



Rapport: Flomberegninger og flomtiltak ved Aursmoen

Oppdragsgiver: Bakke bolig Aurskog

Prosjekt: Sentrumshagen Aursmoen

Prosjektnummer: 23266 (AFRY)

Rapport

Utført av
Ole-Morten Fredriksen
Telefon nr.
+47 24 10 10 10
Mobil nr.
+47 415 85 906
E-mail
ole-morten.fredriksen@afry.com

Dato
25/02/2022
Prosjekt ID
23266

Rapport ID
Aursmoen – HYD01
Oppdragsgiver
Bakke Bolig Aurskog

Flomberegninger og flomtiltak ved Aursmoen

Sammendrag

Denne rapporten undersøker et flomutsatt bekkeinntak nord for Aursmoen i Aurskog-Høland kommune. Et større nedbørsfelt har avrenning til bekkeinntaket, som pr. dags dato ikke har kapasitet til å lede vannet ut i Finstadbekken, uten at det fører til flom ved større nedbørshendelser. Innenfor nedbørsfeltet er det planlagt en større utbygging, som kan påvirke flomsituasjonen. Flomberegninger er utført i henhold til NVE sin «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» og etter krav i TEK17.

Rapporten presenterer dagens situasjon, situasjon etter utbygging og utførte flomberegninger. Valgte metoder baserer seg på egnethet og tilgang til data. Det er gjennomført flomberegninger vha. tre velprøvde metoder for en 200 års-flom. Tabell 1 gir en oversikt over resultatene.

Tabell 1: Oppsummering resultater

Beregningsmetode	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	Q ₂₀ [m ³ /s]
Nasjonalt formelverk for små uregulerte felt (NIFS/NVE)	2,02	1,20
Nedbør-avløps modell (PQRUT)	3,10	2,30
Rasjonelle metode	8,20	5,71

For å håndtere vannmengdene, presenteres tre ulike forslag som flomforebyggende tiltak. Utblokkning av dagens ledning anbefales som løsning på flomutfordringene i området. I følge beregningene, vil en økning i ledningsdimensjon kunne håndtere 200-års hendelser.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
1 Bakgrunn og formål	4
1.1 Beskrivelse av nedbørsfeltet	4
1.2 Sesonginndeling av flom	8
1.3 Utbygging i Sentrumshagen	8
2 Beregningsmetoder	10
2.1 Flomfrekvensanalyser	10
2.1.1 Lokal flomfrekvensanalyse	10
2.1.2 Flomfrekvensanalyse for større felt (RFFA)	10
2.1.3 Regional flomfrekvensanalyse (NIFS)	10
2.2 Nedbør-avløpsanalyser	10
2.2.1 PQRUT-metoden	11
2.2.2 Den rasjonelle metode	11
3 Datagrunnlag	11
3.1 Målestasjoner	11
3.2 Nedbørsdata	11
3.3 Valg av klimafaktor	12
4 Beregningsresultater	12
4.1 Flomfrekvensanalyser	12
4.1.1 Regional flomanalyse (formelverket for små nedbørfelt, NIFS)	12
4.2 Nedbør-avløpsanalyser	13
4.2.1 PQRUT-metoden	13
4.2.2 Den rasjonelle metode	15
5 Konklusjon flomberegninger	16
5.1 Usikkerheter i beregninger	16
5.2 Resultater for beregninger	16
6 Tiltak	16
6.1 Utblokking	16
6.2 Terrengforandring	17
6.3 Nedtrapping	17
6.4 Foreslått løsning	18
7 Oppsummering	19
8 Referanser	20
9 Vedlegg	20

Figurliste

Tabell 1: Oppsummering resultater	1
Figur 1: Områdekart. Rød sirkel markerer flomutsatt bekkeinntak.....	4
Tabell 2: Oppsummering resultater	5
Figur 2: Omtrentlig nedslagsfelt for bekkeinntaket.....	5
Figur 3: Bilder fra befarings	6
Figur 4: Utsnitt av NVE sitt aktsomhetskart	6
Figur 5: VA-kart utsatt område	7
Figur 6: Eksempel sesonginndeling flom.....	8
Figur 7: Planlagt utbygging Sentrumshagen.....	9
Figur 8: IVF-kurve og verdier for Blindern, Oslo	12
Tabell 3: Resultater av flomberegning ved bruk av formelverket for små nedbørsfelt, NIFS12	
Figur 9: Resultater av flomberegning ved bruk av formelverket for små nedbørsfelt, NIFS	13
Tabell 4 - Parametre brukt i PQRUT	14
Figur 10: Flomforløp med PQRUT-metoden	14
Figur 11: Flomforløp med PQRUT-metoden (inkl. klimafaktor)	15
Tabell 5: Oppsummering resultater	16
Figur 12: Nedtrapping og fordrøyningsvolum	18

Revisjonsoversikt

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utført	Kontr.	Godkjent
00	25.02.2022	Oversendelse av VA-rammeplan til kommunen	OMF	EB	EB
01	29.04.2022	Endret beregninger vist i kapittel 1.1, 6.1 og 6.4 etter tilbakemelding fra Aurskog-Høland kommune	OMF	EB	EB

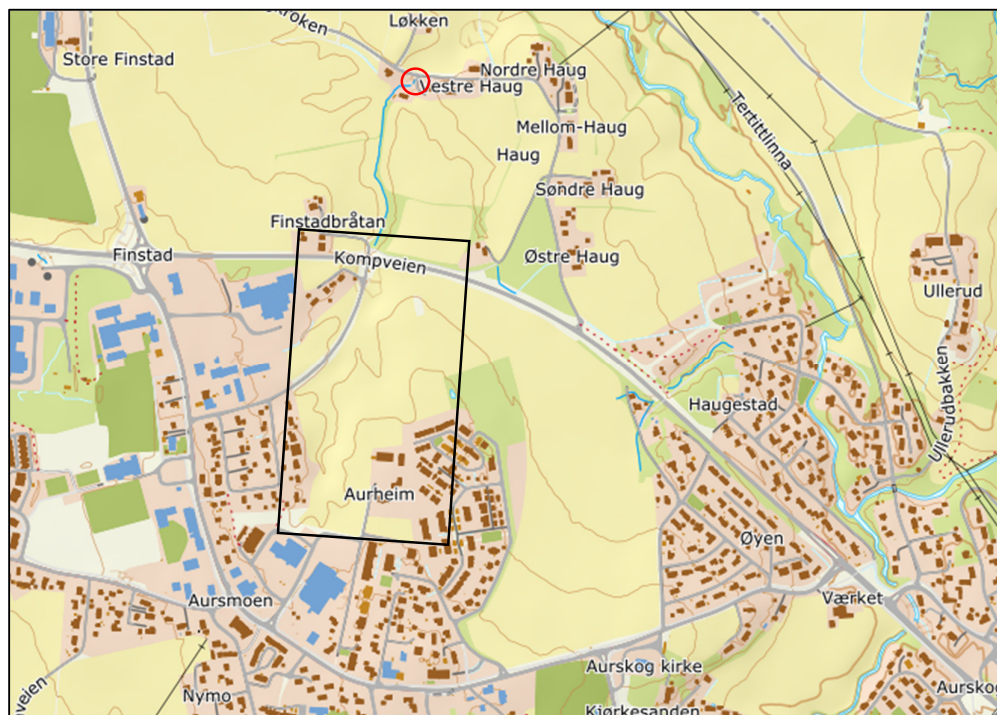
1 Bakgrunn og formål

AFRY er engasjert i forbindelse med utbygging av Sentrumshagen på Aursmoen, i Aurskog-Høland kommune. Flomutsatt bekkeinntak er tilknyttet Finstadbekken som ligger nord for Aursmoen.

