



OsloMet – Storbyuniversitetet

Institutt for Bygg- og energiteknikk - Bygg
Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo
Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

GRUPPE NR. 6

TILGJENGELIGHET Åpen

Telefon: 67 23 50 00

www.hioa.no

BACHELOROPPGAVE

BACHELOROPPGAVENS TITTEL Flomveger og flomplanlegging i Hamar	DATO 16.05.18
	ANTALL SIDER / ANTALL VEDLEGG 53/3
FORFATTER Thea Caroline Granhus	VEILEDER Lasse Arnesen

UTFØRT I SAMARBEID MED Avdeling for vann, avløp og renovasjon, Hamar Kommune	KONTAKTPERSON Kari Svelle Reistad
---	--

SAMMENDRAG I dag opplever vi at flom og overvann er et økende problem i samfunnet, som en konsekvens av urbanisering og klimaendringer. Det blir derfor viktigere å tilrettelegge og planlegge for disse utfordringene i framtiden. Denne rapporten tar opp problemstillinger som omhandler flomveger, overvann og planlegging for de økende utfordringene samfunnet møter. Hensikten med denne rapporten er å bestemme en flomveg fra boligområdet Vold-Lund i Hamar til Mjøsa og hvilke tiltak som må gjennomføres for at dette skal fungere. I tillegg er det vurdert og prøvd ut nye metoder for å planlegge for flomveger gjennom modellering av flomveger i QGIS. Gjennom vurderinger av mulige flomveger, ble det konkludert med at den mest hensiktsmessige flomvegen fra Vold-Lund er fylkesveg 74, Vognvegen. For at denne vegen skal kunne brukes som flomveg må det gjennomføres tiltak for å øke sikkerheten, øke kapasiteten og sørge for at vannet renner i riktig retning. De foreslåtte tiltakene ble testet gjennom en modell i QGIS. Dette ble gjort for å undersøke om tiltakene ville lede vannet i ønsket retning og om modellen er et godt planleggingsverktøy for senere. Bruken av modellen var vellykket. Den viste den nye ruten til vannet med tiltak, og vil kunne brukes til planlegging av flomveger ved senere anledninger med visse forutsetninger.
--

3 STIKKORD
Flomveg
Overvann
Planlegging

FORORD

Denne rapporten er avsluttende hovedprosjekt på bachelorstudiet i ingeniørfag – bygg, teknisk planlegging ved Oslo Met. Rapporten er utarbeidet i samarbeid med avdeling for vann, avløp og renovasjon i Hamar Kommune.

Med et klima i endring og økende urbanisering opplever vi i dag at behovet for håndtering av overvann endrer seg. Det stilles høyere krav til samfunnet for å planlegge og tilrettelegge for de nye utfordringene. Dette har gitt et økt fokus på overvann hos Hamar Kommune, som ønsker å gjøre utbedringer.

Rapporten tar for seg utfordringer i Hamar med å etablere tiltak som skal redusere skader og ulemper ved hendelser med uforutsette mengder vann. Utgangspunktet er at avrenningen forventes å øke da Hamar opplever urbanisering og fortetning i byen. I denne rapporten blir det gitt forslag til utbedringer som kan gjennomføres for å forbedre forholdene.

Arbeidet med oppgaven har ført meg gjennom utallige rapporter, saksdokumenter og litteratur for å kunne skape et grunnlag for rapporten. Disse har igjen ført meg gjennom temaer og problemstillinger jeg ikke hadde hørt om tidligere og lært meg mye nytt. Oppgaven har ikke bare gitt meg større innsikt innenfor fagfeltet, men også økt min egen interesse på området.

Jeg vil takke avdeling for vann, avløp og renovasjon i Hamar Kommune for veiledning, hjelp med oppgaven og kontorplass. Spesielt takk til Kari Svelle Reistad som veileder og Stig Aage Melve for hjelp med modellering.

Takk til veilederen min ved Oslo Met, Lasse Arnesen, for gode tilbakemeldinger og oppmuntring gjennom prosessen.

INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord	1
Innholdsfortegnelse	2
Sammendrag	4
Abstract	5
Lister	6
<i>Ordliste</i>	6
<i>Figurliste</i>	7
<i>Tabelliste</i>	8
1 Innledning	9
1.1 <i>Bakgrunn</i>	9
1.1.1 Klimaendringer.....	9
1.1.2 Overvann.....	9
1.2 <i>Dagens situasjon</i>	11
1.2.1 Tidligere rapporter.....	12
1.2.2 Grunnforhold.....	13
1.2.3 Forhold nedstrøms for feltet.....	13
1.3 <i>Problemstilling</i>	14
1.4 <i>Avgrensninger</i>	14
1.5 <i>Mål og hensikt</i>	15
2 Teori	15
2.1 <i>Overvannshåndtering</i>	15
2.2 <i>Treleddsstrategien</i>	15
2.2.1 Trinn 1.....	15
2.2.2 Trinn 2.....	17
2.2.3 Trinn 3.....	18
2.3 <i>Flom</i>	19
2.4 <i>Sikkerhet ved flom</i>	19
2.5 <i>Flomveger</i>	20
2.6 <i>Utforming av flomveger</i>	21
2.6.1 Utforming av veg.....	21
2.6.2 Kantstein.....	22
2.6.3 Rundkjøring.....	22
2.6.4 Fortau.....	23
2.6.5 Høybrekk.....	23
2.6.6 Dekke.....	24
2.7 <i>Vannkvalitet</i>	24
2.8 <i>Hamar kommune sin strategi</i>	24

2.9	<i>Dimensjonering</i>	25
2.9.1	Den rasjonelle formelen	25
2.9.2	Mannings formel.....	26
3	Tidligere gjennomførte prosjekter	27
3.1	<i>Winnipeg, Canada</i>	27
3.2	<i>Tokyo, Japan</i>	29
3.3	<i>Florida, USA</i>	30
3.4	«Framtidens byer».....	31
3.4.1	Flomveger i Skien og Porsgrunn.....	32
4	Beregningsmetode	32
4.1	<i>Kartverket sin modell</i>	32
4.2	<i>Ny modell</i>	33
5	Metode	35
5.1	<i>Kvalitativ metode</i>	35
5.2	<i>Kvantitativ metode</i>	35
5.3	<i>Blandet metode</i>	35
5.4	<i>Valg av metode</i>	35
5.5	<i>Refleksjon og kvalitetssikring</i>	36
5.5.1	Kildekritikk.....	36
5.5.2	Reliabilitet	36
5.5.3	Generalisering.....	37
6	Resultater og diskusjon	37
6.1	<i>Flomvegen</i>	37
6.1.1	Valg av løp til flomvegen	39
6.1.2	Kritiske punkter	40
6.1.3	Generelle utbedringer	45
6.2	<i>Modell av valgt flomveg</i>	46
6.2.1	Generering av modellen	46
6.2.2	Tiltak	47
6.2.3	Resultater.....	48
6.2.4	Usikkerhet.....	49
7	Konklusjon	50
7.1	<i>Flomvegen</i>	50
7.2	<i>Modell av valgt flomveg</i>	51
8	Før videre arbeid	51
9	Referanser	51
	Vedlegg	A

SAMMENDRAG

I dag opplever vi at flom og overvann er et økende problem i samfunnet, som en konsekvens av urbanisering og klimaendringer. Det blir derfor viktigere å tilrettelegge og planlegge for disse utfordringene i framtiden. Denne rapporten tar opp problemstillinger som omhandler flomveger, overvann og planlegging for de økende utfordringene samfunnet møter.

Hensikten med denne rapporten er å bestemme en flomveg fra boligområdet Vold-Lund i Hamar til Mjøsa og hvilke tiltak som må gjennomføres for at dette skal fungere. I tillegg er det vurdert og prøvd ut nye metoder for å planlegge for flomveger gjennom modellering av flomveger i QGIS.

For å få et mest mulig nyansert bilde av problemstillingen var det i denne rapporten hensiktsmessig å bruke en blandet metode. Informasjon har blitt innhentet gjennom blant annet bruk av beregninger, modeller, befaringer og litteratursøk. Sammen har disse metodene gitt bakgrunn for å kunne gi en tilfredsstillende analyse av problemstillingene og en troverdig konklusjon.

Gjennom vurderinger av mulige flomveger, ble det konkludert med at den mest hensiktsmessige flomvegen fra Vold-Lund er fylkesveg 74, Vognvegen. For at denne vegen skal kunne brukes som flomveg må det gjennomføres tiltak for å øke sikkerheten, øke kapasiteten og sørge for at vannet renner i riktig retning.

De foreslåtte tiltakene ble testet gjennom en modell i QGIS. Dette ble gjort for å undersøke om tiltakene ville lede vannet i ønsket retning og om modellen er et godt planleggingsverktøy for senere. Bruken av modellen var vellykket. Den viste den nye ruten til vannet med tiltak, og vil kunne brukes til planlegging av flomveger ved senere anledninger med visse forutsetninger.

ABSTRACT

As a consequence of urbanization and climate change flooding and urban runoff is an increasing problem in our society. Therefore, in the future measures has to be taken to handle problems regarding increasing amounts of water. This report presents problems regarding flooding, urban runoff and planning towards these challenges in the future.

The scope of this report is to present a route for the flood water from the residential area Vold-Lund in Hamar to the recipient Mjøsa and measures that has to be taken for this route to work as desired. In addition a model in QGIS has been used to try out new ways to plan for flooding in the future.

In this report a mixed method is used in order to evaluate the problem to be addressed. Through calculations, computer models, inspections and litterateur search valuable information has been gathered for this report. This information has given a foundation to answer the challenges in this particular report and to give a contemplated conclusion.

Throughout careful considerations a route for the flood water down road 74, Vognvegen, was concluded to be the best for this particular situation. In order for this route to lead the water in the correct direction, have high measures of safety and to increase the capacity measures has to be taken.

QGIS was used to check if the proposed measures would be effective of leading the water in the correct direction. The model gave a foundation to conclude if QGIS is an effective tool to plan for flooding in the future. In this situation the model showed to be a good method of planning for floods and urban runoff. The model could be used to plan for different areas in the future, but do have some limitations.

