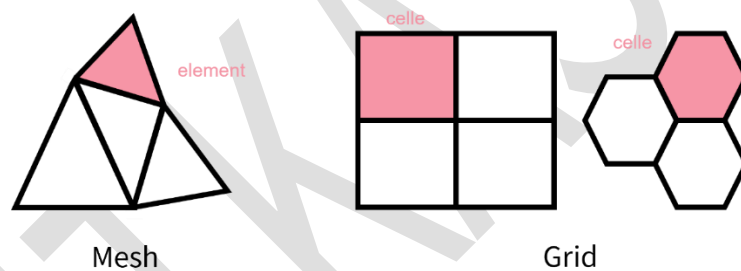
#### 3.2.2.1 Modellområdet

Når modellområdet skal avgrenses, er det viktig at man tar hensyn til hele nedbørfeltet eller nedbørfeltene som planområdet ligger innenfor. Det er ingen god idé å la administrative grenser eller eiendomsgrenser bestemme modellens utstrekning. Man må også vurdere hvor langt nedstrøms modellområdet skal strekke seg. Utredningen må vise at planen ikke øker overvannsfaren for andre (se kap. 1.5). Det kan være nødvendig å justere modellområdet underveis i modelleringsarbeidet.

#### 3.2.2.2 Oppsett av beregningsnett

Beregningsnettets oppløsning og oppbygging er grunnlaget for beregningene som utføres av en hydraulisk overflatemodell. Beregningsnettets kan være det samme som DTMen, men er i de fleste tilfeller ikke det.

I noen programvarer settes beregningsnettets sammen av triangler til et nettverk – mesh, mens i andre modeller er kvadratisk eller hexagonalt cellenett – grid – mer vanlig (figur 6). Ligningene som beregner vannstrømning i modellen, er som regel ulike mellom mesh og grid.



Figur 6: Beregningsnettets til hydrauliske overflatemodeller er som regel bygd opp av mesh eller grid.

For å unngå lang beregningstid kan beregningsnettets ha en grovere oppløsning i områder hvor man ikke ønsker detaljerte resultater. Det er derfor viktig å avklare formålet med modellen tidlig, for å identifisere områder som man kan tillate at har en grovere oppløsning på resultatene.

Riktig oppløsning på beregningsnettets avhenger av formålet med modellen, og kan variere mellom bratte og flate modellområder, fra kommuneplan til reguleringsplan eller graden av urbanisering. Modellen bør kjøres med ulike oppløsninger på beregningsnettets og for ulike valg av tidskritt, for å undersøke at de valgte innstillingene ikke påvirker resultatene.

#### 3.2.2.3 Start- og utløpsbetingelser

##### Startbetingelser

Startbetingelser betegner tilstanden til modellvariabler ved starten av en simulering. Startbetingelser kan være vannstanden i en elv eller bekk, fyllingsgraden i avløpsnettets, metningsgraden i bakken eller vannivået på bakken ved simuleringstart.

Modellert avrenning kan i stor grad påvirkes av metningsgraden i bakken ved simuleringsstart (se eksempel i NVE (2022a, s. 12)). NVE anbefaler å bruke mettet bakke som startbetingelse til modellering av dybde og hastigheter med hydrauliske overflatemodeller. I noen modellverktøy defineres metningsgraden i infiltrasjonsmodulen.

Modellen kan settes til tørr ved start. Da er vanddybder og -hastigheter null ved simuleringsstart.

### **Utløpsbetingelser**

Med utløpsbetingelser mener vi situasjonen ved utløpene til modellområdet, det vil si ved nedstrøms grense. Utløpsbetingelse kan være vannivået i en innsjø, elv og i havet ved grensen til modellen. Betingelsene ved grensene kan defineres som konstant eller varierende vannstand, konstant eller fri vannføring ut av modellen.

Hvordan man setter grensebetingelser, varierer mellom ulike modellverktøy. Når man velger grensebetingelser, må man sjekke at innstillingene ikke fører til stabilitetsproblemer eller urealistiske verdier som påvirker resultatene i områdene som man er mest interessert i.

#### **3.2.2.4 Nedbør**

Nedbør er den viktigste inngangsvariabelen i hydrauliske overflatemodeller. I Norge fører vanligvis de mest intense nedbørhendelsene til de største utfordringene med overvann i tettbygde områder. Disse nedbørhendelsene er ofte kortvarige og veldig lokale. Nedbørintensiteten, totalnedbøren og tidspunktet for nedbørtoppen kan variere mye over korte avstander.

Mange steder mangler gode nedbørmålinger av ekstreme hendelser, noe som gjør det utfordrende å velge representative nedbørforløp og verdier til modelleringsformål. Internasjonalt har det derfor blitt utviklet mange forskjellige metoder for å lage syntetiske nedbørforløp som kan brukes som dimensjonerende regn i hendelsesbasert nedbør-avløpsmodellering.

### **Klimajustert 100-årsregn**

NVE (2022a) anbefaler at kommunene legger til grunn et klimajustert 100-årsregn når fare og skade fra overvann skal kartlegges til arealplaner. Vi tar utgangspunkt i denne anbefalingen i dette kapitlet. Men hvordan velger man varighet og forløpet til nedbøren, og hvilken stasjon bør nedbøren hentes fra?

100-årsregnet finner man fra IVF-kurver. Frekvensen angir returperioden til nedbøren, som i dette tilfellet er 100 år. Det er tilgjengelig offisiell IVF-statistikk for flere stasjoner i Norge på nettsidene til Klimaservicesenteret.

### **Arealreduksjonsfaktor**

Nedbør har ulik romlig fordeling. Det innebærer at det vil falle mer i noen områder enn i andre. Nedbøren som er observert ved en nedbørstasjon er en punktverdi – og er det som oppgis i en IVF-kurve. En arealreduksjonsfaktor (ARF) justerer punktverdien til en arealverdi, som tar hensyn til at nedbøren ikke er like intens i hele nedbørfeltet. Vi anbefaler å korrigere nedbøren som inngår i hydrauliske overflatemodeller fra punkt- til arealnedbør med ARF-verdiene for korttidsnedbør til Klimaservicesenteret ([Norsk Klimaservicesenter, u.å.b.](#)).

## Klimapåslag

Ved bruk av et klimajustert 100-årsregn til kartlegging av overvann, legges klimapåslaget til nedbøren før det inngår i en modellberegning. Dette er i motsetning til hva man normalt gjør ved flomkartlegging, hvor klimapåslaget legges til den beregnede vannføringen.

Klimaservicesenteret har i sine fylkesvise klimaprofiler anbefalinger om klimapåslag for dimensjonerende nedbør ([Norsk Klimaservicesenter, u.å.c.](#)). Bruk disse anbefalingene for å bestemme klimapåslag, hvis ikke lokal myndighet har besluttet noe annet.

Ved valg av klimapåslag bør man vurdere levetiden til utbyggingen. Ved kort levetid er det nødvendigvis ikke behov for et klimapåslag, og tiltaket kan vurderes ut ifra dagens klima (NVE, 2015). Når det gjelder arealplanlegging er levetiden til det som skal bygges i de fleste tilfeller lang, og det vil dermed være behov for et klimapåslag for å kunne tilpasse kommende arealbruk til et klima i endring.

## Hvordan konstruere nedbørforløp

IVF-verdiene bestemmer totalmengden av nedbør i millimeter over en gitt varighet. For urbanhydrologiske problemstillinger er ikke bare totalmengden av nedbøren som faller over en gitt varighet viktig, men også hvordan nedbøren er fordelt i tid – i tillegg til hvor fuktig bakken er før nedbøren starter.

NVE anbefaler å bruke et Chicago Design Storm (CDS-regn), eller annen tilsvarende metode basert på IVF-kurver, til beregning av D, V og DV til farekartlegging av overvann i arealplaner.

Anbefalingen om CDS-regn gjelder for overvannsutredninger til arealplaner. For dimensjonering av mindre lokale overvannstiltak, for eksempel regnbed, kan totalvolumet av en regnhendelse være viktigere enn intensiteten. Det kan derfor være hensiktsmessig å bruke andre nedbørforløp til andre formål enn arealplanlegging.

CDS-regn er en konservativ metode som er mye brukt internasjonalt. Den tar utgangspunkt i en IVF-kurve og antar samme gjentakintervall for alle varigheter i nedbørforløpet. Man sikrer dermed å ta hensyn til den kritiske varigheten til nedbørfeltet.

Nedbørforløp til bruk i hydrauliske overflatemodeller kan lages ved å

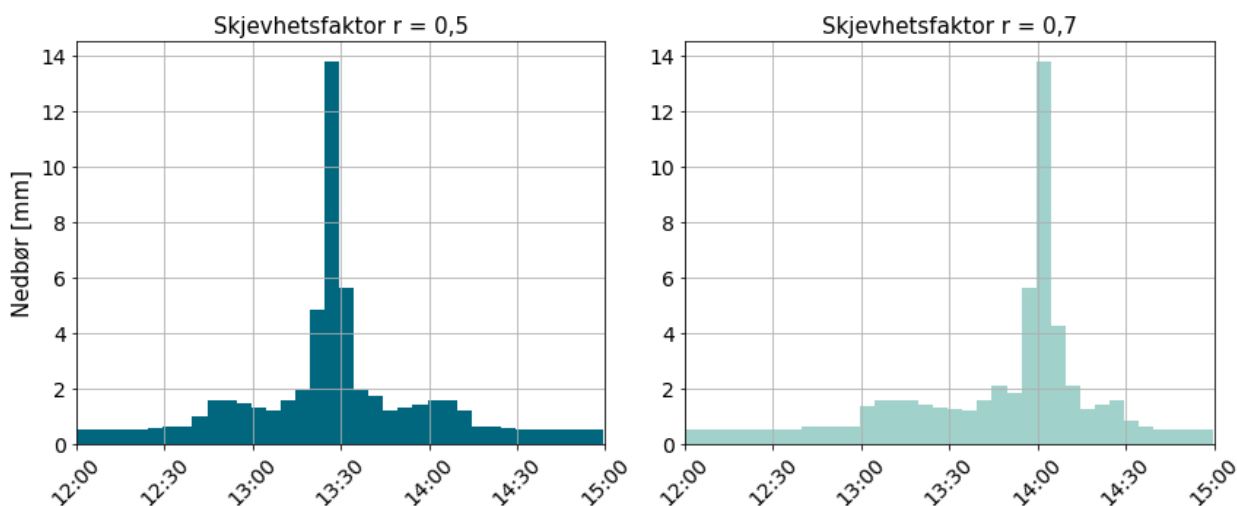
1. velge IVF-kurve
2. velge varigheten til nedbøren
3. konstruere et CDS-regn
4. inkludere klimapåslag

Klimaservicesenteret har utarbeidet veiledning til valg av IVF-kurve (Norsk Klimaservicesenter, u.å.a). Varigheten til nedbøren kan bestemmes ut ifra nedbørfeltets konsentrasjonstid,  $T_c$ . Det finnes imidlertid flere metoder for å beregne  $T_c$ .  $T_c$  kan beregnes fra både ligninger som baserer seg på nedbørfeltets feltparametere og modellsimuleringer (Statens vegvesen, 2022; NVE 2022f).