Denne analysen har til formål å beregne en 200-årsflom, Q_{200} , ved et bekkeinntak mellom Aursmoen sentrum og Finstadbekken. En 200-årsflom med tilhørende klima- og sikkerhetsfaktor er dimensjonerende hendelse iht. N200 og TEK17. Flomberegninger er blitt gjennomført i henhold til formelverk og normer utarbeidet av NVE og SVV, spesielt brukt er *NVEs veileder for flomberegning i små uregulerte felt* ref.[3] og *Statens Vegvesen håndbok N200* ref. [4].

I forbindelse med utbyggingen av Aursmoen sentrum skal det gjøres en flomvurdering for et område nedstrøms utbyggingsområdet. Det utsatte området er oppsamlingspunkt for et stort nedslagsfelt, og rørene som skal lede vannet vekk er ikke dimensjonert for mengdene som tilføres. Utbygging av Sentrumshagen vil i noen grad påvirke avrenningen som ledes mot det utsatte området, ettersom at det ligger nedstrøms. Formålet er å vurdere flomsituasjonen, slik den er i dag og presentere anbefalte flomforebyggende tiltak. Hydrologiske analyser og vurderinger er gjennomført og blir nærmere beskrevet i denne rapporten.

Figur 1 viser utsatt område nord for utbyggingsområdet ved Aursmoen Sentrum. Svart firkant markerer området hvor utbyggingen av Sentrumshagen er planlagt.



Figur 1: Områdekart. Rød sirkel markerer flomutsatt bekkeinntak.

Ved flomhendelser samler vannet seg opp ved bekkeinntaket, ettersom at dimensjonen er for liten. Dette gjør blant annet beboere i området ikke kommer seg til og fra boligene sine.

1.1 Beskrivelse av nedbørsfeltet

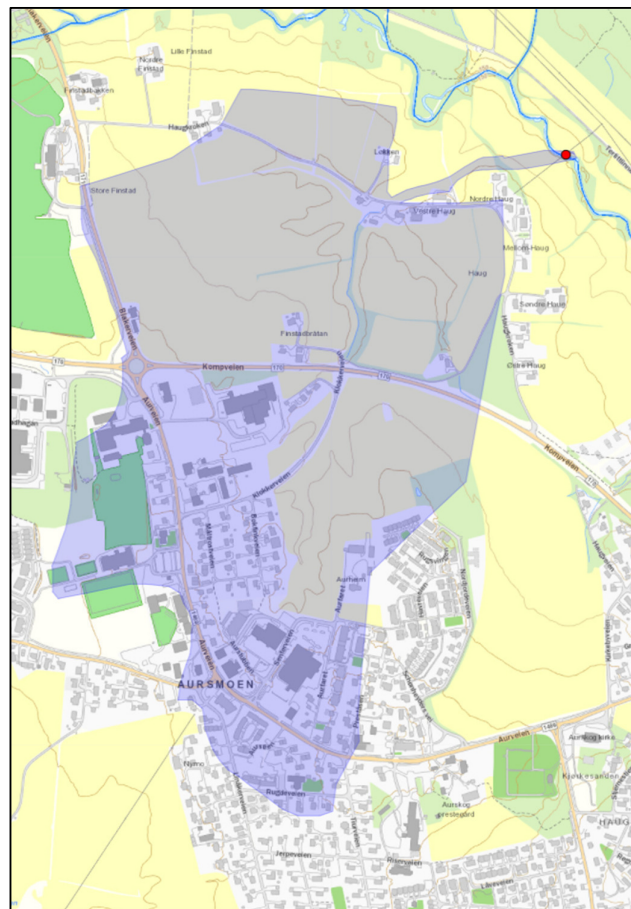
For å estimere størrelse på nedslagsfeltet til vassdraget, i tillegg til feltparametre innenfor gitt nedslagsfelt er NVEs interaktive verktøy NEVINA ref.[1] og Scalgo ref.[6] benyttet. Figur 2 illustrerer

nedslagsfeltet til vassdraget, dette er anslått til å være ca. 95,0 ha. Feltparametrene, som vannføringssindekser, areal, overflatetype, sjøareal m.m. er automatisk genererte og kvalitetssikres ved bruk av andre tjenester.

Det var ikke mulig å generere et automatisk nedslagsfelt fra NEVINA på grunn av at bekk fra Aursmoen og til bekkeinntaket ikke var registrert i NVE sitt elvenettverk (ELVIS). Derfor er det benyttet et areal på nedslagsfeltet lik 0,95 km², estimert ved bruk av NEVINA og SCALGO for videre beregninger.. Effektiv sjøprosent for feltet er lik null, øvrige feltparametre kan ses i *vedlegg 1 – flomparametre fra NEVINA*.

Tabell 2: Oppsummering resultater

Sted	Feltareal A [km ²]	Eff. Sjø ASE %	QN (61-90) l/s/kmN	Høydeintervall Moh.	Feltlengde LF km
	km ²	%	l/s//km ²	Moh.	km
Finstad	0,95	0,0	14.5	157-182	1,7



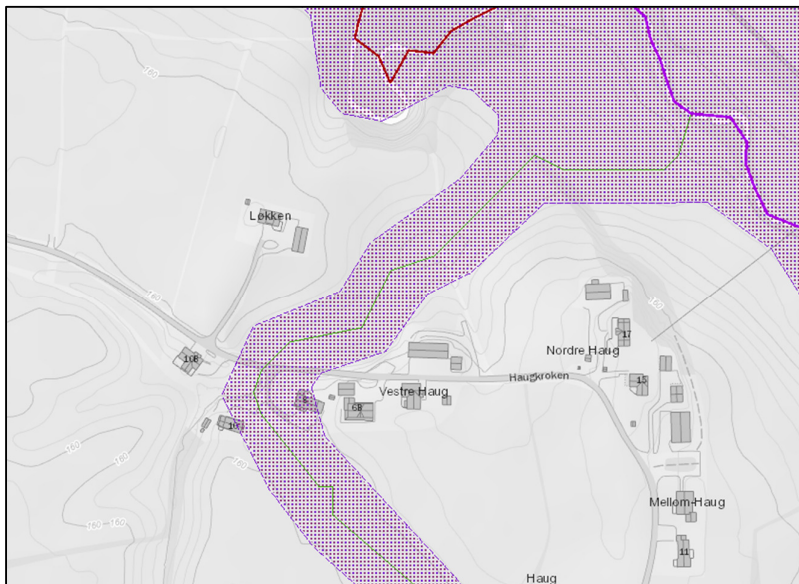
Figur 2: Omtrentlig nedslagsfelt for bekkeinntaket

09.11.21 gjennomførte AFRY befaring på området, med kontrollmåling av stikkledninger og sjekk av bekkeløp og avrenningsmønster.