LISTER

ORDLISTE

Ord/uttrykk	Forklaring
Blå-grønn løsning	Overvannsløsning hvor vannet brukes som en del av utemiljøet i håndteringen
Dreneringslinje	Traseen vannet naturlig tar ved nedbør og snøsmelting
Flomveg	Veien vannet følger når mengden vann er større enn hva overvannsløsninger kan håndtere
Fordrøyning	Midlertidig tilbakeholdelse av overvann
Infiltrasjon	Vann som trenger ned gjennom jordoverflaten
IVF - kurve	Intensitet – varighet – frekvenskurve for nedbør
KDP	Kommunedelplan
LOD	Lokal overvannsdiskonponering
Oppkomme	Underjordisk vannåre der vann strømmer opp
Overvann	Vann som renner på overflaten
Påslippspunkt	Hvor vannet kan renne ned i ledningsnett
Resipient	En fellesbetegnelse på en vannkilde som mottar vann, i dette tilfellet forurenset vann. Dette kan omfatte innsjø, bekk, elv, hav, myr eller lignende
Stikkrenne	En undergang som leder vannet under for eksempel veier
VAR	Vann, avløp og renovasjon. I dette tilfellet avdeling for vann, avløp og renovasjon i Hamar Kommune

FIGURLISTE

Figur 1 Avrenning i ulike bebyggelsesområder (SINTEF Byggforsk, 2012).....	10
Figur 2 Utbyggingsområdet Vold-Lund, påslippspunktet markert i rødt (Google Maps, 2018).....	11
Figur 3 Infiltrasjonsevnen til grunnen i området Vold-Lund (Norges Geologiske Undersøkelse, 2017)	13
Figur 4 Belegningsstein med åpne fuger for infiltrasjon i Bjørvika, Oslo.....	16
Figur 5 Eksempel på regnbed fra Nasenparken på Fornebu	17
Figur 6 Eksempler på to typer fordrøyningsbasseng på Fornebu	18
Figur 7 Sammenhengen mellom dybde, vannhastighet og fare for mennesker ved flom (Defra, 2014)21	
Figur 8 Rundkjøring med åpning i midten (Ræstad, 2014)	22
Figur 9 Kunstig høybrekk i Porsgrunn Kommune (Krogstad, 2018).....	23
Figur 10 Noen verdier for avrenningskoeffisienten (Bergen Kommune, 2005).....	26
Figur 11 Red River med flomløpet rundt Winnipeg (Water Technology, 2018).....	28
Figur 12 Innløpskontrollen til Red River Floodway (Manitoba Floodway Authority, 2018).....	28
Figur 13 Hvelvet utenfor Tokyo (Tabuchi, 2017)	29
Figur 14 Fordrøyningsdam i 3 nivåer	31
Figur 15 Tiltak med kantstein i Porsgrunn (Krogstad, 2018)	32
Figur 16 Naturlige flomveger i Hamar fra Kartverket sitt flomkart. Påslippspunktet er markert i rødt (Kartverket, 2016a)	38
Figur 17 Ønsket flomveg fra Vold-Lund til resipienten (Google Maps, 2018).....	40
Figur 18 Påslippspunktet til flomvegen fra Vold-Lund etter at utbyggingen er ferdig markert i rødt. Blå linjer er dagens vannvei (Kartverket, 2016a).....	41
Figur 19 Tiltak vist i rødt og ønsket vannvei i krysset Aluvegen/Olav Aukrusts veg med pil. Blå linje er dagens vannvei (Kartverket, 2016a)	42
Figur 20 Tiltak vist i rødt og ønsket vannvei i krysset Vognveien/Aluvegen vist med pil. Blå linje er dagens vannvei (Kartverket, 2016a)	42
Figur 21 Pilen viser ønsket vannvei gjennom rundkjøring i Vognveien. Blå linjer er dagens situasjon (Kartverket, 2016a)	43
Figur 22 Siste strekket av flomvegen, ut til resipienten (Kartverket, 2016a)	44

Figur 23 Flomsonen til Mjøsa ved 100 års flom (Kartverket, 2016a).....	45
Figur 24 Utklipp fra modell for ny rute for flomvegen.....	47
Figur 25 Utklipp fra modell med ny flomveg i blå og naturlig flomveg i grønn.....	49

TABELLISTE

Tabell 1 Definisjon av flom (Olje- og energidepartementet, 1996).....	19
Tabell 2 Sikkerhetsklasser for flom (Lovdata, 2017).....	20
Tabell 3 Mannigstall og vannhastighet uten fare for erosjon for forskjellige kledningsmaterialer (Statens Vegvesen, 2014)	27
Tabell 4 Effekten av høyden til kantstein på kapasiteten til flomvegen	45

1 INNLEDNING

Denne rapporten tar for seg problemstillinger ved håndtering av overvann ved ekstremhendelser og når de normale systemene er ute av funksjon. Rapporten har som formål å presentere en mulig flomveg fra utbyggingsområde Vold-Lund til Mjøsa og undersøke metoder for å planlegge flomveger i framtiden. Klimaendringer og urbanisering fører i dag til at faren for flom øker, derfor er det viktig å planlegge på forhånd for å unngå ødeleggelse og høye kostnader knyttet til skader.

1.1 BAKGRUNN

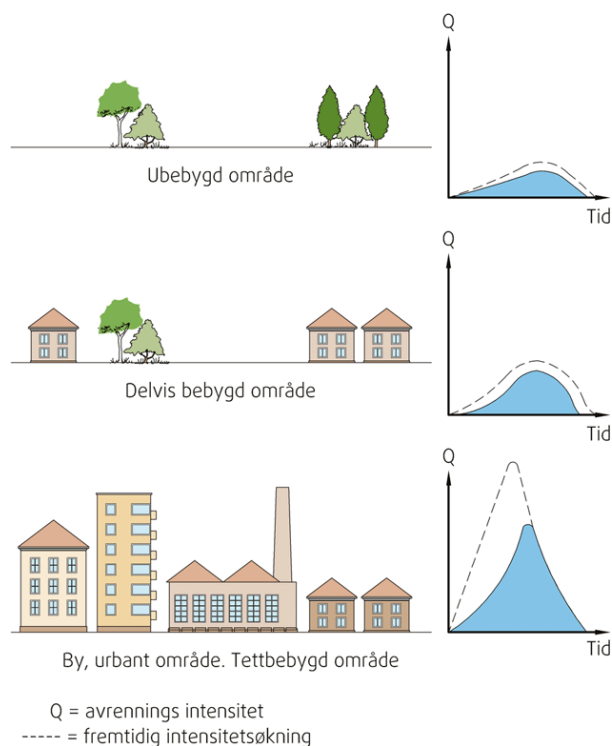
1.1.1 KLIMAENDRINGER

Klima defineres som det typiske værmønsteret på et sted. Klimaendring omfatter hvordan klimaet i et område endrer seg over tid. Dette inkluderer endringer i temperatur, nedbør og frekvensen av ekstremvær. Det har gjennom historien vært naturlige variasjoner i klimaet, men i dag er klimaet i endring over hele verden på grunn av forurensning og høye utslipp av drivhusgasser i atmosfæren. Siden registreringen av temperaturer startet på slutten av 1800-tallet har gjennomsnittstemperaturen i verden steget med 0,8 °C. Den største delen av endringen har skjedd etter 1950-tallet. I Norge vil klimaendringene føre til at det blir varmere, våtere og mer ekstremvær. Klimaendringene vil føre til nye samfunnsmessige utfordringer over hele verden (Benestad, Mamen, Harstveit, & Fuglestad, 2017).

I Hedmark er det beregnet at gjennomsnittlig årstemperatur vil øke med 4,5°C og års-nedbøren vil øke med 15 % mot slutten av århundret. Intensiteten og hyppigheten på episoder med kraftig nedbør er forventet å øke i samme periode. For kortere regnperioder på mindre enn et døgn er det indikasjoner på at nedbørmengden kan øke med opptil 40 %. En økning som dette vil potensielt føre til store materielle skader hvis det ikke blir gjort tiltak for å møte de nye utfordringene (Norsk klimaservicesenter, 2017).

1.1.2 OVERVANN

Et klima med mer regn og hyppigere ekstremvær vil føre til økt fare for oversvømmelser og flom. I et samfunn med økt urbanisering kan dette ha store konsekvenser. Urbanisering fører til større andel tette overflater. Når permeable dekker blir erstattet med tette overflater har ikke vannet lenger mulighet til å infiltrere grunnen. Avrenningen av vann ved nedbørshendelser vil dermed øke og vil kunne forårsake skader på materiale, personer og kunne føre til utfordringer og ulemper for blant annet framkommelighet og trafikk (Klima- og miljødepartementet, 2015)



Figur 1 Avrenning i ulike bebyggelsesområder (SINTEF Byggforsk, 2012)

Overvann må håndteres for å sikre områder og personer mot oversvømmelser, flom og skader. Den tradisjonelle metoden for overvannshåndtering har vært å føre overvannet så raskt som mulig ned i lukkede rørsystemer under bakken. Metoden skulle føre til trygg bortføring av vann, men har ofte ført til blant annet problemer med lavere grunnvannstand, økt avrenning, økt vannhastighet, erosjon og forurensing (Bergen Kommune, 2005). I områder med fellesledning for overvann og avløp har dette ført til at fortynnet avløpsvann har blitt sluppet ut i resipienter ved høy vannføring i ledningssystemet. Dette kan blant annet føre til store skader på dyr- og planteliv og påvirke vannkvalitet og friluftsområder (Klima- og miljødepartementet, 2015).

Tiltak for å håndtere overvann lokalt har blitt en viktig metode for å redusere og utjevne mengden vann i overvannsnett. Målet med lokal håndtering av overvann er å forebygge skader, utnytte overvann som en ressurs og å styrke det biologisk mangfoldet og bymiljøet. Dette gjøres gjennom å håndtere overvannet der det faller ved bruk av tiltak som blant annet infiltrasjon og fordrøyning (SINTEF Byggforsk, 2012). Norsk Vann ga i 2008 ut en rapport om "Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering". I denne rapporten er det utarbeidet en treleddsstrategi for å trygt håndtere overvann og hindre flom (Lindholm & m.fl, 2008).

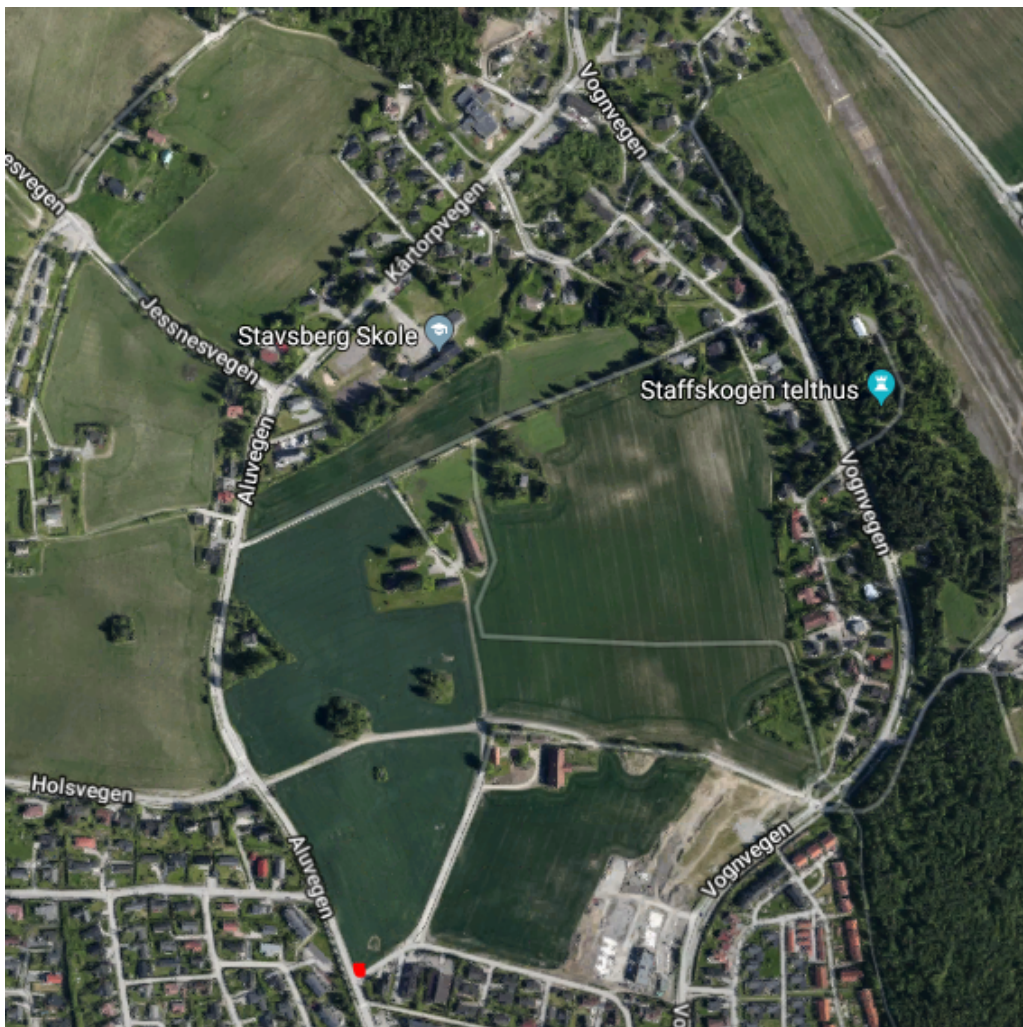
1. Fang opp og infiltrer alt regn <20 mm
2. Forsink og fordrøy regn >20 mm og <40 mm
3. Sikre trygge flomveier for regn >40 mm

Vannmengdene er eksempler og må tilpasses lokalt.