Det kan være utfordrende å bestemme varighet for et nedbørfelt som skal modelleres med hydraulisk overflatemodell. En mulig tilnærming er å kjøre hydraulisk overflatemodell for ulike

varigheter av nedbør, og deretter velge varigheten som gir den verste overvannssituasjonen. Vedlegg A inneholder en fremgangsmåte for hvordan man kan konstruere CDS-regn.

Vi anbefaler at man kjører modellen med ulike skjevhetsfaktor for CDS-regn.  $r = 0,5$ , tilsvarer et symmetrisk nedbørforløp hvor perioden med mest intens nedbør er i midten av forløpet. Figur 7 viser eksempel på CDS-regn med  $r = 0,5$  og  $r = 0,7$ . Nedbørforløpene i figur 7 er konstruert ut ifra fremgangsmåten i Vedlegg A.



Figur 7 CDS-regn med  $r = 0,5$  og  $r = 0,7$  for et median 100-årsregn med varighet tre timer fra stasjon SN17879 Rustadskogen.

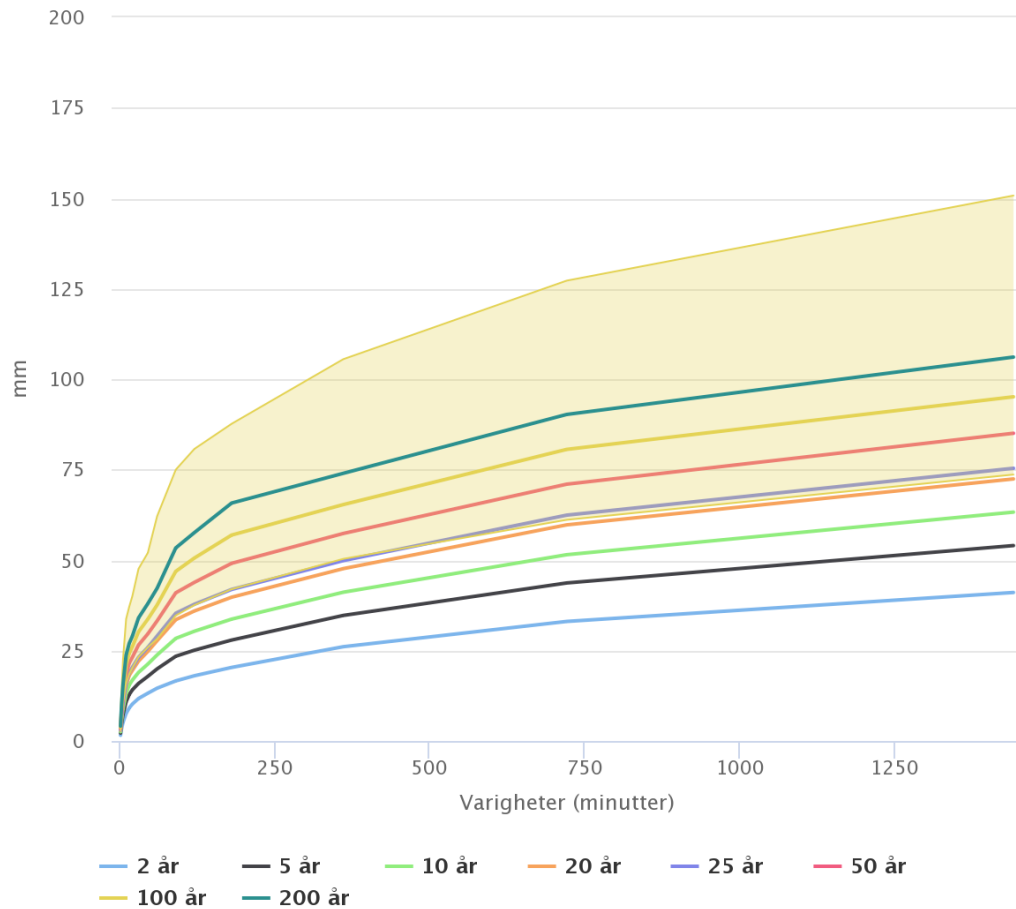
#### Usikkerhet ved IVF-kurver

Usikkerhetene i IVF-kurvene fra Klimaservicesenteret er store og kommer i hovedsak fra den geografiske dekningsgraden til stasjonsnett, lengden på tidsseriene, metodikken som kurvene baserer seg på og klimaendringer (Norsk Klimaservicesenter, u.å.a). Denne usikkerheten er fra 2022 fremhevet ved at 95 prosent konfidensintervallet til IVF-verdiene er angitt for kurvene (MET, 2022).

95 prosent konfidensintervallet angir spennet av verdier hvor man kan si med 95 prosent sikkerhet at den ekte IVF-verdien befinner seg innenfor. De laveste og høyeste verdiene i 95 prosent konfidensintervallet utgjør henholdsvis av 2,5- og 97,5-persentilene. I figur 8 er konfidensintervallet til IVF-kurven for 100 år gjentakintervall vist som gult felt. I dette tilfellet spenner konfidensintervallet til 100-årsregnet fra kurven for 25-års gjentakintervall til godt over kurven for 200-års gjentakintervall. Det betyr at man med 95 prosent sikkerhet kan si at 100-årsregnet har en verdi mellom kurven til 25-årsregnet og en verdi over kurven til 200-årsregnet

## IVF-verdier for Ås – Rustadskogen (SN17870), 120 moh.

Data fra 1974 – 2021, 40 ses. Oppdatert 31.12.2021.



**Figur 8** IVF-kurven for stasjon SN17870 Rustadskogen sammen med 2,5- og 97,5 persentilen til 100-årsregnet (markert i gult). For et 100-årsregn med 3 timers varighet er den forventede 50 prosent persentilen 56,9 mm, 2,5 prosent persentilen 41,9 mm og 97,5 prosent persentilen 87,7 mm.

NVE anbefaler at man ved bruk av hydraulisk overflatemodell tester ulike nedbørforløp hvor man endrer på skjevhetfaktoren og varierer intensiteten for valgt varighet. Intensiteten kan varieres ved å bruke 2,5- og 97,5 persentilene, i tillegg til 50-persentilen, til 100-årsnedbøren for den valgte IVF-kurven.

### Historisk regn

Over har vi forklart hvordan IVF-kurver og CDS-regn kan brukes til å fremhente et klimajustert 100-årsregn som vi anbefaler at brukes som inndata i hydrauliske overflatemodeller til å fremhente DV-tall. Observerte nedbørhendelser, såkalte historiske regn, er også viktig i modelleringen.

Historiske regn brukes fortrinnsvis sammen med samtidige observasjoner av vannstand, hastighet og –utbredelse til å kalibrere og validere hydrauliske overflatemodeller. Bruken av historiske regn til kalibrerings- og valideringsformål er forklart nærmere i kap. 3.2.4.

### 3.2.2.5 Infiltrasjon og grunnvannstand

I hydrauliske overflatemodeller kan modellkjøringer med og uten infiltrasjon gi svært ulike resultater. Å ekskludere infiltrasjon i modellen, kan føre til svært konservative resultater og beslaglegge unødvendig store arealer.

#### **Ha kjennskap til grunnvannstanden**

Det er viktig å ha kjennskap til grunnvannstanden i området for å kjenne til volumet som er tilgjengelig for infiltrasjon. Hvis grunnvannet står høyt i dagen, for eksempel nederst i et nedbørfelt, vil sannsynligheten for overvann øke som følge av liten eller ingen mulighet for å infiltrere nedbøren. Er det derimot langt ned til grunnvannet, er det større mulighet for å infiltrere nedbør.

Målinger av grunnvannstanden kan utføres i forbindelse med andre grunnundersøkelser. Over hvor lang tid grunnvannstanden måles, kan variere fra prosjekt til prosjekt. Grunnvannstanden fra en grunnundersøkelse kan være et øyeblikksbilde eller en kontinuerlig måling av grunnvannstand over flere år. En langvarig kontinuerlig måling av grunnvannstanden er å foretrekke, ettersom grunnvannstanden varierer gjennom timer, dager, uker, måneder og år som følge av vanntilførsel og vannuttak og hvor i landet en befinner seg (NVE, 2022e)

I hydrauliske overflatemodeller forsvinner nedbøren som infiltrerer og går over til grunnvann fra beregningene. I virkeligheten er grunnvannet en del av det hydrologiske kretsløpet, og kan ikke forsvinne.

Infiltrert vann som går over til grunnvann, følger grunnvannstrømmen og ender som regel opp i en bekk eller elv i nedstrøms områder. Det er derfor viktig å vurdere konsekvensene nedstrøms av å legge opp til infiltrasjon oppstrøms i et nedbørfelt. I noen tilfeller kan det være aktuelt å etablere en hydrogeologisk modell som simulerer hvordan infiltrert vann vil påvirke grunnvannstanden i området og hvordan grunnvannstanden endrer seg ved ulike nedbørhendelser.