Figur 3: Bilder fra befaring

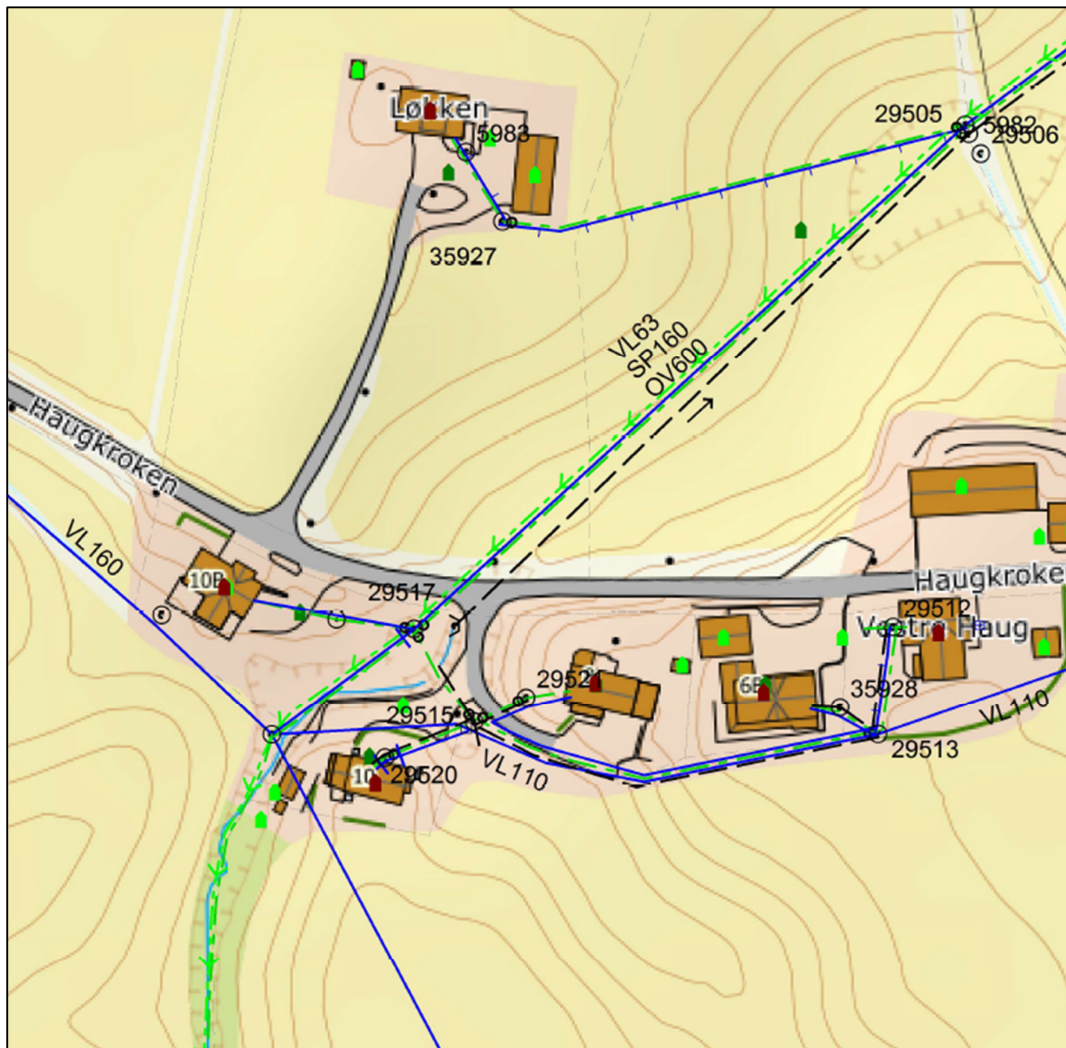
På dagen befaringen ble gjennomført, regnet det. Det var ikke store nedbørmengder, men det kom tydelig frem at bekkeinntaket sliter med kapasiteten. Kontrollmåling viser at ledningen er en Ø600 mm betongledning, slik det også er beskrevet i VA-kartet.



Figur 4: Utsnitt av NVE sitt aktsomhetskart

Som det kommer frem av NVE sitt flomaktsomhetskart (figur 4), er området innenfor aktsomhetssonen. Ifølge NVE er aktsomhetsområdene analysert fra en estimert vannstandsstigning i norske elver og inkluderer også et område på minimum 20 meter fra kant av elv. Som det kommer frem av figur 5, ser det ikke ut som at ledningen fra området og til Finstadbekken er hensyntatt i kartet. Videre ser det heller ikke ut som at bekken fra planområdet er inkludert. Dermed gir aktsomhetskartet en unøyaktig presentasjon av potensiell flomfare tilknyttet vannstandsstigning i Finstadbekken og de mindre tilhørende bekkene.

For å få en oversikt over ledningsnettets i området, ble det bestilt VA-kart fra Aurskog-Høland kommune (mottatt 11.11.21).

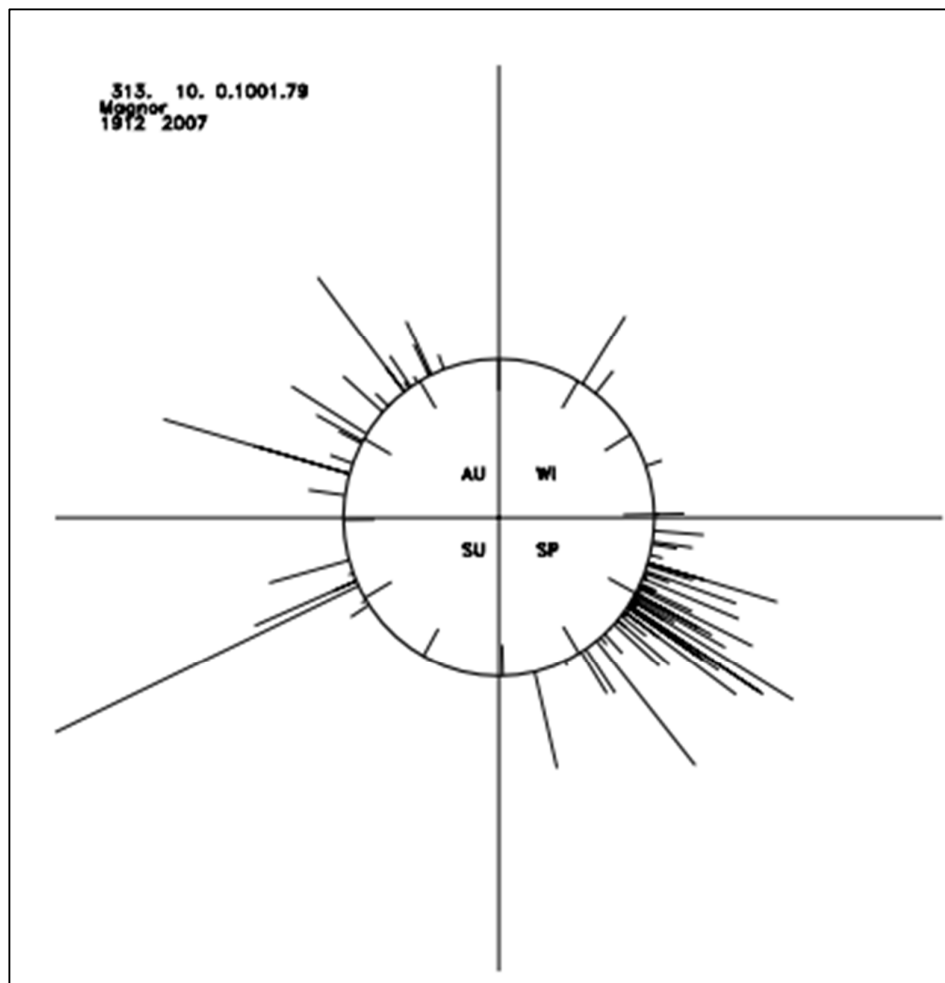


Figur 5: VA-kart utsatt område

Kapasitetsberegninger viser at eksisterende overvannsledning har en maksimal kapasitet på omtrent 710 l/s. Beregningene baserer seg på innmålinger utført av HF Anlegg og Skog 03.02.2022. Minste fall er mellom bekkeinntak (kum 35942) og kum 5982 som begynner seg på jordet mellom inntaket og utløpet. Fallet her er på 12‰, som blir utgangspunkt for kapasitetsberegningen. Eventuelle skader og slitasje på ledningen kan gjøre at kapasiteten er lavere enn 710 l/s.