I Hedmark fylke er det observert at de største skadene på bebyggelse og infrastruktur ofte kommer i forbindelse med episoder med kraftig nedbør. Intens og kortvarig nedbør gir store mengder overvann og urbanflommer. Disse hendelsene skaper nesten årlig situasjoner med blant annet stengte veier i fylket (Norsk klimaservicesenter, 2017).

1.2 DAGENS SITUASJON

Vold-Lund er en del av Stavsberg-området som ligger fordelt mellom Hamar og Ringsaker kommune. Området er i dag under utbygning av Block Watne og Obos, er på omtrent 35 ha og består av gårdene Lund søndre og Vold. Før utbygningen bestod området hovedsakelig av dyrket mark og få tette flater. Det var kun utbygde to gårder på området, resten bestod av dyrket mark. Når utbygningen er ferdig vil området bestå av omtrent 1150 boliger. Vold-Lund har fall mot syd og naturlig drenering mot Hamar Sentrum. Områder Nord for Vold-Lund på Stavsberg avrenner til utbyggingsområdet og må også tas hensyn til når avrenningsmengder beregnes (COWI, 2009). I figur 2 er fase 1 av prosjektet påbegynt. Utbygningen skal skje i de ubebygde områdene mellom Aluvegen, Kåtorpvegen, Vognvegen og Ajerhagan.



Figur 2 Utbyggingsområdet Vold-Lund, påløpspunktet markert i rødt (Google Maps, 2018)

Det kommunale nettet i Hamar Kommune har begrenset kapasitet til å ta imot ytterligere mengder overvann. Utbyggeren har på bakgrunn av dette fått pålegg om å utvikle området i tråd med en blå-grønn profil og å infiltrere og fordrøye store deler av overvannet lokalt. Ved søknad om byggetillatelse skal det fremlegges en detaljert plan for overvannshåndtering på området. Det er stilt strenge krav fra kommunen til mengden overvann som kan slippes ut på det kommunale nettet fra området. Angitt grense er på 50 l/s fra utbyggingsområdet og 100 l/s tilsammen for hele Stavsberg (COWI, 2009). Påslippspunktet til overvannsledningen er i krysset mellom Aluvegen og Ajerhagan, markert i figur 2.

Ved Lund gård, midt i utbyggingsområdet, eksisterer det et oppkomme, som brukes som vannforsyning til gården. Herfra går det er overløp som en åpen bekk. Denne bekken fører til en kum, som videre fører vannet ut på det kommunale nettet. Oppkomme har vist seg å være en stabil vannkilde, og stammer mest trolig fra grunnvann. Denne vannkilden kan føre til økt mengde vann på området (Lillevold, 2010).

Ved en utbygning hvor andelen tetteflater øker betraktelig, samtidig som vi opplever endringer i klimaet vil sannsynligheten for flomhendelser øke. Det er derfor bestemt at det skal opprettes en flomveg fra området til resipienten Mjøsa for å sikre trygg bortføring av vann ved hendelser der den lokale overvannshåndteringen ikke er tilstrekkelig. Dette er for å unngå skader på materiale og personer nedstrøms for området og andre ulemper som kan oppstå ved flomhendelser.

1.2.1 TIDLIGERE RAPPORTER

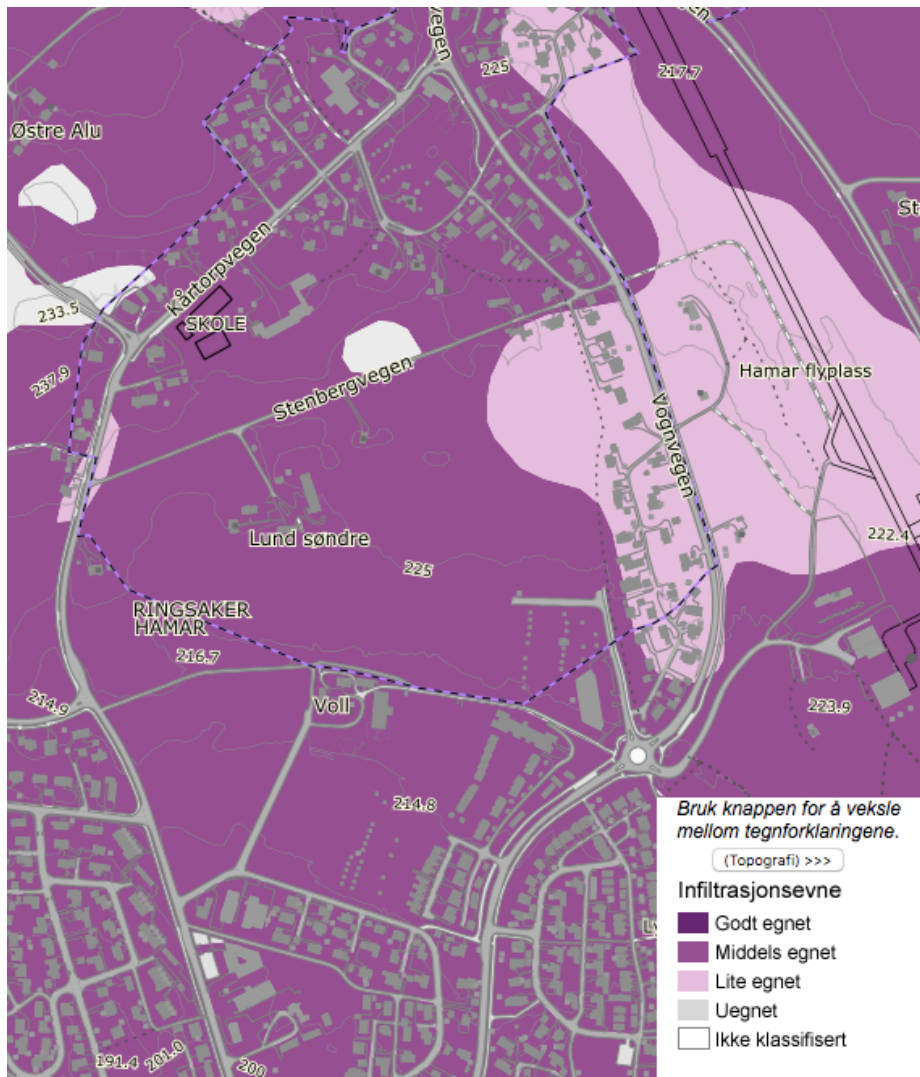
Ved planarbeidet for området er det blitt lagd flere rapporter for å kartlegge den eksisterende og fremtidig situasjonen på området og planer for å håndtere overvannet lokalt.

I forbindelse med utarbeidelsen av KDP for Stavsberg, utredet COWI i 2009 mengden avrenningen fra området og kapasiteten på det eksisterende overvannsnettet i Hamar Kommune. Det ble gjennomført målinger av grunnvann, nedbør og avrenning fra feltet over to perioder. Målingene ble gjennomført gjennom sommeren og høsten i 2007 og 2008. Deretter ble det laget en modell for eksisterende situasjon og en for den fremtidige situasjonen etter full utbygging. Rapporten konkluderte med at ledningsnettet ikke har kapasitet til å ta imot mer vann enn den eksisterende situasjonen og anbefaler at det ikke tilføres mer enn 100 l/s til overvannsledningen fra hele Stavsberg (COWI, 2009).

Etter utarbeidelse av KDP for Stavsberg utviklet SWECO en overvannsplan og en plan for flomveier ut av området i tråd med kravene satt i KDP. Overvannsplanen består av tiltak for å kunne begrense mengden vann som renner fra området, der det er foreslått tiltak for å fordrøye og infiltrere vann på området (Lillevold, 2010). Rapport om flomveier ga forslag til traseer for flomveier fra området til resipienten. Grunnlaget for rapporten er naturlige vannveier basert på topografi, fallforhold og fysiske forutsetninger. Tiltak er foreslått etter visuelle befaringer og er laget som et grunnlag for videre utredning av flomveier fra området (Lillevold, 2011).

1.2.2 GRUNNFORHOLD

Området har hatt gode grunnforhold for infiltrasjon av vann til grunnen. Kart fra Norges Geografiske Undersøkelse viser middels egnede nivå for infiltrasjon på utbyggingsområdet. Denne informasjonen samsvarer med målinger som COWI har gjort på området av grunnvannstand og avrenning (COWI, 2009).



Figur 3 Infiltrasjonsevnen til grunnen i området Vold-Lund (Norges Geologiske Undersøkelse, 2017)

1.2.3 FORHOLD NEDSTRØMS FOR FELTET

Områdene nedstrøms feltet består hovedsakelig av boligområder med noe industri, skoler/barnehager og forretningsområder. En flom vil kunne få store konsekvenser og medføre ulemper for befolkningen hvis det ikke gjøres tiltak. Det vil derfor være mye å spare på å utvikle en flomveg.

Flomvegen burde plasseres hvor den vil gi minst fare for skader eller andre ulemper ved en flomhendelse. I et område som har så høy andel bebyggelse vil en veg kunne være en god løsning. Det er flere veger ned til resipienten som kan være aktuelle som bruk av flomveg i dette tilfellet. Hvilken veg som er mest optimal vil bli vurdert i denne rapporten. Det finnes

ingen større, ubebygde strekker som alternativt kunne ha blitt benyttet til formålet. Et kritisk punkt for flomvegen er at den må krysse jernbanen for å nå resipienten. Etter samtaler med Bane Nor er det klart at flomvegen må krysse jernbanen i en eksisterende undergang for biltrafikk.