#### **Mettet hydraulisk konduktivitet**

De fleste infiltrasjonsmodulene i hydrauliske overflatemodeller bruker den mettede hydrauliske konduktiviteten,  $K_s$ , for å beskrive infiltrasjonsprosesser. Ulike programvarer beregner infiltrasjon på forskjellige måter. I tillegg inkluderes det stadig nye beregningsmetoder i de ulike programvarene. Det anbefales å utføre en følsomhetsanalyse for infiltrasjonsparameterne som inngår i modellen.

$K_{sat}$ , inntreffer når jorden er vannmettet. Verdier for  $K_{sat}$  viser seg imidlertid å være utfordrende å fastsette, og det er stor variasjon i observerte verdier (NVE, 2022b, s. 52-53). For punktverdier er det stor usikkerhet i  $K_{sat}$  på grunn av jordens variabilitet og svakheter i tilgjengelige målemetoder (NVE, 2022b, s. 7; Seip, 2022, s. 43; NVE 2023, s. 94). Til praktiske formål anbefaler vi å bruke  $10^{-5}$  m/s for  $K_{sat}$  på grønne jorddekte byarealer (NVE, 2022a).

Arealressurskart (AR5) blir ofte brukt for å dele inn modellområde i ulike arealtyper med tilhørende infiltrasjonsverdi. Arealtypene i AR5 kan avvike fra ortofoto og modelløren må selv vurdere hvilke arealtyper som bør inkluderes i modellen. I noen modeller kan det være hensiktsmessig å dele inn modellområdet i alle klassene til AR5, mens det i andre tilfeller kan

være tilstrekkelig å dele inn i færre klasser. Arealtyper kan for eksempel deles inn i tre arealtyper: permeable områder, tette flater utenfor bebygde områder og bebygde områder.

Metningsgraden i bakken ved simuleringstart kan angis i infiltrasjonsmodulen.

### **Utfør mange infiltrasjonsmålinger**

Hvis man skal utføre infiltrasjonsmålinger til bruk i hydraulisk overflatemodellering, anbefaler vi at det utføres mange målinger. Hvis det kun er benyttet ett målepunkt, vil  $K_{sat}$  være beheftet med stor usikkerhet (NVE, 2022b, s. 5). Infiltrasjonsmålinger med dobbeltringinfiltrrometer (DRI) har vist seg å være mer pålitelig enn målinger utført med metoden Modifisert Philip-Dunne (MPD) (Seip, 2022). NVE (2023) beskriver hvordan målinger med DRI og MPD kan utføres.

#### 3.2.2.6 Ruhet

Ruhet er et mål på hvor mye vannet blir bremsset langs overflaten. Høy ruhet gir langsommere vannhastighet. Lav ruhet tilsvarer en glatt overflate og gir høyere hastigheter. Ruhet oppgis ofte som Mannings  $M$  eller  $n$ .

Vi erfarer at ruheten i hydrauliske overflatemodeller i mindre grad påvirker resultatene. Simulerte vanndybder med ti ulike verdier for Manning for ti ulike arealer skilte seg i liten grad fra simulerte vanndybder med fem ulike verdier for Manning (Vedlegg D og E). I forbindelse med kalibrering av koblede avløpsmodeller ser justering av ruhet på overflaten ut til å være av mindre betydning (DANVA, 2007, s. 50). Følsomhetsanalyser for ruhet bør likevel utføres som en del av modelleringen, fordi overflateruhetens påvirkning på resultatene kan variere fra modell til modell.

#### 3.2.2.7 Bygninger og veger

##### **Bygninger**

For å sørge for at bygningene hindrer vannstrømmen på terrengoverflaten i en hydraulisk overflatemodell, finnes det flere metoder (CIWEM, 2021, s. 152; SEPA, u.å, s. 75). Man kan blant annet ta utgangspunkt i bygningenes fotavtrykk og

- øke ruheten
- øke terrenghøyden
- ekskludere bygningene ved å deaktivere celler/meshelementer eller sette opp en lukket grense rundt bygningene

FKB-Bygning definerer fotavtrykket til eksisterende bygninger i det offentlige kartgrunnlaget.

##### **Veger**

Hvis vegnett ikke er godt nok representert i beregningsnett, kan det være hensiktsmessig å heve eller senke arealer som er dekket av veger, basert på hvordan vegen er utformet i terrenget. Hvis oppløsningen til beregningsnett er for grov til å kunne simulere at noen veger i praksis fungerer som flomveier, kan man senke vegene eller omstrukturere beregningsnett, slik at vannet renner i ønsket retning. Ulike programvarer tilbyr ulike måter å senke og heve veger og omstrukturere beregningsnett.

FKB-Veg angir eksisterende veger i det offentlige kartgrunnlaget.

### 3.2.2.8 Strukturer og koblet modell

Noen, men ikke alle, todimensjonale (2D) hydrauliske overflatemodeller kan kobles til en endimensjonal (1D) avløpsmodell av det kommunale avløpsnett. De fleste 2D-modeller har mulighet for å legge inn stikkrenner og kulverter. Man må i hvert enkelt tilfelle vurdere om det er tilstrekkelig å legge inn stikkrenner og kulverter i den hydrauliske overflatemodellen, eller om det er behov for å koble den til en avløpsmodell.

Hvis 2D-modellen skal kobles til en 1D-avløpsmodell, er det viktig å gi en god beskrivelse av avløpsmodellen. Dokumentasjonen bør blant annet inneholde informasjon om når avløpsmodellen er opprettet og kvaliteten til den (se Svenskt Vatten (2020)). Hvis avløpsmodellen er gammel, kan det være behov for å oppdatere den eller etablere en ny modell. Avløpsmodellen bør kalibreres og valideres mot nyere observasjoner fra avløpsnett.

### 3.2.2.9 Stabilitet og gyldighet

Når en første versjon av den hydrauliske overflatemodellen er satt opp, må man undersøke om den er stabil og at resultatene er fornuftige. En modellsimulering kan gå gjennom uten feilmeldinger, selv når det er feil i modellen. Når en kjøring er gått gjennom, undersøk resultat- og kjørefilene. Undersøk at

- modellen er stabil ved å sjekke at courant-tallet (CFL) er under 1 (kan settes lavere)
- de beregnede hastighetene og dybdene er realistiske og ikke endres for raskt (sjekk både tidsserier og maksimale verdier)
- forholdene ved utløpsgrensene ikke påvirker resultatene i planområdet
- volumbalansen er fornuftig

Man bør undersøke om grensen for CFL overstiger 1 i noen av beregningselementene/-cellene. CFL forteller noe om hvor lenge en partikkel forblir i en celle eller element. Hvis det er for høye CFL-tall, kan man forsøke å endre på beregningsnett ved å øke detaljeringsgraden i områder med høyt CFL-tall, øke antall tidssteg eller redusere vannhastighetene. CFL bør holdes under 1 for ikke-stasjonær strømning.

Ustabiliteter som urealistiske høye hastigheter og endringer i hastigheter kan forbedres ved å forsøke å redusere beregningselementene/-cellene, øke antall tidssteg, øke ruheten, justere grensebetingelsene ved utløpet eller se etter store terrengforskjeller som kan skape store endringer i hastighet.

I de fleste 2D-modeller er det mulig å legge til hastighetsvektorer. Det kan være nyttig for å se strømningsmønsteret, at det ikke lekker vann gjennom strukturer eller barrierer som er satt opp i modellen eller at det mangler strukturer. Hvis beregningsnett har en grov oppløsning ved inntaket til stikkrenner og kulverter, kan det føre til at vann renner utenom dem.

Når modellen er stabil og resultatene virker rimelige, kan man gå videre med befaring, kalibrering og validering.

## 3.2.3 Befaring

Det er sterkt anbefalt å gjennomføre en befaring. En befaring bør alltid gjennomføres for å få bedre kjennskap til området man jobber med. Befaring er også med på å kvalitetssikre



arbeidet. Dokumenter befaringen så detaljert som mulig med et notat og georefererte bilder og videoer.

En befaring kan gjennomføres etter at de første modellresultatene er klare eller eventuelt etter en første kalibrering. Da har man et grunnlag for hvilke områder som bør kontrolleres. Områder hvor modellresultatene ikke virker realistiske, det samler seg store mengder vann eller vannet tar flere løp, kan være lurt å kontrollere med en befaring. Tilstanden til stikkrenner og kulverter bør kontrolleres. Kanskje det er enkelte stikkrenner som man alltid bør anta at er helt eller delvis tilstoppet i modellen. Sjekk om stikkrenner i området er eller står i fare for å bli tilstoppet. Da bør man i analysen anta at de er helt eller delvis tilstoppet. Hovedflomveiene bør kontrolleres i sin helhet under befaringen.

Modellen justeres eventuelt med observasjoner fra befaringen. Dokumenter hvilke justeringer som er utført.

### **3.2.4 Kalibrering, validering og følsomhetsanalyse**

Fra kalibrering, validering og følsomhetsanalyse kan man få en bedre oversikt over modellens anvendelsesområder og hvor godt modellresultatene er som beslutningsgrunnlag. Kalibrering og validering er viktig for å kunne beskrive troverdigheten til modellresultatene.

Følsomhetsanalyse bidrar til å gi kunnskap om modellens usikkerhet (SEPA, u.å., s. 81).

NVE anbefaler at enhver modell kalibreres og valideres så langt det er mulig. Det gir mest mulig troverdige resultater. For eksempel kan en ukalibrert modell av et bratt område gi feilaktige resultater hvis helningen er utenfor gyldighetsområdet til ligningene i modellen.

En utfordring med hydrauliske overflatemodeller er at det ikke finnes gode data til kalibrering og validering. Derfor bør man alltid utføre følsomhetsanalyser for å avdekke hvilke parametere og inndata som i størst grad påvirker resultatene.