1.2 Sesonginndeling av flom

I følge NVE-Rapport 3/2009: «Flomforhold i Sør- og Midt-Norge» [3], er det høstflommer som dominerer i de kystnære områdene, selv om det noen steder har vært store flommer både på vinteren og sommeren. Det er så å si aldri vårflokker i de kystnære vassdragene. Figuren under viser årlig fordeling av flommer over en viss terskelverdi for Magnor målestasjon som er et eksempel på slik felt.



Figur 6: Eksempel sesonginndeling flom

1.3 Utbygging i Sentrumshagen

Omtrent 11 ha. sentralt i nedbørsfeltet planlegges utbygging av jordet mellom Kompveien og Aursmoen sentrum.



Figur 7: Planlagt utbygging Sentrumshagen

I utgangspunktet tillater Aurskog-Høland et maksimalt utslipp på 1,5 l/s pr. daa, men i dette prosjektet er maksimalt utslipp satt til 0,3 l/s. Det vil si at maksimalt utslipp fra boligfeltet vil være på omtrent 33 l/s, om man legger til grunn et planområde på 110 daa.

Avrenning fra området slik det fremstår i dag, er beregnet til å være omtrent 580 l/s. Det vil si at situasjonen bedres ved en utbygging, med maksimalt utslipp på 33 l/s. Avrenningen håndteres lokalt innenfor planområdet ved hjelp av mye grøntareal og en bekk med terskler som skal bidra til å begrense hastigheten på vannet. Beregningene baserer seg på den rasjonelle metoden, hvor kun planområdet er inkludert. Utslipet styres ved hjelp av en regulator, som gjør at utslippet ikke overgår maksimal grense.

2 Beregningsmetoder

Det finnes mange ulike metoder som kan benyttes ved flomberegninger, men generelt kan metodene inndeles i to hovedgrupper: flomfrekvensanalyser og nedbør-avløpsanalyser.

Flomfrekvensanalyser kan utføres på observerte flomdata fra enkeltstasjoner, beregnede tilsigsserier eller eventuelt konstruerte dataserier. Flomfrekvensmetoden kan også benyttes til ulike typer av regionale flomfrekvensanalyser som utføres for et begrenset antall stasjoner i en liten region eller for et større antall stasjoner for et stort geografisk område.

Nedbør-avløpsmetoden bruker frekvensanalyser av nedbørdata som input. Nedbørverdiene (og eventuelt snøsmelteverdier) overføres så til flomverdier ved hjelp av hydrologiske modeller eller formler som for eksempel flommodulen i PQRUT eller den rasjonelle metoden.

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har utarbeidet retningslinjer for hvordan bestemmelser i "Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg" (damsikkerhetsforskriften) kan oppfylles. Retningslinjene gir en detaljert beskrivelse av anbefalt arbeidsgang ved beregning av vannføring under flommer på forskjellige nedbørsfelt med inntil 1000 års gjentakintervall. Ingen av metodene er feilsikker og resultater bør vurderes kritisk. NVE anbefaler at det brukes flere enn en metode ved beregning av flomvannføringer hvis mulig, ref. [5].

De overnevnte retningslinjene er i utgangspunktet ment for større felt ($>20 \text{ km}^2$), men kan brukes med forsiktighet for felt som er mindre. NVE har også utarbeidet en nyere veileder ref. [3] med fokus på flomberegninger i små felt, det er denne veilederen som i hovedsak blir benyttet her. Små felt er i veilederen definert opp til 50 km^2 .

2.1 Flomfrekvensanalyser

2.1.1 Lokal flomfrekvensanalyse

Metoden er ikke benyttet i dette tilfelle, ettersom at det kun er et mindre bekkeinntak som skal vurderes. Det foreligger ikke målinger av vannføring.

2.1.2 Flomfrekvensanalyse for større felt (RFFA)

Ikke aktuell for dette nedbørsfeltet ettersom at metoden ikke er anbefalt å bruke for felt $< 20 \text{ km}^2$.

2.1.3 Regional flomfrekvensanalyse (NIFS)

Der det ikke foreligger avrenningsmålinger kan flomvannføring også beregnes ved bruk av formelverk utviklet av NVE, «Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt» ref. [2]. Flomformlene uttrykker sammenhengen mellom flomstørrelse og visse feltparametre som karakteriserer avrenningen fra feltet. Metoden beregner middelflom Q_m ut fra midlere spesifikk avrenning q_m og skalerer opp til Q_T ved bruk av vekstkurver. Formelverket er basert på ett sett med ligninger for hele Norge. Dette formelverket er gyldig for vassdrag med nedslagsfelt opp til 53 km^2 .

Aktuelt feltareal er ca. $0,95 \text{ km}^2$, altså ble det valgt flomfrekvensanalyse for små felt, ettersom feltet ligger innenfor begges gyldighetsintervall.

2.2 Nedbør-avløpsanalyser

Det er to relativt kjente metoder for flomberegning, dette er nedbør-avløpsmetoden, kjent som PQRUT-metoden, og den rasjonelle metode.

2.2.1 PQRUT-metoden

PQRUT-modellen er en nedbør-avløpsmodell utviklet for flomberegninger med utgangspunkt i et fastlagt nedbørførløp. Flommodellen i PQRUT er en lineær karmodell, der avløpet antas å være proporsjonalt med nedbøren. Nedbørfeltet simuleres som et kar med to utløp som fører vann nedstrøms. Metoden anbefales brukt for nedslagsfelt A_{felt} : 1 – 200 km².

2.2.2 Den rasjonelle metode

Den rasjonelle metoden eller formel benyttes ofte til enkle overslag for dimensjonering i veldig små nedbørfelt. I metoden går det ut fra at det er lineær sammenheng mellom nedbørsmengde og avrenning. Nøyaktigheten av denne tilnærmingen avtar når avrenningsfeltet blir større, og metoden bør bare brukes på felt hvor arealet ikke overskrider noen få kvadratkilometer. Metoden er ifølge Statens vegvesen anbefalt å bruke for felt under 2 km².

Ettersom at feltet er omtrent 0,95 km², ligger det innenfor gyldighetsintervallet til SVV. Derfor er metoden benyttet i beregningene og sammenlignes med andre metoder.

3 Datagrunnlag

3.1 Målestasjoner

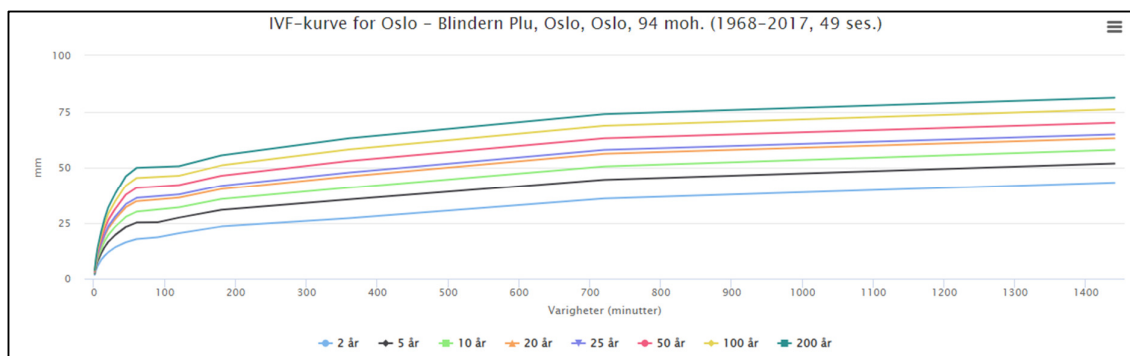
I forbindelse med bruk av regional flomfrekvensanalyse basert på empiriske formler er det nødvendig med informasjon om middelvannføring i vassdraget, i tillegg til feltparametre som nedbørsfelt, høydefordeling, effektivt sjøareal m.m. Informasjon om dette er tatt fra NVEs nettsider ref.[1] og ref.[2].