1.3 PROBLEMSTILLING

Problemstillingen i rapporten er todelt, der første del handler om utviklingen av flomvegen og andre del handler om hvordan modellering av flomveger kan gjennomføres.

Hovedproblemstillingen er

Hvor kan en flomveg fra Vold-Lund til Mjøsa etableres? Hvilke tiltak må gjennomføres for at det valgte løpet skal fungere optimalt?

I tillegg er følgende problemstilling vurdert

Kan kommunens kartløsning brukes som en løsning for en modell for å ta hensyn til og etablere flomveger, da dette blir et økende krav innenfor planlegging i framtiden?

1.4 AVGRENSNINGER

For å kunne skape en rapport av god kvalitet når tid, ressurser og kapasitet er begrenset er det gjort avgrensninger av temaer og utbredelse av problemstillingen i denne rapporten.

Denne rapporten er begrenset til å etablere en flomveg fra det aktuelle området til Mjøsa. Det er tatt hensyn til vannet som renner fra Vold-Lund området og vann som på senere tidspunkter renner inn i den planlagte flomvegen. Det har vært i fokus å begrense konsekvensene av ødeleggelser og ulemper som vannet fra disse områdene kan forårsake i nedstrøms for området i Hamar.

Det tas utgangspunkt i at overvannsledningene går fulle. Det er ikke gjort noen vurderinger rundt å utbedre eller bygge ut ledningsnett for å øke kapasiteten. Løsningene er basert på at vannet renner av på bakkenivå.

Det er i liten grad tatt hensyn til kostnader knyttet til utbygningen, da det er usikkert hvordan kostnadene av en utbygning vil være i forhold til kostnadene en stor flomhendelse kan medføre. Det er samfunnsmessig bedre å gjennomføre tiltak enn å ta konsekvensene i etterkant. Det er også flere usikkerhetsmomenter rundt gjennomføringen av løsningene, som gjør det u hensiktsmessig å ta hensyn til dette.

Det tas kun hensyn til endringer nødvendig for å skape en flomveg. Tiltak for å forbedre lokalmiljøet og å håndtere overvann lokalt er i liten grad vurdert i denne rapporten.

Rensing av vannet er i liten grad vurdert da dette vil være lite hensiktsmessig og vanskelig å gjennomføre ved situasjonen beskrevet i denne rapporten.

1.5 MÅL OG HENSIKT

Målet med oppgaven er å komme med et forslag til en ny flomveg fra området Vold-Lund til resipienten og undersøke om kartløsningen som brukes i kommunen kan benyttes til å planlegge flomveger. Forslaget til ny flomveg skal være realistisk og komme med tiltak for å sikre at vannet renner i ønsket retning. Dette er for å unngå fremtidige skader og ulemper nedstrøms fra feltet, da det er forventet at det vil komme mer vann derfra i framtiden.

Hensikten med oppgaven er å sette mer fokus på nye metoder for overvannshåndtering, planlegging og utfordringene som kommer med urbanisering og klimaendringer i framtiden.

2 TEORI

2.1 OVERVANNSHÅNTERING

Innenfor overvannshåndtering skiller vi hovedsakelig mellom to forskjellige metoder, tradisjonell håndtering og LOD. Tradisjonell håndtering er bortføring av vann raskest mulig i rør under bakken. Ved LOD er målet å opprettholde den naturlige vannbalansen i området ved å infiltrere og fordrøye vannet. Vannet skal også brukes som en naturlig komponent i miljøet og gjerne gjenbrukes til andre formål. I dag er det blitt mer vanlig at overvannssystemer i Norge en kombinasjon av disse to (Lindholm & m.fl, 2008).

2.2 TRELEDDSTRATEGIEN

Treleddsstrategien ble presentert av Norsk Vann i 2008 og er en metode for å sikre en trygg og bærekraftig håndtering av overvann. Metoden baserer seg på forskjellig håndtering og tiltak rettet mot mengden vann som kommer. Før noen tiltak igangsettes bør det gjøres en grundig planleggingsprosess for å kartlegge områdene og finne plass- og kostnadseffektive løsninger. Gjennom tidlig planlegging av kommunen vil det også kunne stilles krav til utbyggere om å utvikle lokale tiltak for å nå utfordringer i hvert enkelt område (Norsk Vann, 2017a). I de neste kapitlene er noen av de mest aktuelle løsningene innenfor hvert trinn presentert.

2.2.1 TRINN 1

Det første trinnet i strategien er å fange opp og infiltrere nedbør i små mengder. Nedbør i små mengder defineres ofte som den dagligdagse nedbøren (Norsk Vann, 2017a). Målet er å infiltrere vannet lokalt eller å samle opp vannet. I trinn 1 er det flere aktuelle metoder som kan brukes. Hvilke metoder som blir valgt avhenger av lokasjon, forhold og tilgjengelig areal.

Infiltrasjon til grunn er en effektiv metode ved mindre regnhendelser. Dette avhenger av at permeable dekker av god kvalitet er tilgjengelig for infiltrasjon. Permeable dekker er grunn med lite finstoff og for å ha god kapasitet, stor avstand til fjell. Infiltrasjon til grunnen sørger for å holde grunnvannstanden oppe. I Norge i vinterhalvåret opplever vi tele i bakken, noe som hindrer vann i å kunne infiltrere til grunnen. Det er derfor viktig å finne alternative løsninger som er tilpasset alle sesonger.

I urbane områder kan det være et problem å finne permeable flater, da store arealer er dekket av bygg og ugjennomtrengelige dekker. Det er derfor utviklet flere typer dekker som kan være permeable. Dette innebærer blant annet asfalt og belegningsstein med åpninger mellom som kan infiltrere vann til grunnen. Det permeable dekket legges oppå masser med god dreneringsevne. Dette bidrar til å forminske flomtopper og magasinere vann. Løsningene av denne typen er avhengig av kontinuerlig vedlikehold for å fungere optimalt og er sensitive for store laster og områder med mye finstoff (Storemyr, 2016).



Figur 4 Belegningsstein med åpne fuger for infiltrasjon i Bjørvika, Oslo

Regnbed er beplantede områder som brukes til infiltrasjon. Områdene er beplantede forsenkninger i terrenget som samler opp, fordrøyer og infiltrerer overvannet. Regnbedet kan brukes både til fordrøyning av vann og som en metode for å rense vann. Dette varierer ut i fra hvordan regnbedet er bygd opp og plantene som blir benyttet. Naturlige prosesser i filtermediet kan utnyttes til å rense vann før det renner videre til overvannsnett eller infiltrerer grunnen (Storemyr, 2016).



Figur 5 Eksempel på regnbed fra Nasenparken på Fornebu

Oppsamling av vann er en metode som kan brukes for eksempel i enden av taknedløp, på tak eller på terrenget. Regnvann som blir samlet opp inneholder i mindre grad forurensninger og kan derfor gjenbrukes ved senere anledninger. Vannet kan brukes til for eksempel vanning eller spyling av do. Denne løsningen kan ikke magasinere store mengder vann, men vil kunne hjelpe for å forminske flomtopper (Storemyr, 2016).

Takene på bygg kan brukes til infiltrasjon gjennom grønne tak. Metoden vil kunne forsinke flomtoppene og minske avrenningen fra bygg. Plantene forbruker vann samtidig som jorda holder på vannet. Dette jevner ut avrenningen fra taket. Grønne tak deles inn i tre forskjellige metoder som er ekstensive, intensive og semi-intesive tak. Forskjellen på de tre metodene er tykkelsen på jordlaget og dermed også hvor stor effekt det har. Ekstensiv har tynnest jordlag, mens intensiv har størst. Semi-intesiv faller et sted mellom de to. For intensive grønne tak kreves det gjerne at taket er dimensjonert spesielt for dette på grunn av den store økningen i laster på taket. Det intensive taket krever mer vedlikehold enn det ekstensive taket (Storemyr, 2016).

2.2.2 TRINN 2

Trinn to innebærer å forsinke og fordrøye vannet. Dette er aktuelt i situasjoner der det kommer mye vann på kort tid, det har regnet over en lenger periode eller det ikke er mulig å infiltrere vannet i grunnen tilstrekkelig. Dette er situasjoner hvor trinn 1 ikke greier å ta unna mengden vann. I prinsippet kan denne vannmengden håndteres av mange av de samme tiltakene som i

trinn 1, dimensjonert for større mengder vann. Under blir noen tiltak som er mer direkte rettet mot trinn 2 presentert.

Fordrøyningsbasseng er områder laget for å samle og fordrøye vann. Områdene kan være områder som vanligvis er tørrlagte eller områder der vann som brukes som en del av utemiljøet. Bassengene er laget for å kunne holde på store mengder vann til det kan ledes ut til resipienten eller infiltreres i grunnen. Fordrøyningsbasseng kan bidra til å jevne ut flomtoppene (Storemyr, 2016).



Figur 6 Eksempler på to typer fordrøyningsbasseng på Fornebu

Til større nedbørshendelser er det mulig å avsette områder til oversvømmelse. Områder som kan brukes til dette er gjerne parkeringsplasser, idrettsplasser eller andre åpne plasser som vil få små eller ingen skader ved å stå oversvømt en periode og ikke har samfunnskritiske funksjoner. Dette er en god løsning i urbane områder med begrenset plass for å kunne fange opp og fordrøye vannet i perioder med mye nedbør eller snøsmelting. Etter nedbørshendelsen kan vannet gradvis slippes ut og ledes til resipient eller infiltrasjonsområder (Storemyr, 2016).

2.2.3 TRINN 3

Det siste trinnet er sikker bortføring av vann ved store mengder. Store mengder vann kan komme av flere årsaker. Hovedgrunnen for dette er gjerne kraftig nedbør over flere dager, kort og intens nedbør, snøsmelting eller at noen av de andre løsningene ikke fungerer som det skal. Hendelser kan også være en kombinasjon av to eller flere av grunnene. For å sikre trygg bortføring av store mengder vann brukes flomveger. Flomveger kan være naturlige eller

konstruerte, men kjennetegnes med at vannet renner i minste motstands vei. Flomveger er presentert mer detaljert i kapittel 2.5 og 2.6.

2.3 FLOM

Flom oppstår når det kommer mer vann enn hva vassdragene kan ta unna og urbane og rurale tiltak er overbelastet eller ikke funksjonelle. Flomhendelser oppstår i Norge som oftest ved store mengder nedbør, mye snøsmelting eller en kombinasjon av de to. I Norge er det vanlig med vårfloam når snøen smelter, i urbane områder derimot er store nedbørmengder vanligvis årsaken til flom. (Tollan, 2017). Å definere størrelsen på flomhendelser kan være vanskelig, men NVE har laget en klassifisering hvor flomhendelser defineres etter størrelsen på vannføringen og hvor sjeldent den inntreffer (Olje- og energidepartementet, 1996).

Tabell 1 Definisjon av flom (Olje- og energidepartementet, 1996)

Type flom	Flom	Stor flom	Ekstrem flom
Vannføring	Mellom middelflom og 10 års flom	Mellom 10 års flom og 100 års flom	Over 100 års flom

Flom er et naturfenomen, men menneskelig aktivitet påvirker også flomhendelsene. Store naturinngrep ved utbygning og urbanisering, endring av elveløp, drenering og klimaendringer er med på å påvirke flomhendelsene i både positiv og negativ retning. Det er forventet at det i fremtiden vil være større hyppighet av flom i Norge (Tollan, 2017).