Til kartlegging av umålte felt på til detaljreguleringsplan hvor det ikke finnes observerte data, bør man starte arbeidet med å samle inn data for nedbør, vanndybde, -hastighet og -utbredelse. Beslutninger som er tatt med utgangspunkt i modellresultater som ikke er verifisert med observasjoner, anser vi som risikofylte. Modeller som er verifisert med et større datagrunnlag, vil være et tryggere beslutningsgrunnlag i arealplaner.

#### **Kalibrering og validering**

I en kalibrering endrer man på modellparametere slik at den simulerte verdien blir så lik som mulig den observert verdien for en hendelse. Parameterne bør holdes innenfor sitt gyldighetsområde (SEPA, u.å., s. 81). Validering utføres ved å sammenligne resultater fra den kalibrerte modellen mot observasjoner som ikke er med i kalibreringsperioden. På den måten kan man få et estimat på hvor godt modellen presterer mot hendelser som modellen ikke er kalibrert mot (SEPA, u.å., s. 82). Hvis kalibreringen og valideringen gir dårlige resultater, bør man vurdere å rekalkibrere modellen eller fremskaffe nye data.

Når en hydraulisk overflatemodell skal brukes til å fremhente resultater for D, V og DV for overvann, bør modellen kalibreres og valideres mot observert vanndybde, -hastighet og -utbredelse fra historiske hendelser. Historisk nedbør er den viktigste inngangsdataen til modellen.

Observasjonene som brukes til kalibrering og validering av hydraulisk overflatemodell vil som regel være punktobservasjoner. Det kan være flere observasjonspunkter fra samme hendelse. Da må man være oppmerksom på blant annet tidspunktet for observasjonene og representativiteten til nedbørdatabene og eventuelle andre tidsserier for inndata. Flere punktobservasjoner fra én og samme hendelse er trolig ikke foretatt på ett og samme tidspunkt. Det må man ta hensyn til i kalibrering- og valideringen. I tillegg må man undersøke om tidsserier med observert nedbør og andre variabler, er representative for observasjonene av vanndybde, -hastighet og -utbredelse som benyttes. Hvis for eksempel observert nedbør ikke er representativ for et punkt hvor man har observasjoner av vanndybde, -hastighet og -utbredelse, bør man ikke bruke observasjoner fra dette punktet til å verifisere modellen.

Hendelsene som den hydrauliske overflatemodellen kalibreres og valideres mot bør representere høye gjentakintervall, slik at den kalibrerte modellen er egnet til å kartlegge fareutsatte områder ved et klimajustert 100-årsregn.

For hydrauliske modeller generelt anbefaler SEPA (u.å., s. 81) at minimum tre kalibreringshendelser og én valideringshendelse benyttes til å verifisere en modell. Hvis modellen er verifisert med et større antall hendelser som dekker et bredt spekter av situasjoner, for eksempel ulike sesonger og forhold forut for hendelsene, vil troverdigheten til modellen øke. Kvaliteten på dataene som brukes til kalibrering og verifisering, har stor betydning for hvor godt en modell er kalibrert og verifisert.

Hvis man ikke har data for vanndybde, -hastighet og -utbredelse fra historiske hendelser, bør modellresultatene sammenlignes med bilder, videoer og beskrivelser av historiske hendelser, hvor vannstand, -utbredelse og -hastigheter er angitt med større eller mindre grad av nøyaktighet. Merk at bilder som dokumenterer overvannshendelser, trolig ikke er fra tidspunktet da hendelsen kulminerte.

Forsikringsselskaper, i tillegg til privatpersoner som har opplevd overvannskader på egen eiendom, kan sitte på informasjon om overvannshendelser som kan brukes til kalibrering og validering av hydrauliske overflatemodeller (CIWEM, 2021, s. 174).

Dokumenter kalibreringsprosessen i sluttdokumentasjonen. Begrunn valg av parameterverdier og inndata som er endret. Kalibrerings- og valideringspunkter bør stedfestes med koordinater.

Denne veilederen går ikke nærmere inn på kalibrering og validering av avløpsmodeller. Temaet er beskrevet i annen litteratur (bl.a. Svenskt Vatten (2016)).

### **Følsomhetsanalyse**

Følsomhetsanalyser bør utføres som en del av prosessen med å etablere en modell (CIWEM, 2021, s. 160). I en følsomhetsanalyse varierer man modellparameterne, og undersøker hvordan det påvirker resultatene. Kun én parameter bør endres av gangen. Viktige inndata, slik som konstruerte CDS-regn, kan også varieres i en følsomhetsanalyse. Resultatene fra analysen kan bidra til å vurdere i hvilken grad man kan stole på modellresultatene. Følsomhetsanalyser er spesielt viktig å utføre når datatilgangen gjør det utfordrende å kalibrere og validere modeller

(SEPA. u.å., s. 87). Det vil gjelde for de fleste hydrauliske overflatemodeller som brukes til å kartlegge fare for overvann. Følsomhetsanalyser bør derfor som regel alltid utføres.

Følsomhetsanalyser av hydrauliske overflatemodeller bør utføres for

- viktige konstruerte inndata
- parametere som kan påvirke den numeriske løsningen
- fysiske parametere

For hydrauliske overflatemodeller anbefaler vi at de fysiske parameterne og inndata testes for endringer i

- nedbørens mengde, varighet og formen til nedbørforløpet ved bruk av konstruert CDS-regn
- ruhet
- infiltrasjon
- metningsgrad i grunnen ved simuleringstart
- beregningsnettets oppløsning

Analysen utføres for én parameter av gangen ved å justere parameterverdiene opp eller ned med for eksempel en prosentvis andel. For nedbør kan følsomheten utføres ved å ta utgangspunkt i konfidensintervallet til IVF-kurven (se kap. 3.2.2.4). De justerte verdiene bør holdes innenfor parameterne og variablenes gyldighetsområde.

### 3.2.5 Klassifisering av hydraulisk overflatemodell

*Til leseren: vi ønsker spesielt tilbakemelding på forslagene for klassifisering: forslag 1 og forslag 2. Foretrekker dere forslag 1 eller forslag 2? Kom gjerne med forslag til forbedringer eller et helt nytt forslag.*

#### **Forslag 1**

Den hydrologiske overflatemodellen klassifiseres ut ifra samlet subjektiv vurdering. I klassifiseringen vurderer man

- kvaliteten til grunnlagsdataene (detaljeringsgraden til DTMen, kritiske punkt og ev. ledningsnett og andre data, f.eks. FKB-data)
- om modellen er verifisert mot observasjoner og kvaliteten til kalibreringen og valideringen
- hvor robust modellparameter og inndata er i en følsomhetsanalyse

I den subjektive vurderingen bør man drøfte usikkerheten til de ulike parameterne, inndataene og antagelsene i modelloppsettet. Som en del av vurderingen bør modelløren vurdere om detaljeringsgraden er egnet for formålet. Hvis modellen er verifisert mot observerte hendelser, bør man drøfte om det er stor variasjon i for eksempel observert og simulert dybde etter kalibrering og validering. Hvis det var utfordrende å få modellen til å oppnå de samme dybdene som er oppmålt, kan det vektes negativt i den samlede vurderingen, spesielt hvis kvaliteten til observasjonene kan regnes som god. Utfallet av følsomhetsanalysen bør også inngå i vurderingen.

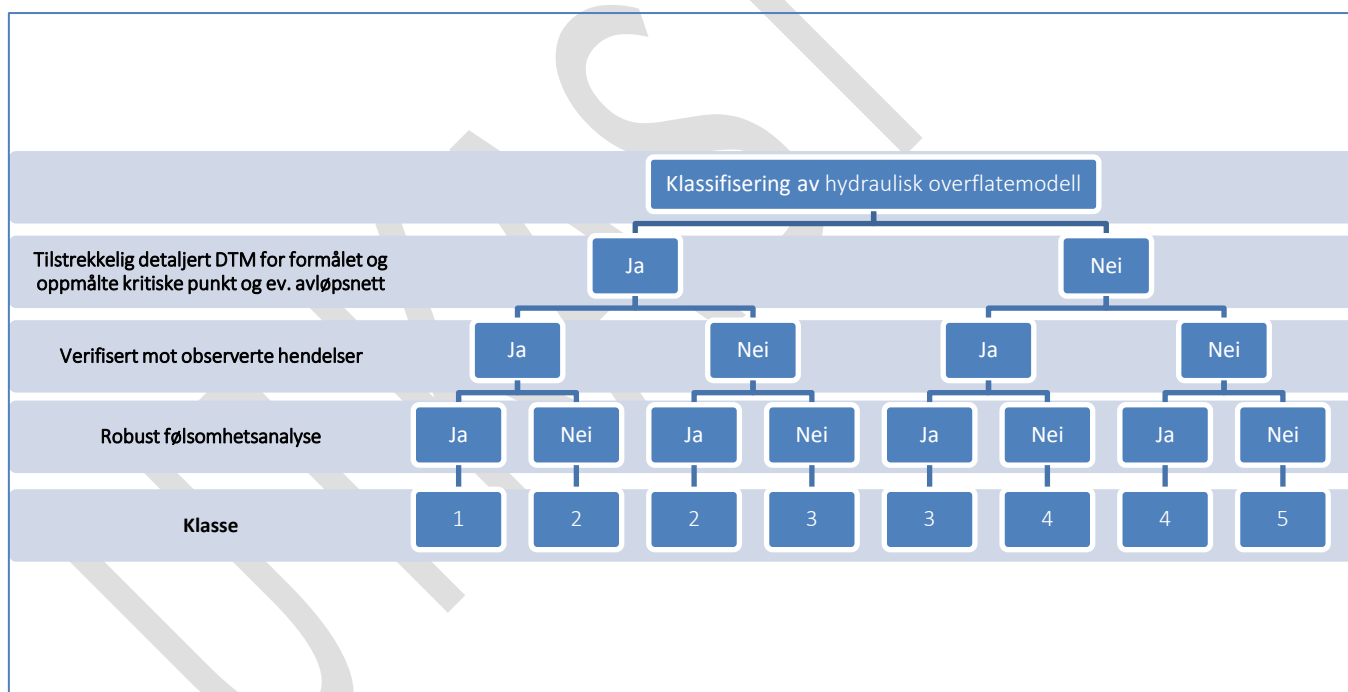
Ut ifra en samlet vurdering av alle vurderingskriteriene, kommer man frem til en klasse. Modellen vurderes til å være svært god, god eller mindre god.