Fra måledata for stasjoner i denne delen av landet, antyder at vassdraget har maksimum vannføring på våren. Det er derfor benyttet flomformler for vårfloam ved bruk av metoden. Det er valgt å beregne vannføring for en 200-års flomhendelse iht. N200 og Plan- og bygningsloven.

3.2 Nedbørsdata

God nedbørsdata er nødvendig for å kunne beregne vannføring ved bruk av den rasjonelle metode og PQRUT-metoden.

Iht. gjeldende retningslinjer Aurskog-Høland kommune, skal IVF-verdier for Blindern, Oslo benyttes ved beregninger [7]. Avstanden fra aktuelt område og til målestasjonen gjør at verdiene trolig vil være noe ulike.



Gjentaksintervall (år)	IVF-verdier (l/(s*ha))															
	Varigheter (minutter)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	293,0	247,4	224,0	187,8	140,0	114,2	98,4	78,0	60,3	49,1	34,3	28,2	21,6	12,5	8,3	5,0
5	372,7	321,0	292,6	251,0	187,8	156,9	136,8	108,7	85,7	69,6	46,7	37,9	28,5	16,4	10,3	6,0
10	425,4	369,7	338,1	292,8	219,4	185,3	162,2	129,0	102,5	83,2	-	44,3	33,0	18,9	11,7	6,7
20	476,0	416,4	381,7	332,9	249,7	212,4	186,5	148,5	118,6	96,3	-	50,4	37,3	21,3	13,0	7,3
25	492,1	431,3	395,5	345,6	259,4	221,0	194,3	154,7	123,7	100,4	-	52,4	38,7	22,1	13,4	7,5
50	541,5	476,9	438,1	384,8	289,0	247,6	218,1	173,7	139,5	113,2	-	58,4	42,9	24,5	14,6	8,1
100	590,6	522,3	480,4	423,7	318,5	273,9	241,7	192,6	155,1	125,8	-	64,3	47,2	26,9	15,9	8,8
200	639,6	567,5	522,7	462,5	347,9	300,2	265,3	211,5	170,7	138,5	-	70,3	51,4	29,2	17,1	9,4

Figur 8: IVF-kurve og verdier for Blindern, Oslo

3.3 Valg av klimafaktor

I følge retningslinjene, skal klimafaktor 1,5 benyttes [7].

4 Beregningsresultater

Kulminasjonsvannføring for 200-årsflom i Finstadbekken ble beregnet ved bruk av metodene beskrevet i kapittel 2.

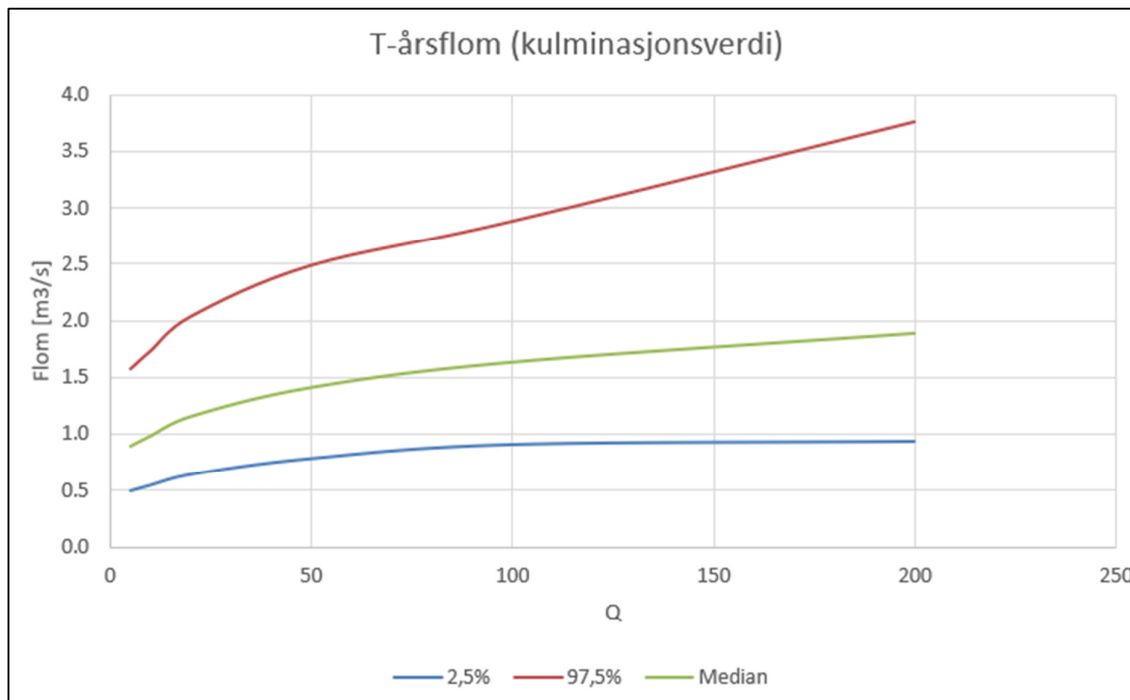
4.1 Flomfrekvensanalyser

4.1.1 Regional flomanalyse (formelverket for små nedbørfelt, NIFS)

Beregninger gjennomført med framgangsmåte anbefalt av NVE for felt < 50 km² (gyldig til 53 km²) iflg. ref. [3]. Gjennomførte beregninger med denne metoden gir en kulminasjonsvannføring **Q₂₀₀=2,0 m³/s**.

Tabell 3: Resultater av flomberegning ved bruk av formelverket for små nedbørfelt, NIFS

Sted	Areal	QM		Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200
		l/s/km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
97,5 % øvre grense				0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,0
Vassdraget/elva	0,95	45	0,46	1,0	1,1	1,2	1,5	1,7	2,0
2,5% nedre grense				1,7	1,9	2,2	2,7	3,1	4,0



Figur 9: Resultater av flomberegning ved bruk av formelverket for små nedbørfelt, NIFS

4.2 Nedbør-avløpsanalyser

Ved bruk av nedbør-avløpsmetoder omregnes nedbør i et gitt nedbørfelt til vannføring ved utløpet av feltet. Disse metodene krever beregning av konsentrasjonstiden til feltet. Konsentrasjonstiden til et nedbørfelt er, ifølge NVE, den tid det tar for vannet å bevege seg gjennom dreneringssystemet fra de fjerneste deler av feltet til utløpet. Estimering av konsentrasjonstid kan beregnes med forskjellige formler, for dette feltet to metoder fra SVV benyttet [3]. For den bebygde og planlagt utbygde delen, ble formel for konsentrasjonstid i urbane områder benyttet, mens for resten ble formel for naturlige felt benyttet. Total konsentrasjonstid ble beregnet til 60 min.

Dersom hele feltet skulle bli sett på som urbant, viser beregningene at konsentrasjonstiden trolig ligge på rundt 30 min. Om hele feltet hadde vært naturlig, viser beregningene at konsentrasjonstiden vil ligge på omtrent 220 min. For å hensynta det sammensatte nedbørfeltet, ble konsentrasjonstiden satt til 60 min. Dette fordi at en større andel av feltet anses som «urbant». Nøyaktig fastsettelse av konsentrasjonstiden

4.2.1 PQRUT-metoden

Flomvannføring modelleres ved bruk av nedbørs-avløpsmodell hvor avrenning fra et nedbørfelt bestemmes ved å løse uttrykket:

$$\frac{dh}{dt} = P - q \quad (1)$$

I uttrykket betegner dh/dt endring i vannmengden som magasineres innenfor nedbørfeltet pr. tidsenhet, P er input av vann fra nedbør og snø og q betegner avrenning fra feltet.