I Norge er det NVE som er ansvarlige for den nasjonale flomvarslingstjenesten. De er operative hele døgnet, hver dag og sender ut regionale prognoser for hele landet. Flomvarslene er et viktig hjelpemiddel for å kunne vurdere sikkerheten og å gjennomføre nødvendige lokale tiltak ved flom. Varselet sier noe om forventet utvikling av flommen og angir en aktsomhetsgrad. Varselet har fire nivåer av aktsomhet. Varslinger blir sendt ut ved endringer i aktsomhetsnivået så lokale tiltak kan settes inn og beredskapen være klar. NVE har også utviklet flomsonekart, som viser hvilke områder i Norge som er utsatt for flom til enhver tid (NVE, 2018).

2.4 SIKKERHET VED FLOM

TEK 17 setter krav til sikkerhet ved flom. Byggverk skal ikke plasseres i områder med høy risiko for flom. For byggverk som er plassert i områder utsatt for flom fastsettes det en sikkerhetsklasse. «Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen ikke overskrides». I hendelser hvor det er fare for liv faller bygg innenfor sikkerhetsklassen for skredhendelser. De fleste bygg som er beregnet for personopphold vil falle innenfor sikkerhetsklasse F2. Sikkerhetsklasse F3 omfatter samfunnskritiske bygninger som for eksempel sykehjem, sykehus og brannstasjon (Lovdata, 2017).

Tabell 2 Sikkerhetsklasser for flom (Lovdata, 2017)

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	Liten	1/20
F2	Middels	1/200
F3	Stor	1/1000

Det er kommunene som har ansvaret for å kartlegge og ta hensyn til flomfare, påse at flomfarene er tilstrekkelig utredet, håndtere overvann, ivareta lokal beredskap og sikre fareutsatt bebyggelse. Dette er lovpålagt fra PBL. Kommunene må ta hensyn til dette og implementere det når de utarbeider og godkjenner kommuneplaner, områdeplaner og detaljreguleringer (Røstum et al., 2014).

2.5 FLOMVEGER

Ved ekstremhendelser, tiltetting eller ødeleggelse av ledningsnett er det nødvendig at det finnes et system for å håndtere store mengder vann utenom ledningsnett. Det er derfor nødvendig å etablere flomveger som kan sikre en trygg bortledning av vannet, uten at vannet forårsaker skader og ulemper for samfunnet. Naturlige flomveger følger lavbrekk i terrenget, men ved utbygning skjer endringer i terrenget, bygninger og hindringer plasseres i tidligere løp. Det er derfor viktig å kartlegge og planlegge utbygging i forhold til eksisterende og planlagte flomveger. Fortetning og klimaendringer vil forsterke flomhendelsene i framtiden og det er nødvendig å gjøre forbyggende tiltak (Røstum et al., 2014).

Planlegging, tilrettelegging og kartlegging av flomveger i kommunal sektor bør få økt oppmerksomhet de neste årene på grunn av flere samfunnsmessige årsaker og utfordringer. Det er allerede observert en økt tendens til flom og oversvømmelse i urbane områder og utbetaling av forsikringspenger til vannrelaterte skader har økt de seneste årene. Et økt fokus på sikkerhet rundt bortledning av vann og vann som en ressurs i lokal samfunnet har også bidratt til å sette fokus på flomveger. Etablering av flomveger i lokalsamfunn åpner også for muligheten til positiv utvikling av byer og tettsteder gjennom å forbedre lokal miljøet (Røstum et al., 2014).

For å skape trygge flomveger, som gjør minst mulig skade, kan det i tilfeller være nødvendig å gjøre tiltak for å lede flomvegen i en annen rute enn den naturlige. En flomveg renner i fallretningen, noe som ved ukontrollert avrenning gjennom bebygde områder kan være uheldig. En flomveg bør ikke krysse gjennom boligområder eller områder med svært kritisk infrastruktur da dette kan føre til materielle skader, redusert framkommelighet eller andre ulemper for beboere, besøkende og samfunnet. Det er ønskelig å føre flomveger i ubebygde områder eller langs veger da det er lettere å kontrollere og ved god tilrettelegging vil det føre til mindre skader. Det anbefales at flomveger ikke legges over privat grunn (VA-miljø, 2016).

Når store mengder vann samles og ledes i samme retning bringer dette med seg store krefter som kan være farlig for mennesker og føre med seg løse gjenstander og sediment. I tilfeller

med jevnt fall over lengre strekker og uten fordrøyning eller andre hindringer kan vannet oppnå stor hastighet. Flomveger med høy hastighet på vannet tærer mer på dekket og kan føre til erosjonsskader. Høy hastighet på vannet vil også svekke framkommeligheten og potensielt skape farlige situasjoner for mennesker. Endringer i øvre del av flomvegen kan føre til utilsiktede skader lenger ned om ikke hele flomvegen vurderes som en enhet for å unngå dette (VA-miljø, 2016). Det må også tas hensyn til dybden på vannet når flomvegen går full. Ved store dybder kan dette føre til drukningsfare, særlig blant barn (Røstum et al., 2014)

Table 13.1 Danger to people for different combinations of depth and velocity

Velocity (m/s)	Depth of flooding (m)											
	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00	1.50	2.00	2.50
0.00				Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red
0.10				Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red
0.25				Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red
0.50				Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red
1.00			Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red
1.50			Yellow	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red
2.00		Yellow	Yellow	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
2.50		Yellow	Yellow	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
3.00		Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
3.50		Yellow	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
4.00		Yellow	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
4.50	Yellow	Yellow	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
5.00	Yellow	Yellow	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red

Key:
 Danger for some
 Danger for most
 Danger for all

Figur 7 Sammenhengen mellom dybde, vannhastighet og fare for mennesker ved flom (Defra, 2014)

2.6 UTFORMING AV FLOMVEGER

Det finnes mange metoder og løsninger for å lage trygge flomveier i urbane områder. Hvilke løsninger som fungerer avhenger av mengden vann, terrenget, typen bebyggelse og området flomvegen ligger i. Bakgrunnen for dimensjonering og utformingen av flomveger bør være tidligere registrerte flomdata. På grunn av endringer i klimaet og arealbruk kan det derimot vanskelig å finne representative målinger (VA-miljø, 2016). I dette kapitlet vil noen av de aktuelle tiltakene for å utbedre flomveger i urbane områder bli presentert.

2.6.1 UTFORMING AV VEG

I tilfeller hvor veg skal brukes som flomveg må tverrsnittet på vegen utformes ut i fra helningen på terrenget rundt og hvor vannet skal renne videre. I en normal situasjon skal veier konstrueres med tverrfall for at vannet skal renne av vegen (Statens Vegvesen, 2013).

I en situasjon der en veg skal brukes som flomveg ønsker man derimot at vannet skal holde seg i veien. I slike tilfeller kan det være nyttig å bruke et fall mot midten eller et fall mot kantstein

for å holde vannet på ønsket sted. Retningen på fallet må bestemmes ut i fra hvor det er ønsket at vannet skal renne.

2.6.2 KANTSTEIN

Kantstein kan brukes som en hindring for å kunne lede vannet i ønsket retning. I tilfeller hvor kantstein brukes vil høyden på kantsteinen kunne bestemme kapasiteten til flomvegen. Dette er et effektivt tiltak hvor det er enkelt å kontrollere kapasiteten og retningen på vannet. I åpninger i kantsteinen må det etableres høybrekk for å unngå at vannet tar andre retninger.

2.6.3 RUNDKJØRING

Rundkjøringer er ofte et problemområde i flomveger. En rundkjøring skal normalt utformes med et sirkulasjonsareal i midten som virker frastøtende på personbiler og tverrfall ut fra sirkulasjonsarealet (Statens Vegvesen, 2013). Er rundkjøringen utformet på denne måten vil ofte dele flomvegen og lede dem i nye retninger. Dette er ikke optimalt i en flomveg, da den er ønsket å renne i en spesiell retning og at den ikke skal dele seg. Det må derfor tenkes nytt i utforming av rundkjøringer for å kunne beholde vannet i en retning.

En mulighet er å åpne sirkulasjonsarealet for å la vannet renne gjennom rundkjøringen. Dette vil sette krav til å benytte sperrer så trafikken ikke kan passere gjennom rundkjøringen. Området i sirkulasjonsarealet kan da benyttes til andre funksjoner som infiltrasjon eller fordrøyning, som kan fungere som et ledd i LOD ved mindre hendelser.



Figur 8 Rundkjøring med åpning i midten (Ræstad, 2014)

2.6.4 FORTAU

Fortau kan brukes som flomveger i tilfeller hvor vegen ikke ha stor nok kapasitet til å ta unna den forventede mengden med vann. I byområder hvor det er begrenset med areal kan fortau være nødvendig for å få stor nok kapasitet på flomvegen.

I tilfeller der fortau som ligger tett på bygninger skal brukes som flomveg må det sikres ekstra tiltak for å unngå inntrenging av vann i bygg. Framkommeligheten for gående vil svekkes betydelig ved bruk av fortau som flomveg. Det må derfor sikres en alternativ rute for bruk ved flomhendelser.

2.6.5 HØYBREKK

Høybrekk i terrenget kan brukes for å lede vann i en ønsket retning. De brukes ved at man kunstig lager er opphøyning i terrenget som vannet ikke renner over og leder vannet i ønsket retning. Dette er aktuelt i veier hvor det fortsatt skal være framkommelighet for trafikanter. Opphøyningen kan for eksempel være en fartsdemper.

Ved å skråstille høybrekk kan dette være veldig effektivt for å lede vann i ønsket retning, men likevel være forenlig med universell utforming. Det er viktig da høybrekk for eksempel kan brukes i åpninger i kantstein for fotgjengeroverganger eller i innkjøringer.



Figur 9 Kunstig høybrekk i Porsgrunn Kommune (Krogstad, 2018)

2.6.6 DEKKE

Valg av dekke i flomveger avhenger av fallet i området og dermed hastigheten på vannet. I områder med lav hastighet og lite fall kan gress være tilstrekkelig. Ettersom hastigheten og fallet øker vil dette sette større krav til dekket for å hindre erosjonsskader. Om veger brukes som flomveger vil dekket i en stor andel av tilfellene være asfalt. For å minske faren for erosjon kan det gjøre tiltak for å senke farten på vannet og legges et tykkere dekke som er mer bestandig for erosjon (Statens Vegvesen, 2014).

2.7 VANNKVALITET

Resipienten til flomvegen er i dette tilfellet Mjøsa. I Mjøsa eksisterer det et rikt dyre- og planteliv, vannet brukes til rekreasjon og er drikkevannskilde for flere kommuner rundt Mjøsa. Derfor er det viktig at vannkvaliteten opprettholdes på et høyt nivå.