## Forslag 2

Den hydrauliske overflatemodellen klassifiseres ved bruk av et skjema (figur 9) og en subjektiv vurdering. Den subjektive vurderingen brukes til å justere klassen som modellen oppnår ved bruk av skjemaet (figur 9) opp eller ned.

I den subjektive vurderingen bør man drøfte usikkerheten til de ulike parameterne, inndataene og antagelsene i modelloppsettet. Som en del av vurderingen bør modelløren vurdere om detaljeringsgraden er egnet for formålet. Hvis modellen er verifisert mot observerte hendelser, bør man drøfte om det er stor variasjon i for eksempel observert og simulert dybde etter kalibrering og validering. Hvis det var utfordrende å få modellen til å oppnå de samme dybdene som er oppmålt, kan det vektes negativt i den samlede vurderingen, spesielt hvis kvaliteten til observasjonene kan regnes som god. Utfallet av følsomhetsanalysen bør også inngå i vurderingen.

Ut ifra en samlet vurdering ved bruk av skjemaet og subjektiv vurdering kommer man frem til en klasse. Modellen plasseres i klasse 1, 2, 3, 4 eller 5, hvor 1 er den beste klassen og 5 er den dårligste.

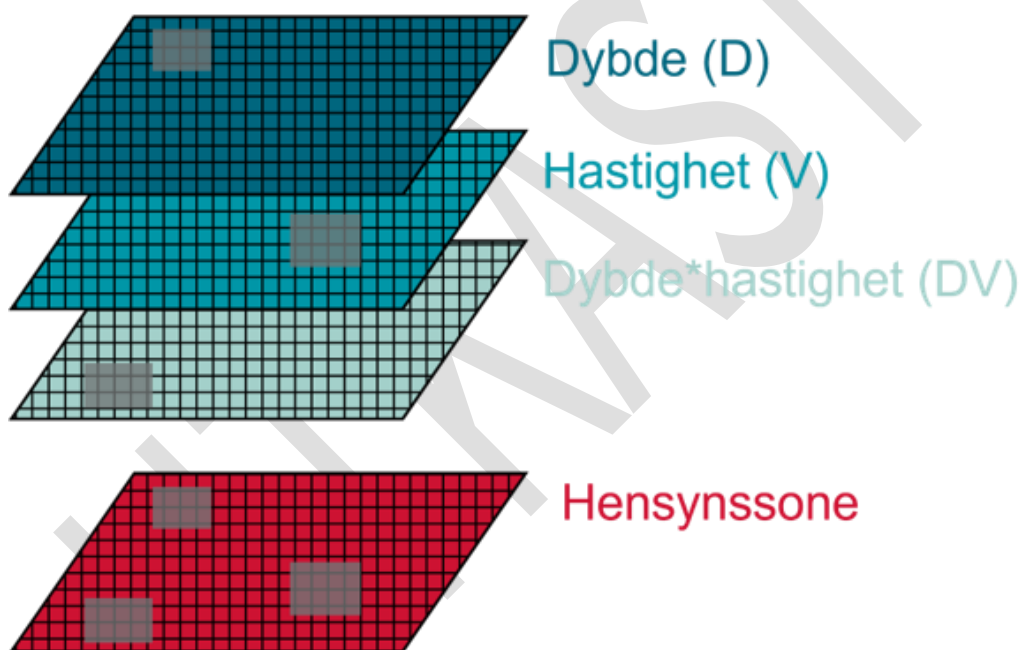


Figur 9 Forslag 1 til klassifisering av hydraulisk overflatemodell. 1 er den beste klassen, 5 er den dårligste klassen.

### 3.2.6 Fra resultater til hensynssoner

Den hydrauliske overflatemodellen gir tre kartlag som angir arealer som er utsatt for fare og skade for overvann, og som kan brukes til å lage hensynssoner for overvann: dybde (D), hastighet (V) og produktet av D x V (DV). DV bør være den maksimale verdien av DV gjennom hele simuleringsperioden – ikke maksimal D x maksimal V. Maksimal D x maksimal V kan resultere i urealistiske høye verdier for DV sammenlignet med den maksimale verdien av DV gjennom hele simuleringsperioden (AIDR, 2017, s. 7-9.).

Hensynssonene kan lages ved å kombinere kartlagene med D, V og DV (figur 10) i GIS. Det er nødvendig å bestemme hvilke verdier for D, V og DV som skal inngå i hensynssone for overvann. Tentative maksimalverdier for D, V og DV er oppgitt i NVE (2022a, s. 35). Kun verdier som overstiger maksimalverdiene blir med i det samlede kartlaget for hensynssone. Til slutt vil det være nødvendig å glatte hensynssonen slik at den blir brukervennlig.



**Figur 10** En samlet vurdering av D, V og D x V bør være grunnlaget for hensynssoner for overvann basert på hydraulisk overflatemodell.

De tre individuelle kartlagene med D, V og DV bør medfølge som vedlegg til hensynssonen(e) for overvann. Det gir oppdragsgiver mulighet til å utføre en videre siling for ulike areal typer, for eksempel hvis man ønsker å bruke grenseverdier for DV.

Når hensynssonene er klargjort i GIS, kan de konverteres til SOSI-format. Hensynssonene bør inneholde informasjon om opprettelsesdato, metode, kvalitet, type hensynssone, osv.

## 4 Litteratur

AIDR (2017). *Flood Hazard: Supporting document for the implementation of Australian Disaster Resilience Handbook 7 Managing the Floodplain: A Guide to Best Practice in Flood Risk Management in Australia*. (Guideline 7-3). Australian Institute for Disaster Resilience (AIDR).

<https://knowledge.aidr.org.au/media/3518/adr-guideline-7-3.pdf>

Bratlie, R. (2015). *Beregning av flomveier med eksempler på bruk i kommunal forvaltning*. Kart og plan, Vol. 75, s. 24–34. <http://www.kartogplan.no/Artikler/KP1-2015/Beregning%20av%20flomveier.pdf>

Byggeskikknøkkel. (u.å.). *Plan og planprosess*. <https://byggeskikknokkelen-dibk.azurewebsites.net/bsn/begrep/Sider/Plan-og-planprosess.html>

Byggteknisk forskrift (TEK17). (2017). *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. (FOR-2017-06-19-840). <https://lovdata.no/forskrift/2017-06-19-840>

CIWEM (2021). *Integrated Urban Drainage Modelling Guide* [versjon 2.01, mai 2021]. CIWEM (The Chartered Institution of Water and Environmental Management). [https://www.ciwem.org/assets/uploads/IUD\\_1.pdf](https://www.ciwem.org/assets/uploads/IUD_1.pdf)

DANVA (2007). *En kokebog for analyser af klimaændringers effekter på oversvømmelser i byer* [versjon 3, mars 2021]. DANVA.

<https://www.klimatilpasning.dk/media/1909350/klimakogebog-3.pdf>

DSB (2016). *Risikoanalyse av regnflom i by: krisescenarier 2016 – analyser av alvorlige hendelser som kan ramme Norge*. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB).

<https://www.dsbinfo.no/DSBno/2016/Tema/regnflom-i-by/>

Digitaliseringsdirektoratet. (u.å.). *SOSI (Samordna Opplegg for Stadfesta Informasjon)*.

<https://www.digdir.no/standarder/sosi-samordna-opplegg-stadfesta-informasjon/1729>

Fergus, T., Hoseth, K. A. og Sæterbø, E. (2010). *Vassdragshåndboka*. Trondheim: Tapir akademiske forlag

Høydedata (2022). *Brukerdokumentasjon Høydedata*.

[https://hoydedata.no/laserinnsyn/help\\_no/index.htm?context=130](https://hoydedata.no/laserinnsyn/help_no/index.htm?context=130) [Lesedato 04.11.2022]

Kartverket. (u.å.). *Geovekst produktspesifikasjoner*. Kartverket.

<https://www.kartverket.no/geodataarbeid/geovekst/fkb-produktspesifikasjoner>

KDD (2022, 20. september). *Reguleringsplan* (Brosjyre/veiledning). Kommunal- og distriktsdepartementet (KDD)

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/reguleringsplan/id2928063/>

KMD (2018, oktober). *Samfunnssikkerhet i planlegging og byggesaksbehandling*. Rundskriv H-5/18. Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD)

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/samfunnssikkerhet-i-planlegging-og-byggesaksbehandling/id2616041/>

Meld. St. 15. (2011-2012). *Hvordan leve med farene - om flom og skred*. Olje- og energidirektoratet.

<https://www.regjeringen.no/contentassets/65e3e88d0be24461b40364dd6111f21/no/pdfs/s-tm201120120015000dddpdfs.pdf>

MET (2022, 23. februar). *IVF-verdier for norske nedbørstasjoner*. (MET report no. 2/2022).

Meteorologisk institutt (MET). [https://www.met.no/publikasjoner/met-report/\\_attachment/download/a7c730df-6320-488f-bfbc-f56974a418e1:a6dbf376c8787687a0ad7f3189eb7210ad1de263/MET-report-02-2022.pdf](https://www.met.no/publikasjoner/met-report/_attachment/download/a7c730df-6320-488f-bfbc-f56974a418e1:a6dbf376c8787687a0ad7f3189eb7210ad1de263/MET-report-02-2022.pdf)

Miljødirektoratet. (2020, 2.mars). *Høringsnotat : Forslag til endringer i forurensningsloven og vass- og avløpsanleggslova for bedre overvannshåndtering*. Saksnr. 2020/3211.

Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/hoeringer/2020/mars-2020/overvannshandtering-forslag-til-endringer-i-forurensningsloven-og-vass--og-avlopsanleggslova/>

MSB (2014). *Kartläggning av skyfalls*

*påverkan på samhällsviktig verksamhet: Framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå* (Publikasjonsnummer MSB694 - mai 2014). Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). <https://rib.msb.se/filer/pdf/27365.pdf>

MSB (2017). *Vägledning för skyfallskartering – Tips för genomförande och exempel på användning* (Publikasjonsnummer MSB1121 – august 2017). Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).

<https://rib.msb.se/filer/pdf/28389.pdf>

Norsk Klimaservicesenter (u.å.a). *Hjelp til valg av IVF*. Norsk Klimaservicesenter.

<https://klimaservicesenter.no/kss/vrdata/ivf-veiledning>

Norsk Klimaservicesenter (u.å.b). *Kraftig nedbør*. Norsk Klimaservicesenter.

<https://klimaservicesenter.no/kss/laer-mer/%20kraftig-nedbor>

Norsk Klimaservicesenter (u.å.c). *Klimaprofilene: et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning*.

Norsk Klimaservicesenter. <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/om>

Norsk Klimaservicesenter. (u.å.d). *Kraftig nedbør*. Norsk klimaservicesenter.

<https://klimaservicesenter.no/kss/laer-mer/%20kraftig-nedbor#dimensjonerende-nedbr-for-dgn-og-oppover>

NVE (2023). *Veileder for innsamling av måledata til overvannsformål* (NVE Veileder nr. 1/2023).

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

[https://publikasjoner.nve.no/veileder/2023/veileder2023\\_01.pdf](https://publikasjoner.nve.no/veileder/2023/veileder2023_01.pdf)

NVE (2022a). *Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar: Korleis ta omsyn til*

*vassmengder?* (NVE Veileder nr. 4/2022). Noregs vassdrags- og energidirektorat (NVE).

[https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022\\_04.pdf](https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_04.pdf)

NVE (2022b). *Automatiserte infiltrasjonsmålinger i tettsteder: sammendrag av målinger gjennomført av NVE i Oslo og Bergen 2020* (NVE Rapport nr. 5/2022). Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). [https://publikasjoner.nve.no/rapport/2022/rapport2022\\_05.pdf](https://publikasjoner.nve.no/rapport/2022/rapport2022_05.pdf)

NVE (2022c). *Veileder for flomberegninger* (NVE Veileder nr. 01/2022). Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). [https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022\\_01.pdf](https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_01.pdf)

NVE (2022d). *Sikkerhet mot flom : Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak* (NVE Veileder nr. 3/2022). Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). [https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022\\_03.pdf](https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_03.pdf)

NVE (2022e, 7. april). *Grunnvann*. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). <https://www.nve.no/vann-og-vassdrag/vannets-kretsloep/vannet-under-bakken-markvann-og-grunnvann/grunnvann/>

NVE (2022f). *Karakteristiske tidsparametere for hydrologisk respons i urbane og naturlige nedbørfelt* (NVE Rapport nr. 25/2022). Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). [https://publikasjoner.nve.no/rapport/2022/rapport2022\\_25.pdf](https://publikasjoner.nve.no/rapport/2022/rapport2022_25.pdf)

NVE (2019). *Bruk av registrerte overvannskader for validering av beregnede vannveier og overvannsansamlinger (bluespots)* (NVE Rapport nr. 44/2019). Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). [https://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019\\_44.pdf](https://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019_44.pdf)

NVE (2015). *NVEs klimatilpasningsstrategi 2015-2019* (NVE Rapport nr. 80/2015). Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). [https://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015\\_80.pdf](https://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_80.pdf)

NVE. (1993). *FERSKVANNSTESAURUS : En første, foreløpig del av Norsk miljøtesaurus*. Publikasjon nr. 18/1993. Norges vassdrags- og energidirektorat. [http://publikasjoner.nve.no/publikasjon/1993/publikasjon1993\\_18.pdf](http://publikasjoner.nve.no/publikasjon/1993/publikasjon1993_18.pdf)

NVE (u.å.a). *Under utvikling: Hvordan finne dreneringslinjer med GIS*. Norges- vassdrags og energidirektorat (NVE). <https://arccg.is/Tqa8j>

NVE. (u.å.b.) *Hydrologisk ordliste*. Norges vassdrags- og energidirektorat. <https://www.nve.no/vann-og-vassdrag/hydrologisk-ordliste/>

Plan- og bygningsloven (2008). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling* (LOV-2008-06-27-71). <https://lovdata.no/lov/2008-06-27-71>

Riksarkivarens forskrift. (2017). *Forskrift om utfyllende tekniske og arkivfaglige bestemmelser om behandling av offentlige arkiver* (FOR-2017-12-19-2286). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-12-19-2286>

Seip, U. B. A. (2022). *Prediksjon av mettet infiltrasjonsrate ved bruk av fjernmåling og nevralt nett* [Masteroppgave, Universitetet i Oslo]. DUO vitenarkiv. <http://urn.nb.no/URN:NBN:no-98252>



SEPA (u.å.). *Flood Modelling Guidance for Responsible Authorities* [versjon 1.1]. SEPA (Scottish Environment Protection Agency).

[https://www.sepa.org.uk/media/219653/flood\\_model\\_guidance\\_v2.pdf](https://www.sepa.org.uk/media/219653/flood_model_guidance_v2.pdf)

Skaugen, T., Lawrence, D. og Ortega, R. Z. (2020). *DDUrban; ny urbanhydrologisk modell. Resultater fra SURF prosjektet*. Vann 01/2022. [https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2021/02/Skaugen\\_DDUrban.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2021/02/Skaugen_DDUrban.pdf)

Statens vegvesen (2022, 19. desember). *V240 Vannhåndtering* (Veiledning). Statens vegvesen. <https://viewers.vegnorm.vegvesen.no/product/859952?filePath=e1b38f9e-5062-48d9-9d1e-3ddf979349ba.pdf>

Statens vegvesen (u.å.). *Nasjonal vegdatabank*. Statens vegvesen. <https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/nasjonal-vegdatabank/>

Svenskt Vatten (2011). *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem* (Publikation P104). Svenskt Vatten AB.

Svenskt Vatten (2016). *Riktlinjer för modellering av spillvattenförande system och dagvattensystem* (Rapport Nr 2016-15). Svenskt Vatten AB. [http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport\\_2016-15.pdf](http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport_2016-15.pdf)

Svenskt Vatten (2020). *Dokumentation vid modellering av avloppsledningsnät* (Rapport Nr 2020-15). Svenskt Vatten AB. <https://vattenbokhandeln.svenskvatten.se/wp-content/uploads/2021/03/svu-rapport-2020-15.pdf>

Taubøll, S og Paus, K. (2022). *Overvann som naturfare: faktagrunnlag og rettslig håndtering*. I S. Taubøll (red), *Vann, juss og samfunn: rettigheter og regulering i utvikling* (s. 95-117). Cappelen Damm Akademisk. <https://doi.org/10.23865/noasp.176>

Vannressursloven (2000). *Lov om vassdrag og grunnvann* (LOV-2000-11-24-82). <https://lovdata.no/lov/2000-11-24-82>

# Vedlegg A CDS-regn

## Konseptuell algoritme for å lage CDS-regn

Last ned IVF-tabell fra KSS for ønsket stasjon

Gjentak- sintervall (år)	Varigheter (minutter)																
	Persentiler	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	2.5	1.4	2.4	3.2	4.4	6.5	8	8.9	10.4	11.7	12.7	14.4	15.7	17.8	23	28.7	35.5
2	50	1.6	2.8	3.7	5.1	7.6	9.1	10.2	11.7	13.2	14.6	16.6	18	20.3	26.1	33	41
2	97.5	1.8	3.2	4.3	6	9	10.8	11.8	13.8	15.3	17.3	19.7	21	23.6	29.3	36.6	44.6
5	2.5	1.9	3.3	4.5	6.2	9.3	11.3	12.3	14	15.6	17.3	19.9	21.2	23.7	30.1	37.8	47.2
5	50	2.2	3.9	5.2	7.3	10.8	12.8	14.1	15.9	17.9	19.9	23.4	25.1	27.9	34.7	43.7	54
5	97.5	2.6	4.8	6.2	8.7	13.4	15.7	17	19.3	21.5	24.6	29	30.4	33.7	41.4	51.2	62.3
10	2.5	2.2	4	5.3	7.4	11	13.2	14.5	16.3	18.2	20.2	23.7	25.2	28.1	34.9	43.7	54.7
10	50	2.6	4.7	6.3	8.8	13.1	15.5	16.8	19	21.3	23.8	28.4	30.3	33.7	41.1	51.5	63.3
10	97.5	3.2	6	7.9	11.1	16.8	19.5	21	23.8	26.5	30.4	36.9	38.3	42.1	52.2	63.2	76.8
20	2.5	2.5	4.4	6	8.5	12.7	15	16.3	18.6	20.6	23	27.3	29.2	32.6	39.8	49	61.2
20	50	2.9	5.4	7.3	10.3	15.4	18.1	19.5	22.1	24.7	27.7	33.5	35.9	39.7	47.6	59.7	72.4
20	97.5	3.9	7.5	9.7	13.8	20.8	23.5	25.5	29.4	32.4	37.7	45.9	48	52.9	64.9	77.8	93.9
25	2.5	2.5	4.6	6.2	8.8	13.1	15.6	16.9	19.3	21.5	23.7	28.4	30.5	34	41.3	50.5	63.4
25	50	3.1	5.6	7.6	10.7	16.1	18.9	20.4	23.1	25.9	29	35.3	37.8	41.9	49.8	62.4	75.4
25	97.5	4.1	8	10.4	14.9	22.1	25.2	27.1	31.4	34.3	40.6	49	51.4	56.4	69.4	83.1	100.3
50	2.5	2.7	5	6.8	9.7	14.5	17.1	18.6	21.3	23.8	26.1	31.7	34.1	37.9	46.2	56.2	68.8
50	50	3.4	6.3	8.6	12.2	18.5	21.5	23.1	26.5	29.6	33.2	40.9	43.8	49.1	57.3	71	85
50	97.5	5	9.9	12.6	18.3	27.6	30.7	33	38.5	42	49.9	60.2	64.9	70	85.7	102.5	123.4
100	2.5	2.9	5.3	7.3	10.5	15.9	18.4	20.2	23.2	25.9	28.2	34.7	37.5	41.9	50.3	61.1	73.6
100	50	3.8	7	9.6	13.8	21	24.2	26	30.2	33.7	37.6	46.9	50.6	56.9	65.3	80.6	95.1
100	97.5	6	11.8	15.2	22.6	33.7	37.1	40	47.6	52	62.1	75	80.7	87.7	105.5	127.2	150.7
200	2.5	3	5.6	7.8	11.3	17	19.7	21.6	25.1	27.9	30.1	37.4	41	45.8	53.8	66.1	78.2
200	50	4.1	7.7	10.8	15.5	23.8	27	28.9	34	38	42.2	53.4	57.6	65.8	74	90.2	106.1
200	97.5	7.2	14.3	18.1	27.7	41.4	44.7	47.6	58.5	64.2	77	92.9	100.8	109.9	128.9	155.4	183.1