Nedbørens forløp gjennom hendelsen konstrueres i henhold til anbefaling gitt i [5], dvs. nedbøren fordeles symmetrisk omkring høyeste intensitet slik at akkumulert nedbørsmengde i sammenlignende tidspunkt svarer til aktuelt gjentaksintervall.

Avrenning fra feltet beregnes vha. Uttrykket:

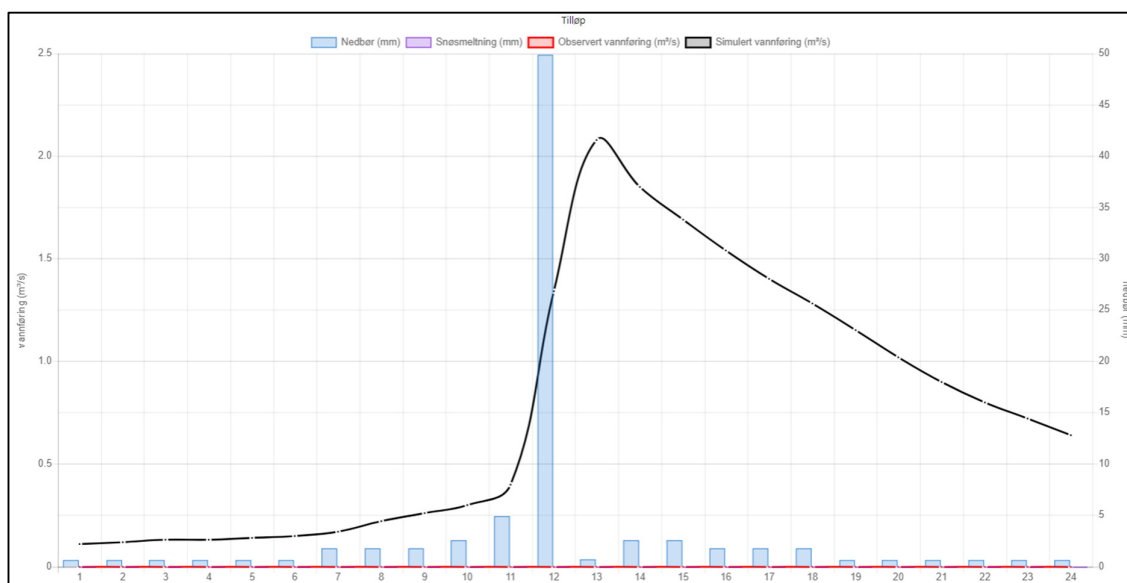
$$q = \begin{cases} k_2 \cdot h & \text{hvis } h \leq T \\ k_1(h - T) + K_2 \cdot T & \text{hvis } h > T \end{cases} \quad (2)$$

Hvor modellparametrene k_1 , k_2 og T bestemmes ved formlene i tabell 5.3 i [5]. Ligningssystemet er her løst ved bruk av NVEs åpne beregningsverktøy [6]. For initialtilstanden til feltet er det antatt en metningsgrad på 100%.

Tabell 4 - Parametre brukt i PQRUT

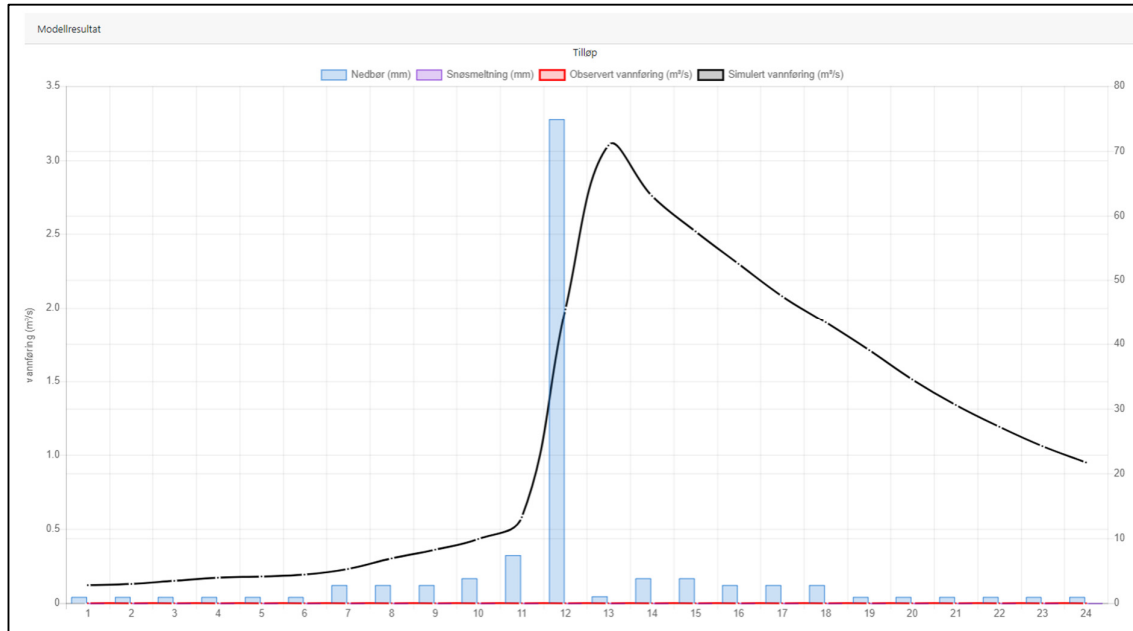
	A [km ²]	H25 [m]	H75 [m]	dH [m]	LF [km]	HL [m/km]	ASE %	qN [l/skm ²]	K1 [1/h]	K2 [1/h]	T [mm]
Bekkeinntak	0,95	162,5	174,5	25	1,7	7,0	0	42	0,147	0,038	8,94

Beregninger gjennomført med PQRUT-metoden er vist i figur 10 og figur 11. Dette er gjort vha. NVEs interaktive hjelpemiddel, ref.[6].



Figur 10: Flomforløp med PQRUT-metoden

Kulminasjonsvannføringen med denne metoden gir $Q_{200}=2,08 \text{ m}^3/\text{s}$ (uten klimafaktor).



Figur 11: Flomforløp med PQRUT-metoden (inkl. klimafaktor)

Kulminasjonsvannføringen med denne metoden med klimafaktor gir $Q_{200}=3,10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Samme beregninger er utført for 20-års hendelse. $Q_{20}= 2,30 \text{ m}^3/\text{s}$ (inkl. klimafaktor).

4.2.2 Den rasjonelle metoden

Parametrene som inngår i metoden er nedbørfeltets areal (A), nedbørintensitet (i) ved gitt gjentakperiode, som antas å være jevnt fordelt over hele nedbørsfeltet, og avrenningsfaktoren (C) som avhenger av overflatens sammensetning.

$$Q = \varphi * I * A * K \quad (3)$$

Hvor φ = avrenningskoeffisient (midlere)
 I = nedbørintensitet [$\text{l/s} \cdot \text{ha}$]
 A = Areal på nedslagsfelt [ha]
 K = Klimafaktor

Total areal	95.0000 ha	Delareal (ha)	Delareal (m ²)	Type flate	Avrenningskoeffisient
		0.000	0	Vanlig tak	0.85
Midlere avrenningskoeff.	0.41 -	28.310	283100	Urbant	0.85
		0.000	0	Granittbelegg	0.80
		0.000	0	Grus	0.55
		0.000	0	Grønt tak	0.50
Redusert areal	39.2350 ha	16.435	164350	Plen	0.30
		48.355	483550	Jordbruk	0.20
		1.900	19000	Skogbunn	0.30
		0.000	0	Regnbed	0.30
Klimafaktor*	1.5 *fyll inn	0.000	0	Vannspeil	0.00

Beregninger med den rasjonelle metode gir $Q_{200}=8,20 \text{ m}^3/\text{s}$. Her det beregnet en avrenningsfaktor $C = 0,41$ ut ifra delarealene som er hentet fra NEVINA. For å beregne flomvannsføring, benyttes også her returperiode på 200 år og en varighet på 60 min.