Overvann inneholder varierende mengder av forurensning avhengig av faktorer som for eksempel arealbruk, trafikkmengde, snøsmelting og nedbørsmengde. Forurensningen er gjerne tungmetaller, organisk materiale, suspenderte stoffer og bensin/oljerester. Jordbruk, industri og trafikk er noen av faktorene som avgir mye forurensninger til overvannet (Bergen Kommune, 2005).

Ved en flomhendelse vil det komme vann i så store mengder at det vil være lite hensiktsmessig og vanskelig å gjennomføre rensing av vannet som renner ut i resipienten. Det forventes derimot at vann vil følge dette løpet også ved hendelser som innebærer mindre vannmengder. Vann som renner gjennom et tett bebygd område på en veg kan inneholde store mengder forurensning.

Første regnfallet i en periode vil føre med en «first flush» effekt hvor all forurensningen som har samlet seg opp siden sist nedbørshendelse har samlet seg opp skylles ut på en gang. Dette sammen med snøsmelting er hendelsene som ofte bringer med seg mest forurensninger og burde derfor tas hensyn til ved utforming av flomveger. Ikke bare den direkte påvirkningen kan føre til forurensning av resipienten. Det vil også kunne oppstå en akkumulering av forurensning i bunnsedimenter i resipienten som kan gjøre skade lenge etter det opprinnelige utslippet (Bergen Kommune, 2005).

Behovet for rensing bør bestemmes ut i fra tilstanden til resipienten og målt mengde forurensning i overvannet. Det bør også tas hensyn til bruken av området hvor vannet blir sluppet ut i resipienten (Bergen Kommune, 2005).

2.8 HAMAR KOMMUNE SIN STRATEGI

VA normen for Hamar Kommune sier at «*Overvann skal i størst mulig grad håndteres lokalt med kun begrenset tilførsel til overvannssystem*». Hvis forholdene ligger til rette for det skal alternative løsninger brukes i stede for tradisjonell bortføring av overvann. Alternativer til den tradisjonelle løsningen som bør vurderes nevnes å kunne være infiltrasjon, flomveger, naturlig avrenning, vassdrag/bekker og avledning på bakken (Norsk Vann, 2017b)

VAR har gitt uttrykk for at de ønsker å sette mer fokus på LOD i kommunen og utvikle en overordnet overvannsplan. Reguleringsplanen for Vold-Lund og ønsket om å bygge en flomveg fra området er i tråd med framtidsplanene til kommunen.

2.9 DIMENSJONERING

For å finne nedbørmengder og mønstre er det flere metoder som kan brukes for å beregne dette for hånd. Den rasjonelle metoden anbefales å bruke på mindre urbane områder. Mannings formel brukes til å beregne strømming i åpne kanaler. I denne rapporten er kun Mannings formel benyttet, men det kunne ha vært aktuelt å benytte seg av den rasjonelle metoden for å beregne mengden vann som avrenner fra Vold-Lund.

2.9.1 DEN RASJONELLE FORMELEN

Den rasjonelle metoden brukes til å beregne overvannsavrenning. Metoden brukes som en overslagsberegning for avrenning og gir mest nøyaktig svar for områder mindre enn 50 ha. For større områder bør det brukes datamodeller for å få et mer nøyaktig resultat (Ødegaard, 2014)

Den rasjonelle formel er

$$Q = \varphi \times A \times I \times K_f$$

Hvor

Q = avrent vannføring fra feltet i l/s

φ = avrenningskoeffesienten

A = arealet til området i ha

K_f = Klimafaktor

I = nedbørintensiteten i l/sha

Avrenningskoeffesienten angir et forhold mellom mengden regn og mengden avrenning fra et område. Koeffisienten avhenger av flere faktorer som fall, permeabilitet og egenskapene til nedbøren. En høy verdi angir en stor andel avrenning. I områder som har flere avrenningskoeffesienter skal en midlere verdi beregnes (Ødegaard, 2014)

Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger o.l.)	0,85 - 0,95
Bykjerne	0,70 - 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 - 0,80
Eneboligområder	0,50 - 0,70
Grusveier/-plasser	0,50 - 0,80
Industriområder	0,50 - 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 - 0,50
Fjellområde uten lyng og skog	0,50 - 0,80
Fjellområde med lyng og skog, steinet og sandholdig grunn	0,30 - 0,50

Figur 10 Noen verdier for avrenningskoeffisienten (Bergen Kommune, 2005)

Klimafaktoren skal dimensjonere for endringene i nedbørsmønsteret vi vil se i framtiden. Den gir en verdi for den forventede relative økningen av nedbør over en gitt periode. Hvilken verdi som skal brukes avhenger av lokasjonen, det er normalt å bruke et tillegg på mellom 20-50% (Norsk Vann, 2017a).

Nedbørintensiteten er hentet ut i fra IVF-kurver for området. For å hente ut informasjonen må konsentrasjonstid, tilrenningstid og gjentakelsesintervall bestemmes. Regndataene må hentes ut i fra en representativ målestasjon, det kan være store variasjoner selv innfor små geografiske områder (Norsk Vann, 2017a)

2.9.2 MANNINGS FORMEL

Mannings formel brukes til beregning når i tilfeller der vann ikke føres i rør under trykk. Utregningen sier noe om forholdet mellom arealet, helningen og materialet i kanalen (Ødegaard, 2014)

Mannings formel

$$v = M \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

Hvor

v = vannhastigheten i m/s

M = Mannings tall for friksjon med kanal materialet

R = hydraulisk radius i m

I = kanalens fall i m/m

Mannings tall er et forholdstall som sier noe om friksjonen materialet i kanalen gir. Verdier for Mannings tall kan hentes fra tabeller som gir en omtrentlig verdi for forskjellige materialer.

Hydraulisk radius er arealet av vått tverrsnitt delt på omkretsen av vått tverrsnitt.

Tabell 3 Mannigstall og vannhastighet uten fare for erosjon for forskjellige kledningsmaterialer (Statens Vegvesen, 2014)

Kledningsmateriale i grøft	Mannings tall, M m ^{1/3} /s	Vannhastighet uten fare for erosjon m/s
Betongkledning	50 – 80	2,5 – 5,0
Asfaltert dekke	60 – 75	2,0 – 5,0
Steinsetting (jevnt utlagt)	30 – 60	2,0 – 5,0
Grus	30 – 50	1,0 – 1,5
Småstein	30 – 50	1,2 – 2,0
Jord uten vegetasjon	25 – 30	0,5 – 0,8
Jord med lett vegetasjon	20 – 30	0,5 – 1,2
Ujevn steinkledning	25 – 30	1,5 – 3,0
Jord med kraftig vegetasjon	15 – 25	1,0 – 2,0
Naturlig bekk og elv	5 – 40	–

3 TIDLIGERE GJENNOMFØRTE PROSJEKTER

Å beskytte byer og områder mot vann er ikke et nytt fenomen, selv om LOD er en ny måte å tenke på overvannshåndtering i Norge. Det har i mange år blitt gjort i for eksempel flere byer i Nederland, som har flere byer som ligger under havnivå. Etersom byer vokste fram og mengden tette flater øker blir det også viktig å beskytte byene mot nedbør og ikke bare elver, innsjøer og hav.

Det finnes lite informasjon om prosjekter hvor vegger har blitt brukt som flomveger. Derfor har tilsvarende prosjekter for å beskytte byområder mot flom blitt gjennomgått og vurdert. Prosjektene er fortsatt aktuelle da de viser effekten av og de samfunnsmessige gevinstene ved å prioritere flomvern.

3.1 WINNIPEG, CANADA

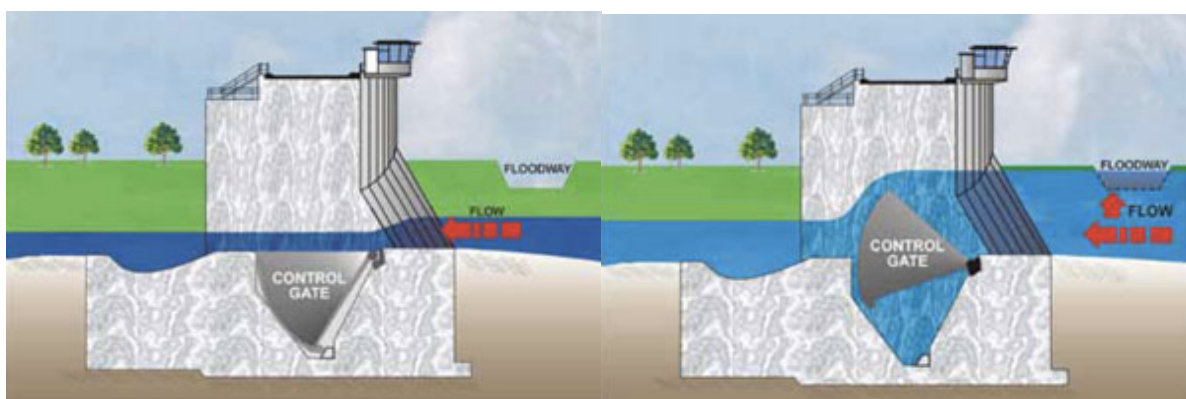
Gjennom sentrum av byen Winnipeg i Manitoba, Canada renner elven Red River. Elveleiet rett gjennom byen sammen med et flatt terreng i byen gjør området svært utsatt for flomhendelser. Etter flere ødeleggende flommer i elva ble det bestemt at det skulle bygges flombeskyttelse for å unngå lignende hendelser i framtiden. Allerede i 1968 stod derfor et utgravd overløp rundt byen klart. Løpet gjør det mulig å føre deler av vannet utenfor byen i situasjoner med høy vannføring i elva (Manitoba Floodway Authority, 2018).



Figur 11 Red River med flomløpet rundt Winnipeg (Water Technology, 2018)

I 2005 ble flomløpet utbedret for å kunne håndtere større mengder vann i framtiden som følge av klimaendringene. Det ble bestemt at det skulle gjøre utbedringer etter at en stor flom inntraff i 1997 og det ble konkludert med at kapasiteten måtte økes. Oppgraderingene innebar, utenom å gjøre løpet bredere, også å oppgradere inn- og utløpskontrollen til elven og bruer som krysser løpet. Det er estimert at overløpet har spart byen for omtrent 12 milliarder dollar i utgifter i forbindelse med skader forårsaket av flom. Etter utbedringene er løpet egnet til å håndtere en flom med 700 års gjentagelsesintervall og har en kapasitet på 60000 m³/s (Manitoba Floodway Authority, 2018).

Overløpet fungerer ved at hovedløpet reguleres av en sluse sør for Winnipeg, som styrer mengden vann som renner i elva. I det originale løpet tilstrebes det en jevn vannføring gjennom byen året rundt. Når det er flom i elven demmer slusene vannet opp for å føre det over i flomløpet (Water Technology, 2018).



Figur 12 Innløpskontrollen til Red River Floodway (Manitoba Floodway Authority, 2018)

3.2 TOKYO, JAPAN

Japan sin geografiske plassering i Stillehavet gjør landet veldig utsatt for naturfenomener som jordskjelv, tyfoner og tsunamier. Dette sammen med at Tokyo er en av verdens mest folketette byer og økende mengde intens nedbør gjør at området er sårbart for flomhendelser. Myndighetene bestemte derfor å bygge flomvern for Tokyo og forstedene rundt byen (Tabuchi, 2017).