Velg ut gjentakintervall på nedbør, nedbørpersentil og varighet på nedbørforløp

Velg skjevhetsfaktor (G4)

A	B	C	D	E	F	G
Hente ut verdier fra IVF-tabell						
Regnvarighet [min]	Tidsdifferanse [min]	Nedbørvolum [mm]	Nedbørdifferanse [mm]	Velg av faktorer og verdier		
5		18.5		Faktor	Verdi	
10	5	28.2	9.7	Skjevhetsfaktor [-]	0.5	
15	5	32.5	4.3	ARF [-]	0.96	
20	5	34.9	2.4	Klimafaktor [-]	1.4	
30	10	40.6	5.6	Starttidspunkt [hh:mm]	12:00	
45	15	45.3	4.7	Nedbørvarighet [min]	180	
60	15	50.5	5.2	Gjentaksintervall [år]	100	
90	30	63	12.5	Persentil [%]	50	
120	30	68	5			
180	60	76.5	8.5			
Konstruksjon av nedbørforløp						
Rader	Tidsintervall [min]	Tidsdifferanse [hh:mm:ss]	Tidspunkt [hh:mm:ss]	Nedbør [mm]		
1	30	00:30:00	12:00:00	4.23	C18+C17	
2	15	00:15:00	12:30:00	2.49	C13*G4	
3	15	00:15:00	12:45:00	6.25		
4	7.5	00:07:30	13:00:00	2.62		
5	7.5	00:07:30	13:07:30	2.35		
6	5	00:05:00	13:15:00	2.82		
7	2.5	00:02:30	13:20:00	1.21		
8	2.5	00:02:30	13:22:30	2.15		
9	2.5	00:02:30	13:25:00	4.84		
10	5	00:05:00	13:27:30	18.55	C4	
11	2.5	00:02:30	13:32:30	4.84		
12	2.5	00:02:30	13:35:00	2.15		
13	2.5	00:02:30	13:37:30	1.21		
14	5	00:05:00	13:40:00	2.82		
15	7.5	00:07:30	13:45:00	2.35		
16	7.5	00:07:30	13:52:30	2.62		
17	15	00:15:00	14:00:00	6.25		
18	15	00:15:00	14:15:00	2.49		
19	30	00:30:00	14:30:00	4.23	C13*(1-G4)	
20			15:00:00	0		

Hent ut nedbør [mm] fra varighet 5 minutter til og med ønsket varighet for nedbørforløpet (C4:C13)

Beregn nedbørdifferansen i mm for hver varighet (D4:D13)

Fordel tidsdifferansen (B5:B13) rundt midtpunktet (rad 10) i B17:B35

Gjør om tidsdifferansen til klokkeslett (C17:C35) og lag en tidsserie med klokkeslett (D17:D35)

Fordel nedbørdifferansen (D5:D13) rundt midtpunktet (rad 10) i E17:E35

# Vedlegg B Algoritme for å beregne lavpunkt

Vi har utarbeidet to generelle prosedyrer for å beregne lavpunkt, som er uavhengig av GIS-programvare (tabell 3). Vi erfarer imidlertid at ulike GIS-programvare kan gi ulike resultater.

Alternativ 1 er mindre kompleks enn alternativ 2, men tar ikke vare på dybder i sluttproduktet. Hvis man ønsker å eksperimentere med å sortere lavpunktene på ulike dybder og arealer til slutt, kan det være fordelaktig å benytte alternativ 2.

**Tabell 3 Prosedyre for å beregne lavpunkt.**

Steg	Alternativ 1	Alternativ 2
1	Lag en DTM hvor lavpunkt i terrenget er fylt igjen, for eksempel ved "fill sinks"-metoden. Kjør eventuelt analysen flere ganger. Bruk DTMen med bygninger og kritiske punkt.	Lag en DTM hvor lavpunkt i terrenget er fylt igjen, for eksempel ved "fill sinks"-metoden. Kjør eventuelt analysen flere ganger. Bruk DTMen med bygninger og kritiske punkt.
2	Beregn lavpunkter med rasterkalkulator (fylt DTM minus DTM med bygninger og kritiske punkt).	Beregn lavpunkter med rasterkalkulator (fylt DTM minus DTM med bygninger og kritiske punkt).
3	Sett alle lavpunktceller under terskelverdi for dybde til 1 og ev. øvrige celler til NULL.	Omgjør raster med lavpunktceller til vektor.
4	Omgjør raster med lavpunkter til vektor	Omgjør naboflater til én flate med unik ID.
5	Beregn areal og slett lavpunktflater under terskelverdier for areal.	Legg til dybder og arealer som attributter.
6		Slett lavpunktflater under terskelverdier for dybde og areal.

# Vedlegg C Rapportmal

*Til leseren: Her kommer det en rapportmal som kan brukes til utredninger som er basert på denne veilederen.*

## Vedlegg til rapportmal: Sjekkliste for kontroll av overflatemodell

Informasjon om modellen	
Modellformål	<i>Utrede reell fare på reguleringsplannivå</i>
Opprettet av	<i>Navn</i>
Oppdatert av	<i>Navn</i>
Kontrollert av	<i>Navn</i>
Dato for ferdigstilling	<i>dag.måned.år</i>
Programvare	<i>MIKE+ Update 1 2022</i>
Koordinatsystem	<i>ETRS89 / UTM zone 33N - EPSG:25833</i>

Lagring av modell og resultater	
Filsti til modell	<i>Mappe\Mappe\Navn_prosjekt\Modell</i>
Modellnavn	<i>Navn på modellfilen</i>
Filsti til resultater som gir DV-kart	<i>Mappe\Mappe\Navn_prosjekt\Resulater</i>

Kvalitetskontroll	Kommentar	Egenkontroll	Sidemannskontroll
<b>Inndata</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Er de nyeste terrengdataene brukt?</li><li>- Gir nedbørstasjonen representativ data?</li><li>- Oppdatert IVF-kurver lastet ned?</li><li>- Er det gitt riktig verdier til inndataen?</li><li>- Ser FKB-dataene fornuftige ut?</li></ul>	<i>initialer/navn, dato</i>	<i>initialer/navn, dato</i>
<b>Modelloppsett</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Er riktig filer hentet inn til modellen?</li></ul>	<i>initialer/navn, dato</i>	<i>initialer/navn, dato</i>
<b>Resultater</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Har resultatfilene riktig navn og innhold?</li><li>Resultatfiler kan ved feiltagelse få feil navn, slik at sluttresultat er feil</li></ul>	<i>initialer/navn, dato</i>	<i>initialer/navn, dato</i>

Modeloppsett					
	Forslag til generell tekst	MIKE+	Hec-RAS	Egenkontroll	Sidemannskontroll
Simuleringsstart	01.01.2016 12:00			initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
Simuleringslutt	01.01.2016 17:00			initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
Total simuleringstid	16837 s = 4,7 t	16837 s = 4,7 t		initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
Tidssteg (min, maks)	0.1 s (0.001, 0.5)			initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
Antall tidssteg				initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
Initial conditions time [hr]				initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
Infiltrasjon	Ingen infiltrasjon / Green-Ampt / osv...			initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
Ruhet	Konstant Mannings M, 25 / Romlig fordeling			initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
Inkludert initialtilstand	Gjennom infiltrasjonsmodul / Nedbørfil			initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
Grensebetingelser oppstrøms	2D nedbør			initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
Grensebetingelser nedstrøms	Fritt utløp ("Free outflow") / "Normal depth" = 0.1			initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
Wind forcing	Ikke inkludert			initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
Coriolis forcing	Ingen coriolis			initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
"Drying" dybde/ "Wetting" dybde	5mm/10 mm			initialer/navn, dato	initialer/navn, dato
Solution Technique	High Order / Low Order SWE-ELM(original/fastest method)/ SWE-EM			initialer/navn, dato	initialer/navn, dato

CFL / Courant tall	0.5/0.1			initialer/avn, dato	initialer/avn, dato
Initial water surface elevation [m]	Starter med tørr tilstand			initialer/avn, dato	initialer/avn, dato
Eddy viscosity	Konstant, 0.002 m <sup>2</sup> /s /Smagorinsky formulation			initialer/avn, dato	initialer/avn, dato
Wave radiation				initialer/avn, dato	initialer/avn, dato
Oppløsning hydraulisk modelldomene	planområdet: maks.elementstr 25 m <sup>2</sup> tettbygde områder: maks. elementstr. 50 m <sup>2</sup> terreng: maks. elementstr. 200 m <sup>2</sup> minumum vinkel 26 o	5 m	5 m	initialer/avn, dato	initialer/avn, dato
Beregningsmetode av nedbør på bygninger		2D Infrastructure (bygninger og veier)		initialer/avn, dato	initialer/avn, dato
			Høy Manningsverdi		
Kobling med ledningsnettmodell			Ikke aktuelt	initialer/avn, dato	initialer/avn, dato