Varigheten tilsvarer konsentrasjonstiden, og er for dette feltet usikker. Blant annet fordi deler av nedbørsfeltet går som «urbant» mens andre deler går som naturlig. Dette gjør at det benyttes to ulike formler for beregning av konsentrasjonstid, som medfører høyere usikkerhet.

I følge NVE er den rasjonelle metode basert på «direkte sammenheng mellom nedbør og avrenning og vil gi et svært enkelt overslag av kulminasjonsvannføringen.» Det er også knyttet en del usikkerhet til formelen. Dette innebærer blant annet at avrenningsfaktoren er konstant gjennom hele nedbørshendelsen. Det vil si at den ikke tar hensyn til at grunnen kan bli vannmettet underveis. Videre avhenger den av subjektive og skjønnsmessige vurderinger iht. avrenningskoeffisienter.

5 Konklusjon flomberegninger

5.1 Usikkerheter i beregninger

Generelt er det knyttet relativt høy usikkerhet til flomberegninger. Spesielt når det ikke foreligger vannføringsmålinger i aktuell bekk. Det er derfor benyttet flere beregningsmetoder, slik at de ulike resultatene kan sammenlignes og dermed benytte seg av de resultatene som virker mest sannsynlige.

5.2 Resultater for beregninger

Beregnete flomvannsføringer inkludert klima- og sikkerhetsfaktor er som følger:

Tabell 5: Oppsummering resultater

Beregningsmetode	Q_{200} [m^3/s]	Q_{20} [m^3/s]
Nasjonalt formelverk for små uregulerte felt (NIFS/NVE)	2,22	1,36
Nedbør-avløps modell (PQRUT)	3,10	2,30
Rasjonelle metode	8,20	5,71

Tabell 5 viser at nedbør-avløpsmodellen gir den laveste flomverdien, etterfulgt av nasjonalt formelverk for små uregulerte felt (NIFS) og den rasjonelle metode. For videre vurderinger benyttes resultatet fra PQRUT-metoden, ettersom at det er denne metoden som er ansett som det mest nøyaktige resultatet. Ettersom at den rasjonelle metoden resulterer i en verdi som ligger langt over de andre og innebærer mye usikkerhet, ses den vekk ifra i denne sammenheng. Resultatet blir da **3,1 m^3/s** .

6 Tiltak

For å forhindre flom i området kan ulike tiltak gjøres. Dette kapittelet presenterer tre ulike tiltak, samt fordeler og ulemper med de ulike tiltakene.

6.1 Utblokking

Et tiltak kan være utblokking av OV-ledningen, som leder vannet fra flomområdet og til Finstadbekken. Denne NoDig-metoden kan bidra til å øke dimensjonen til Ø1000 mm. Dette kan bidra til å øke kapasiteten med ca. 3100 l/s sammenlignet med dagens Ø600 overvannsledning. Gjennomførte beregninger viser at dagens kapasitet med OV 600BET ledning er på omtrent 0,71 m^3/s , mens en

utblokking med økning til 1000PE, kan øke kapasiteten med 3,1 m³/s, til 3,83 m³/s. Det er da tatt utgangspunkt i et fall på 12‰ og at nytt ledningsmateriale er PE.

Om det tas utgangspunkt i Q₂₀ lik 2,30 m³/s og Q₂₀₀ lik 3,10 m³/s, vil en økning til Ø1000 være tilstrekkelig for å håndtere begge tilfeller. Utblokking anses som det rimeligste tiltaket, og det tiltaket som vil ha minst påvirkning på omkringliggende områder.

Ved en eventuell utblokking kan det videre være aktuelt å flytte inntaket noe lenger vest, dvs. vekk fra innkjørselen til husene. Samtidig kan det da graves ut et område like foran innløpet. I tillegg kan fjerning av trær og busker ved innløpet bidra til å føre mindre blader og kvister som forhindrer vannet i å renne til innløpet og som kan sette seg fast inne i ledningen. Fra befaringen kom det frem at dette er et problem per dags dato. En utfordring med dette er at det må gjøres inngrep på privat eiendom.

En av fordelene med utblokking, er at dette er en kjent og effektiv metode for å skifte ut gamle rør på og det kan benyttes på betongrør. Det ytre miljøet på virkes i liten grad, er det en rask og miljøvennlig metode. I dette tilfellet er det i hovedsak det jordbruk som påvirkes. Noe som i liten grad påvirkes ved utblokking, ettersom at bakken ikke graves opp. Utblokking utføres på forholdsvis kort tid, gjerne mellom 100 og 200 meter per dag.

Det er midlertidig noen utfordringer med metoden. For det første kan ikke dimensjonen være større enn Ø1000mm med dagens metoder. Videre vil utblokking i hovedsak skje oppover. Altså at bunn ledning vil forbli på omtrent samme terrengnivå som eksisterende ledning. I følge VA-kartet er det i midlertidig ingen kryssende ledninger som kan skape utfordringer med dette.

6.2 Terrengforandring

I dette alternativet er det sett på området nord for flomområdet/ bekkeinntaket. Forslaget tar utgangspunkt i å endre terrenget ved å senke det, slik at vannet enklere kan føres over jordene og ut i Finstadbekken. Terrenget formes som en «dal» uten bratte sider, som skal lede vannet fra vekk fra utsatt område. Nærmere undersøkelser må til for å kunne fastslå optimal trasé for en slik løsning.

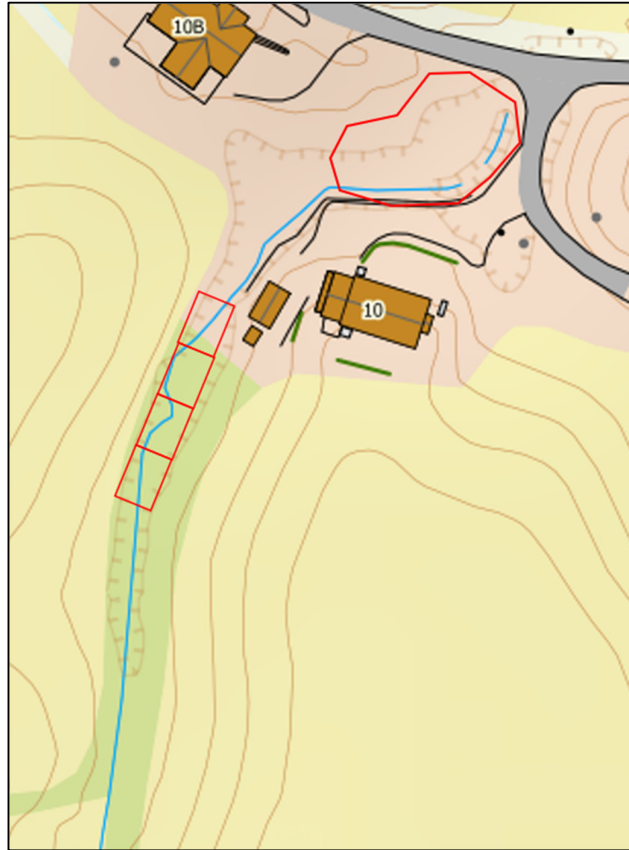
Fordelen med dette alternativet, er at det nærmest har ubegrenset kapasitet. Spesielt ved flomhendelser, der ledninger ikke har tilstrekkelig kapasitet til å lede vekk vannmengdene som tilføres. Videre vil en slik løsning trolig påvirke bebyggelse og veier området i liten grad.