Utenfor Tokyo er det derfor bygget et enormt hvelv under bakken som skal beskytte Tokyo mot flom. Prosjektet ble fullført i 2006 og kostet over 2 milliarder dollar. Ved høy vannføring åpnes systemet og massive rør på 10 m i diameter fører vann fra fire elver som renner nord for Tokyo inn i hvelvet. Vanner renner gjennom systemet før det blir pumpet ut til elven Edo som fører rett ut i havet. På denne måten kontrollerer de mengden vann som renner i elvene rundt byen (Tabuchi, 2017).



Figur 13 Hvelvet utenfor Tokyo (Tabuchi, 2017)

I perioder hvor systemet ikke er i bruk, er det mulig å få omvisninger på området. Disse omvisningene er en del av en plan om å sette større fokus på risikoene med flom og tiltakene som må gjennomføres for å unngå dem for Japans befolkning, da det ved tidligere hendelse har vist at økt bevissthet og kunnskap hos befolkningen har ført til mindre skader (Tabuchi, 2017). Prosjektet har blitt kritisert for å bekjempe menneskeskapte problemer med enda mer betong og lite langsiktige løsninger.

3.3 FLORIDA, USA

Florida har regnesesong i 6 måneder av året. I denne perioden opplever området mange korte og kraftige nedbørshendelser. For å unngå ødeleggelser og hindre forurensing har de i Florida hatt et stort fokus på å bygge løsninger for å hindre dette (Southwest Florida Water Management District, 2018).

Våtmarker utgjør en stor del av overvannshåndteringen i Florida, og har i mange år bidratt til å unngå flommer i området. Ettersom det har skjedd et stor fortetning i Florida har store deler av disse våtmarksområdene blitt utbygd. Dette har ført til at det naturlige flomsystemet i Florida ikke lenger fungerer for å hindre flom. Sammen med en økende andel tette flater, flate terreng og stor tetthet av mennesker utgjør dette en fare. I takt med utbygningen økte også forurensingen i mange områder. Det ble derfor nødvendig å gjøre tiltak for å hindre utviklingen (Southwest Florida Water Management District, 2018).

I Florida ble løsningen å bygge fordrøyningsdammer. Områdene har relativt flatt terreng, god infiltrasjon til grunnen og mye fordamping i løpet av dagen er dette en god løsning. Dammene har som funksjon å fordrøye vannet for å hindre flom og å rense det for å unngå forurensing i naturen (Southwest Florida Water Management District, 2018).





Figur 14 Fordrøyningsdam i 3 nivåer

3.4 «FRAMTIDENS BYER»

«Framtidens byer» er et prosjekt som har blitt gjennomført som et samarbeid mellom staten og 13 av Norges største byer. Prosjektet pågikk fra 2008 til 2014. Formålet med prosjektet har vært å redusere klimapåkjenningene fra byene og gjøre dem bedre å bo i for fremtiden. Nesten 80 % av Norges befolkning bor i dag i byer, så tiltak og økt fokus kan utgjøre store forskjeller på mengden utslipp.

Klimatilpasning av byer har vært en av satsningsområdene i dette arbeidet. Klimatilpasning innebærer endringer som må gjøre i bybildet for å tilpasse seg til klimaendringene vi vil oppleve i de kommende årene. Deriblant et våtere klima med mer ekstremvær, mer vann i gatene og hyppigere flomhendelser (Kommunal- og moderniseringdepartementet, 2015).

Noen av områdene innenfor klimatilpasning som har hatt fokus er kartlegging av sårbarhet for klimaendringer, håndtering av overflatevann og visualisering av klimaendringene. Flere av byene i prosjektet har jobbet konkret mot håndtering av overvann og flomveger. I arbeidet med flomveger har det hovedsakelig vært fokus på å sette problemstilling på dagsordenen i kommunene ved implementering av klimatilpasning for overvann i kommuneplanen og arealplaner (Kommunal- og moderniseringdepartementet, 2015).

3.4.1 FLOMVEGER I SKIEN OG PORSGRUNN

Byene Skien og Porsgrunn var en del av framtidens byer prosjektet. I ettertid har de utbedret flomveger i kommunen for å være beder forbrett på endringene i klimaet. I Skien og Porsgrunn har de gjennomført tiltak som å heve kantsteinen og å konstruere høybrekk for å lede vannet i ønsket retning. Dette er løsninger som er aktuelle for problemstillingen i denne rapporten (Krogstad, 2018).



Figur 15 Tiltak med kantstein i Porsgrunn (Krogstad, 2018)

4 BEREGNINGSMETODE

4.1 KARTVERKET SIN MODELL

I arbeidet med rapporten er det benyttet et aktsomhetskart fra Kartverket. Dette viser flomvegene sitt eksisterende, naturlige løp i Hamar. Kartet er brukt som et verktøy for å kunne bestemme et optimalt løp for flomvegen og undersøke eksisterende forhold. Informasjon fra kartet er sjekket opp i mot befaringer og registrerte overvannshendelser fra det aktuelle området.

Hensikten til kartet er å kartlegge flomfarene i Gudbrandslågen og dens sidevassdrag. Kartet som er benyttet er en del av et større flomvegskart for Hedmark og Oppland. Modellene er laget

av kartverket i forbindelse med planprosessen rundt planlegging av flombeskyttelse av områdene rundt Gudbrandslågen og dens sidevassdrag (Kartverket, 2016b).

Dataene brukt i modellen baserer seg på kartmodeller for de aktuelle områdene. Den benytter seg av kartdata for å lage en terrengmodell som viser lav- og høypunkter i terrenget. Denne terrengmodellen kombinert med modeller for nedbørsfelt gir et estimat over hvor vannet vil renne og mengden vann som akkumuleres. I dette kartet er NVE sin nedbørsmodell, Regine, benyttet. I modellen er det gjort forenklinger som innebærer at alt vann er forventet å renne av på overflaten. Dette gir en korrelasjon mellom areal og mengde vann i modellen. Mengden vann som akkumuleres i fra de forskjellige områdene er basert på størrelsen av arealet som renner dit. Vannmengden i modellen bør derfor brukes med aktsomhet (Kartverket, 2016b).

Modellen gir en indikasjon på mengden vann som kommer til å akkumuleres ved nedbørshendelser, og hvor vannet mest sannsynlig vil renne. Bruk av modellen sammen med befaringer og registrerte hendelser anses som en pålitelig kilde på hvor vannet renner. Dette kan brukes for å planlegge for hendelser med store mengder vann, lokalisere kritiske punkter og avgjøre hvor ressurser bør benyttes.

I modellen er det framstilt hendelser med både åpne og tette dreneringsveger. Stikkrenner vannet tar ved hendelser der hovedtraseen er tett eller ikke greier å ta unna mengden vann er inkludert i modellen. Dette vil forårsake endringer i flomvegen og er derfor viktig å inkludere og ta hensyn til ved utarbeidelse av en plan (Kartverket, 2016b).

En modell som denne vil ha flere usikkerhetsmomenter og må brukes med forsiktighet. Kartet må regnes som en sannsynlighetsberegning av vannveier og forsenkninger i terrenget. Modellen av avhengig av høy kvalitet på modellene som ligger som grunnlag for å kunne skape et godt resultat (Kartverket, 2016b). Det er viktig at modellen oppdateres med jevne mellomrom da nye utbygninger og endringer i terrenget vil kunne endre flomvegene. For å verifisere resultatene fra modellen er det gjort befaringer i området ved nedbørshendelser og sammenliknet modellen med registrerte hendelser fra privatpersoner og kommunen. Mengden vann som vises i modellen er usikker da den regner med ingen infiltrasjon. I byområder er infiltrasjonen lav, men noe vil infiltreres eller renne av i andre overvannsløsninger.

4.2 NY MODELL

I denne rapporten blir det foreslått flere tiltak for å lede flomvegen i en ny, ønsket retning. Det er derfor ønskelig å undersøke om disse tiltakene vil være effektive. For å gjøre en vurdering på dette er det brukt en modell av flomvegene for å legge inn barrierer der det er foreslått å gjennomføre tiltak. Hensikten med dette har vært å se om tiltaket er effektive og undersøke om flomvegen kan ta andre veger når det blir gjort endringer.

Modellen har blitt brukt i dette arbeidet er laget gjennom QGIS. QGIS er et program som kan vise, analysere og redigere kartdata. Gjennom samtaler og diskusjon med veileder og GIS-koordinator i kommunen har det kommet opp ønsker og tanker rundt hvordan modellen skulle

utformes og hvilke resultater som var ønskelige. Dermed er modellen laget av GIS-koordinator i tråd med disse ønskene og tilgjengelige funksjoner i programvaren.

Denne modellen er basert på de samme metodene som kartverket sin modell, funksjonene som er benyttet er noe forskjellige. Modellen er basert på at mengden vann beregnes ut i fra arealet som renner til. Infiltrasjonen er satt til null. Det er dermed en korrelasjon mellom arealet av nedbørsfeltet og mengden vann som forventes akkumulert. Kartdataene som er brukt varierer noe fra kartene kartverket har brukt i sin modell, da kommunen har fått nye kart siden modellen til kartverket ble laget. Det er gjort begrensinger i arealet på modellen for at beregningene ikke skal ta for lang tid. Barrierene som er lagt inn er gitt en dybde og høyde for å kunne hindre vannet i modellen. Funksjonen for å legge inn bygninger er brukt for simulering i dette tilfellet.

Modellen gir et kart over flomvegene, som ligner det som er utarbeidet av kartverket. Når barrierene er lagt inn gir dette en ny flomveg, der det er mulig å se effekten av tiltakene. Det er mulighet for å legge inn hvor flomvegen gikk før barrierene sammen med den nye flomvegen i modellen, for å kunne sammenligne effekten av endringene.

Metoden er å gjøre dette på er interessant at programvaren er tilgjengelig gratis, og med oppskrift relativt enkelt å gjennomføre. Dette gjør bruken til et lavterskeltilbud for å utvikle flomkart og undersøke effekten av tiltak. Kartinformasjonen som er benyttet er hentet gratis fra nettet. Kart over eiendommer har kommunen og kan kjøpes av andre aktører.

Modellen viser forholdet mellom tidligere flomveg og endringen. Både i retning og kapasitet, som gir en god pekepinn på hvordan endringene vil innvirke på området. Dette gjør det enklere å ta avgjørelser i forhold til hvilke tiltak som skal gjennomføres og ikke. Endringene blir enkelt illustrert så kartet er lett å forstå.

Ved å lage en modell som denne er det flere usikkerhetsmomenter. Modellen i seg selv og informasjonen som er lagt til grunn for modellen vil aldri kunne gjenskape en nøyaktig kopi av virkeligheten. Det er derfor viktig å være kritisk til resultatene og støtte seg til flere kilder før det blir gjort beslutninger. Usikkerhetsmomentene i akkurat denne modellen er beskrevet mer i kapittel 6.2.4.

5 METODE

For å svare på og vurdere en vitenskapelig problemstilling brukes forskningsmetoder. Det er vanlig å skille mellom to forskningsmetoder, kvalitativ og kvantitativ. Hvilken metode som benyttes avhenger av problemstillingen som skal besvares. Den valgte metoden må egne seg til å belyse de problemstillingene som skal besvares.