Grunnlagsdata eller inndata					
Nedbør		MIKE +	Hec-Ras	Egenkontroll	Sidemannskontroll
Nedbørtype	<i>CDS-regn / historisk regn</i>				
Starttidspunkt for nedbør	<i>01.01.2016 12:00</i>				
Sluttidspunkt for nedbør	<i>01.01.2016 15:00</i>				
Gjentaksintervall	<i>100 år</i>				
Varighet	<i>3 timer</i>				
Klimafaktor	<i>1,4</i>				
Arealreduksjonsfaktor	<i>0,97</i>				
Filnavn	<i>CDS-regn_NordreFollo.xlsx, se fane "3H"</i>				
<b>Terrengmodell</b>					
Oppløsning terrengmodell lastet ned/mottatt	<i>0.25 m</i>		0.25 m	0.25 m	
Oppløsning terrengmodell hentet til hydraulisk modell	<i>0.25 m</i>		1m	0.25 m	
Oppløsning terrengmodell i hydraulisk modell	<i>0.25 m</i>		5 m	0.25 m	
<b>FKB-data</b>					
Bygninger	<i>Filnavn på bygninger som er med i modellen</i>				
Veier	<i>Filnavn på veier som er med i modellen</i>				
AR5	<i>Filnavn på arealfordeling av flater som er med i modellen</i>				
<b>Stikkrenner og kulverter</b>					
Filnavn					
Antall kulverter/stikkrenner					
<b>Kalibreringsdata</b>					
Starttidspunkt observasjon nr.1					
Sluttidspunkt observasjon nr.1					

Modellevalueringkriterium, nr. 1	KGE = 0.67				
...					
Starttidspunkt observasjon nr. n					
Sluttidspunkt observasjon nr.n					
Modellevalueringkriterium, nr. n					
<b>Valideringsdata</b>					
Starttidspunkt observasjon nr.1					
Sluttidspunkt observasjon nr.1					
Modellevalueringkriterium, nr. 1	KGE = 0.67				
...					
Starttidspunkt observasjon nr. n					
Sluttidspunkt observasjon nr.n					
Modellevalueringkriterium, nr. n					



Følsomhetsanalyse					
Scenarier	Navn på parameter som er endret	Angi ny parameterverdi	Modellfil	Resultatfil	Kommentar
10% økning i ruhet	Ruhet (Mannings M)	Konstant M: 28 Romlig fordeling: Ruhet_pluss10prosent.dfs2 / Plan_+10Mannings.d0	Modellfilnavn	Filnavn	
10% reduksjon ruhet	Ruhet (Mannings M)	Konstant M: 23 Romlig fordeling: Ruhet_minus10prosent.dfs2 / Plan_-10Mannings.d0	Modellfilnavn	Filnavn	
Nedbørvarighet 6 timer	Nedbørvarighet		Modellfilnavn	Filnavn	
Skjevhetfaktor nedbørforløp	Skjevhetfaktor nedbør	r = 0,7, filnavn	Modellfilnavn	Filnavn	
...					

## **Vedlegg D Regneeksempel for kommuneplan**

## **Vedlegg E Regneeksempel for reguleringsplan**

UTKAST

# Vedlegg F Begreper

*Til leseren: vi ønsker tilbakemelding på om det er noen begreper dere savner*

**Akseptabel risiko** er risiko som aksepteres i en gitt sammenheng basert på gjeldende verdier i samfunnet. Risikoakseptkriterier er de kriterier som legges til grunn ved beslutning om akseptabel risiko. Slike kriterier kan være uttrykt med ord eller være tallfestet (Meld. St.15 (2011-2012), s. 27). For ekstrem driftssituasjon for overvann har NVE foreslått risikoakseptkriterier i NVE (2022a, s. 32, 35).

**Aktsomhetsområder for overvann** er arealer som potensielt kan bli utsatt for skade eller fare for overvann. Et aktsomhetskart for overvann viser aktsomhetsområdene.

**Arealreduksjonsfaktor (ARF)** tar hensyn til at nedbøren ikke er like intens i hele nedbørfeltet. Faktoren justerer observert nedbør fra ett punkt til en arealverdi som brukes i modellregn. Anbefalte arealreduksjonsfaktorer finnes hos Klimaservicesenteret (Norsk klimaservicesenter, u.å.d)

**Avløpsnett** er ledningsnett som skal håndtere spillvann, overvann og drensvann. Det skilles mellom separatsystem og fellessystem.

**Beregningsnett** er modellens beregningsoppløsning og kan være sammensatt av triangler (mesh) eller kvadratiske celler (grid).

**CDS-regn** eller Chicago Design Storm, er en metode for å lage et nedbørforløp basert på IVF-kurver. NVE anbefaler å bruke et CDS-regn ved beregning av D, V og DV til farekartlegging av overvann i arealplaner.

**Dreneringslinjer** er en matematisk utregning av hvor vannet vil renne på overflaten basert på terrengform og helning. I NOU 2015: 16 (s. 5) brukes begrepet avrenningslinjer om det samme begrepet. Det må ikke forveksles med ordet flomveier.

**Ekstrem driftssituasjon** er når overflateavrenningen overstiger kapasiteten til avløpsnettet og lokale overvannstiltak. Under slike situasjoner kan det være fare for tap av liv og skade på bygninger, fremkommelighet og infrastruktur (NVE, 2022a, s. 10). NVEs forslag til akseptabel risiko (NVE, 2022a, s. 32) gjelder for ekstrem driftssituasjon.

**FKB** står for Felles KartdataBase. Det er en samling av datasett over f.eks. arealbruk, bygninger, m.m., som samles inn og forvaltes i fellesskap av Geovekst-partene i en kommune (Kartverket, u.å.).

**Flomvei** er en trasé som avleder overvann til en resipient. En flomvei kan være naturlig eller konstruert (NOU 2015:16, s. 5)

**Grunnvann** er vann i den mettede sonen i grunnen (vannressursloven § 2)

**Hensynssoner** angir hvilke spesielle hensyn som skal ivaretas når den arealbruken som fremgår av plankartet skal gjennomføres. De vises på plankartet og kan gå over flere arealformål. Hensynssone kan både være rettslig bindende eller retningsgivende for de tiltak som skal gjennomføres (Byggeskikknøkkel, u.å.).

**Hydraulisk overflatemodell** er en beskrivelse av terrengoverflaten i 2D hvor overflateavrenningen blir beregnet ved hjelp av hydrauliske ligninger.

**Infiltrasjon** er vann som trenger ned i bakken (NVE, 2022a, s. 8)

**Kalibrering** er å endre modellparametere slik at den simulerte verdien blir så lik den observerte verdien.

**Klimapåslag** for nedbør legges til nedbørforløpet for å ta hensyn til forventede klimaendringer. Klimapåslag på nedbør må ikke forveksles med klimapåslag for flom som legges til den beregnede vannføringen, og gjelder for vannføring i vassdrag.

**Koblet modell** er sammensatt av flere modeller, f.eks. en overflatemodell og en avløpsmodell.

**Konfidensintervall** brukes til å angi usikkerhet for en måling eller beregnet verdi og relateres gjerne til en sannsynlighet. Omtales også som troverdighetsintervall og usikkerhetsintervall. F.eks. viser 95 % konfidensintervallet at verdien med 95 % sannsynlighet ligger innenfor dette intervallet (NVE, 2022c, s. 93-94).

### **Kritisk varighet**

**Kritiske punkt** er tekniske inngrep som bruer, kulverter, stikkrenner og andre inngrep som innsnevrer bekkeløpet/vassdraget slik at kapasiteten reduseres. Kritiske punkt er også naturgitte forhold som innsnevring av bekke- og elveløp, erosjonsutsatte punkter og strekninger, grunne parti på grunn av masselagring og bekkeløp som ligger høyere enn terrenget på sidene (NVE, 2022d, s. 51).

**Lavpunkt** er en forsenkning eller grop i terrenget der overvann kan samle seg

**Nedbørfelt** er et område som har felles utløpspunkt for sitt avløp (NVE, 1993).

**Nedbørforløp**, også kalt hyetogram, er fordeling av nedbør over tid. Ofte settes forløpet sammen av dimensjonerende nedbørverdier for ett bestemt gjentaksintervall, f.eks. 100-årsregn, men for ulike varigheter. Det finnes ulike metoder for hvordan nedbørforløp kan konstrueres.

**Overvann** er vann som renner av på overflaten som følge av regn og smeltevann (Forslag til ny definisjon i forurensningsloven § 21 nytt tredje ledd (Miljødirektoratet, 2020, s. 10)).

**Påregnelig driftssituasjon** er når overflateavrenningen er høyere enn normalt, men ikke overstiger dimensjonert kapasiteten til avløpsnett og lokale overvannstiltak. Risikoen under

påregnelig driftssituasjon kan være overløpsdrift, forurensing, tilbakeslag i kjellere, lokal oversvømmelse og/eller skade på teknisk infrastruktur (NVE, 2022a, s. 10).

**Resipient** er vannforekomst som mottar utslipp/utløp ([NVE, u.å.b.](#)).

**SOSI** er **S**amordna **O**pplegg for **S**tadfesta **I**nformasjon. Det er et format utviklet for utveksling av geodata, og er ett av kartformatene som er godkjente for ved avlevering (Digitaliseringsdirektoratet, u.å.; Riksarkivarens forskrift, § 5-17).

**Urbanhydrologi** er læren om den delen av vannets kretsløp som er knyttet til utbygde områder (NVE, 2022a, s. 11)

**Validering** er å simulere den kalibrerte modellen på en hendelse eller tidsserie hvor det eksisterer observasjonsdata, men hvor modellen ikke er trent opp på observasjonsdataene.

**Vassdrag** regnes alt stillestående eller rennende overflatevann med årssikker vannføring, med tilhørende bunn og bredde inntil høyeste vanlige flomvannstand. Selv om et vassdrag på enkelte strekninger renner under jorden eller under isbreer, regnes det i sin helhet som vassdrag. Som vassdrag regnes også vannløp uten årssikker vannføring dersom det atskiller seg tydelig fra omgivelsene (Vannressursloven § 2).