Ulempen med dette alternativet, er at det krever store inngrep. Det vil trolig bli nødvendig å flytte forholdsvis store masser, noe som blant annet vil påvirke jordbruket. Jordbruket vil også miste noe areal, som da benyttes som bekk. Tiltaket blir trolig kostbart og vil påvirke flere eiendommer.

6.3 Nedtrapping

Et tredje forslag, baserer seg på en nedtrapping mot flomområdet i sør. Da legges det inn magasiner med terskler mellom, som kan fordrøye og forsinke store vannmengder før de når flomområdet. En slik løsning vil da begrense hastigheten og fordrøye store mengder vann.

I tillegg til nedtrappingen, legges det inn et volum like foran bekkeinntaket for å kunne fordrøye vann også her. Ved å gjøre plass til fordrøyningsvolum her, må det fjernes trær og busker. Dette kan bidra til å minske kvister og lignende som kan sette seg fast i inntak og rør, som hindrer vannet. På befaringen kom det frem at kvister ol. kan være et problem.



Figur 12: Nedtrapping og fordrøyningsvolum

En utfordring med dette tiltaket, er at det ikke klarer å håndtere alle mengdene som tilføres. Det vil være med å bedre situasjonen sammenlignet med i dag, men den vil ikke klare å løse hele problematikken. Videre medfører den store inngrep i naturen, som vil påvirke både bekken og jordbruksområdene rundt. Større inngrep som dette, er antatt å bli kostbart og anleggsarbeidene vil påvirke jordbruket. Det vil også påvirke privat eiendom ved bekkeinntaket.

6.4 Foreslått løsning

Ettersom at en utblokking av ledningen vil være tilstrekkelig for å håndtere både 20- og 200-års hendelser, foreslås denne løsningen, sammen med en fjerning av trær og busker like foran bekkeinntaket. En ny ledning er forventet å kunne ha en kapasitet på 3,83 m³/s.

Hovedgrunnen til at det er denne løsningen som foreslås, er at den anses som kostnadseffektiv og at den krever lite naturinngrep og dermed påvirker jordbruk og privat eiendom i liten grad, sammenlignet med de andre løsningene. Dersom man kun går for terrengforandring, vil det måtte gjøres enda mer omfattende arbeid, ettersom at det må ned til et lavere terrengnivå for å lede vannet videre fra der bekkeinntaket er i dag.

Ettersom at utblokkingen i hovedsak skjer oppover, må det sjekkes at dybden er tilstrekkelig for en eventuell nedsenking av terrenget. Dette må gjøres for å forhindre at terrenget må senkes helt ned til overvannsledningen.

7 Oppsummering

I dette notatet er et utsatt bekkeinntak og flomområde ved Vestre Haug nord for Aursmoen undersøkt. Det aktuelle området har ved flere anledninger stått under vann, noe som hindrer fremkomst langs Haugkroken og innkjøring til to eneboliger.

Nedbørsfeltet som tilhører dette området er på omtrent 95 ha. Deler av dette er avsatt til utbygging av Sentrumshagen. Maksimalt utslipp fra feltet er satt til 0,3 l/s pr. da, som tilsvarer omtrent 33 l/s. Som det fremkommer i rapporten, vil utbyggingen bidra til å minske avrenningen, som videre fører til at vannmengdene som føres mot bekkeinntaket blir mindre sammenlignet med dagens situasjon. Totalt er det beregnet at utslippet vil reduseres med omtrent 415 l/s ved en utbygging av dette området.

I dag er det en Ø600 overvannsledning som leder vannet fra bekkeinntaket og ut i Finstadbekken lenger nord. Denne ledningen har ikke kapasitet til å håndtere all avrenningen som føres til inntaket. Derfor må det settes inn flomforebyggende tiltak. Dette notatet fremlegger tre ulike tiltak, hvor en foreslått løsning presenteres. Løsningen skal minimere skader på infrastruktur i flomområdet og sikre fremkomst til boligene som i dag mister det ved flom.

Foreslått løsning innebærer utblokking av eksisterende ledning, som gjør at dimensjonen økes til 1000 mm. I følge beregningene har en slik ledning kapasitet til å håndtere nedbørshendelser med gjentaksintervall opptil 200 år. Derfor anbefales utblokking som hovedløsning. I tillegg bør det vurderes å fjerne busker og trær foran bekkeinntaket.

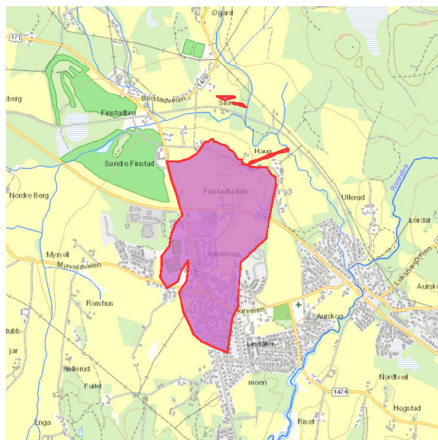
AFRY er gjort kjent med at det foregår planer om utbygging for en eiendom vest for prosjektet Sentrumshagen. Det presiseres at utarbeidet flomrapport ikke hensyntar eventuell økning i avrenning fra denne utbyggingen. Avrenningsmengde ved 200-års hendelse, inkludert klimafaktor, må fremlegges fra utbygger av tilstøtende eiendom slik at tiltak for Finstadbekken etableres i tilstrekkelig omfang samt at kostander kan fordeles mellom påvirkende og ansvarlige aktører.

8 Referanser

- [1] NVE, NEVINA, 2020. Data hentet fra websiden <http://nevina.nve.no/>
- [2] NVE, REGINE (register over nedbørfelt), 2020. Data hentet fra NVEs kartportal: <https://www.nve.no/karttjenester/kartdata/vassdragsdata/nedborfelt-regine/>
- [3] NVE, 2015. Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. NVE veileder 7-2015
- [4] Statens Vegvesen, 2018. Håndbok N200 (Vegbygging)
- [5] NVE, 2011. Retningslinjer for flomberegninger. NVE rapport 04/2011
- [6] SCALGO, 2022. Data hentet fra websiden <https://scalgo.com/>
- [7] Retningslinjer for overvannshåndtering for kommunene Lørenskog, Rælingen og Skedsmo, 2017.

9 Vedlegg

1. Feltparametre hentet fra NEVINA



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
 Kartdatum: EUREF89 WGS84
 Projeksjon: UTM 33N
 Beregn.punkt: 301903 E
 6649827 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametre er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Feltparametre	
Areal (A)	0.95 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	-999 %
Elveleengde (E _L)	-999 km
Elvegradient (E _G)	-999 m/km
Elvegradient 1085 (E _{G,1085})	-999 m/km
Helning	1.4 ‰
Dreneringstetthet (D _T)	-999 km ⁻¹
Feltleengde (F _L)	1.7 km

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyretet mark (A _{JORD})	50.9 %
Myr (A _{MYR})	0 %
Leire (A _{LEIRE})	99.0 %
Skog (A _{SKOG})	2.0 %
Sjø (A _{SJØ})	0 %
Snauvfjell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	29.8 %
Uklassifisert areal (A _{RESST})	17.3 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	157 m
Høyde ₁₀	160 m
Høyde ₂₅	162.5 m
Høyde ₅₀	169 m
Høyde ₇₅	174.5 m
Høyde _{MAX}	182 m

Klima- /hydrologiske parametre	
Avrenning 1961-90 (Q ₁₄)	14.5 l/s*km ²
Nedbør juni	67 mm
Nedbør juli	73 mm
Regn og snøsmelting mai	63 mm
Regn og snøsmelting juni	70 mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	63 mm
Regn og snøsmelting november	61 mm
Temperatur februar	-6.6 °C
Temperatur mars	-2.3 °C