5.1 KVALITATIV METODE

Kvalitativ metode brukes når problemstillingen ikke kan brytes ned til numeriske størrelser eller når det er mest hensiktsmessig for problemstillingen. Enkeltpersoners subjektive perspektiv på virkeligheten samles inn og analyseres. Metoden krever et objektivt syn og refleksjon over de subjektive dataene for å kunne fremstille et vitenskapelig resultat (Grenness, 1997).

Fordelene med å bruke kvalitativ metode er at det er mulig å få fram nyansene i problemet og utdype problemstillingen på en grundig måte. Metoden er derimot ressurskrevende og kan ha stor usikkerhet om innsamler ikke er påpasselig med de etiske problemene metoden fører med seg og hvordan spørsmålene blir stilt. Informasjonen som blir innhentet er subjektiv, og må behandles med forsiktighet. Dette stiller større krav til de som innhenter informasjonen gjennom prosessen med både å stille de riktige spørsmålene og vurdere informasjonen.

5.2 KVANTITATIV METODE

Kvantitativ metode omhandler målbare størrelser som kan organiseres systematisk. Det innebærer for eksempel statistikk og beregninger. Kvantitative data gir en objektiv fremstilling av informasjon og konkrete forhold. (Grenness, 1997)

Metoden gir gode svar på spørsmål som hva og hvor mange. Svarene er konkrete og gir gode resultater. Ulempene med denne metoden er at det gir et lite nyansert bilde og svarer kun på et spesifikt spørsmål.

5.3 BLANDET METODE

I blandet metode brukes både kvalitativ og kvantitativ metode. Å bruke begge metodene kan gi et mer nyansert bilde av problemstillingen ved å angripe den fra flere sider. Metodene sammen kan utdype, forklare og gi en innsikt i problemstillingen på en ny måte, som ikke er mulig med kun en av metodene.

5.4 VALG AV METODE

I denne rapporten er det brukt en blandet metode for å belyse temaet på en tilfredsstillende og grundig måte. De forskjellige metodene er brukt sammen for å skape en mer helhetlig forståelse av utfordringene i denne rapporten. For å innhente informasjon er det benyttet metoder som befaringer, modeller, samtaler og litteratursøk.

I denne rapporten har det vært hensiktsmessig å benytte seg av en blandet metode for å kunne validere resultatene som ble funnet og modellen som ble brukt. Befaringer og innmeldte skader ble benyttet for å underbygge den kvantitative modellen, da denne hadde kjente usikkerheter.

Metoder som har blitt benyttet i denne rapporten er befaringer, gjennomgang av registrerte og innmeldte hendelser, gjennomgang av rapporter, modeller og beregninger. Sammen har disse metodene skapt et nyansert bilde av problemstillingen.

Rapporten kunne i større grad vært bygget på kvantitative metoder for å gi et mer sikkert bilde på hvordan en flom i området kan utarte seg, men dette er tidkrevende og ligger utenfor ressursene som var tilgjengelige i dette tilfellet.

5.5 REFLEKSJON OG KVALITETSSIKRING

Kvalitetssikring kan defineres som planlagte og systematiske metoder som gjennomføres for at produktet skal oppnå en ønsket kvalitet (Gårseth-Nesbakk, 2014). Dette er et viktig element i det å skrive en troverdig rapport av høy kvalitet. For at resultatene i rapporten skal kunne brukes videre må de ha en god kvalitet.

Det må tas hensyn til menneskelige feil kan ha bli gjort i denne rapporten eller i kildegrunnlaget som har blitt brukt. Disse feilene kan komme fra blant annet feil i innføring, feiltolkning eller feilvurdering av informasjon.

5.5.1 KILDEKRITIKK

Det er viktig å være kritisk til bruk av kilder og bedømme troverdigheten av informasjonen som blir benyttet. Både kilden og innholdet burde vurderes om det er relevant og om kvaliteten er tilstrekkelig. Det er gjerne fire verdier som brukes for å avgjøre kvaliteten på en kilde. Dette er objektivitet, troverdighet, nøyaktighet og egnethet (Orgeret, 2017)

I arbeidet med rapporten har kilder kontinuerlig blitt vurdert etter disse kriteriene for å skape et godt grunnlag med troverdig informasjon. De kildene som er benyttet er vurdert som pålitelige til bruk for dette formålet. Andre kilder har blitt forkastet i prosessen da de ikke har tilfredsstillt kravene for å være en god kilde. Informasjonen har blitt vurdert opp mot tidligere kunnskap tilegnet om emnet.

5.5.2 RELIABILITET

Reliabiliteten til en rapport handler om pålitelighet og stabilitet i målinger. Dette er viktig for å kunne skape en troverdig rapport med korrekte resultater. Målet med reliabilitet er at en måling gjennomført en dag vil gi det samme resultatet en annen dag utført av en annen person (Tønnessen, 2018).

Beregningene gjort i terrengmodellen anses som av god kvalitet og pålitelige. Usikkerhetsmomentet er kartgrunnlaget som er brukt i beregningene. Dårlige kartgrunnlag vil gi et usikkert resultat, selv med høy kvalitet på beregningene. Kartverket har brukt laserdata i

sine modeller, dette er i utgangspunktet gode modeller, men det er usikkert hvor gamle de brukte kartdataene er. Modellene må derfor ses som mest sannsynlige rute som vannet vil ta. Befaringer og modellen sammen vil derimot kunne gi en sikkerhet. Det er derfor i denne rapporten gjennomført befaringer for å undersøke om modellen stemmer.

5.5.3 GENERALISERING

Generalisering betyr å allmenngjøre et resultat for å kunne presentere en allmenn regel eller lov. Det vurderer om resultatene er gjeldende for et enkelt tilfelle, flere tilfeller eller alle liknende tilfeller (Tønnessen, 2017).

Spesifikke tiltak og vurderinger gjort mot valg av flomvegen og anbefaling av tiltak er ikke generaliserbare, da de er gjort opp i mot forutsetningene for en bestemt lokasjon og hendelsesforløp.

Modellen som har blitt laget for å undersøke flomvegene og effekten av barrierene er generaliserbar. Metoden er enkel og lett tilgjengelig. Dette er en løsning som kan brukes i flere områder, også utenfor kommunen. Tiltaket har lav terskel for å gjennomføres, da det er et billig alternativ. Modelleringen kan brukes senere privat, kommunalt og i undervisningssammenheng.

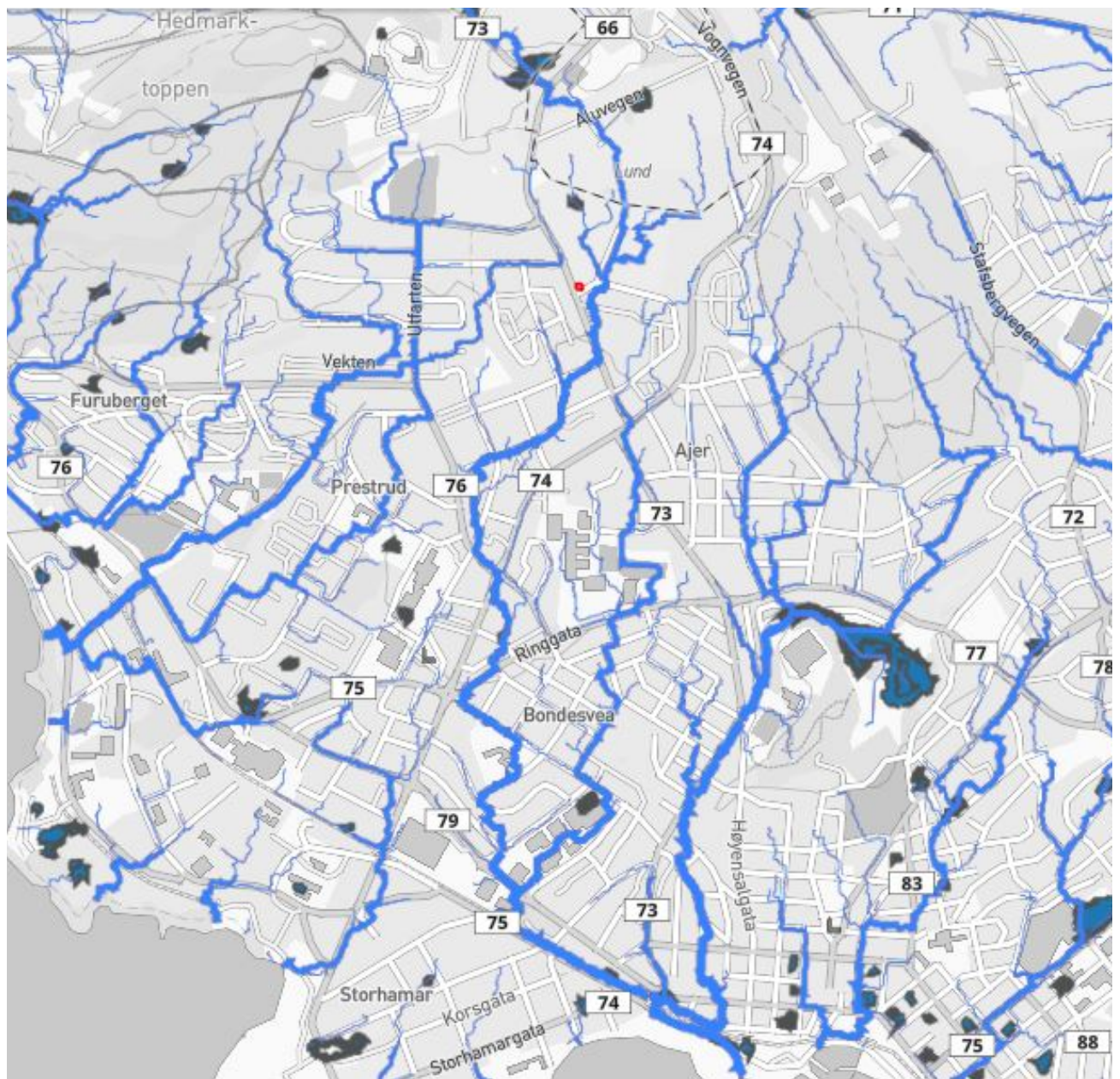
6 RESULTATER OG DISKUSJON

I dette kapitlet presenteres og vurderes resultatene av rapporten. Problemstillingene er drøftet ut i fra allerede presentert teori for å kunne vurdere hvilke løsninger for flomvegen som er mest optimal for denne situasjonen. Kartløsningen har blitt testet ved å sette inn de tiltakene som er foreslått for flomvegen, og vurdert om det gir tilfredsstillende resultater.

Først blir løpet til flomvegen vurdert, før de bestemmes forslag til tiltak som skal føre vannet i det ønskede løpet. Deretter blir effekten av tiltakene undersøkt i modellen laget i QGIS. Til slutt blir resultatene fra modellen presentert og vurdert.

6.1 FLOMVEGEN

I arbeidet med å komme opp med forslag til mulige flomveger har SWECO sin rapport om flomveger og kartet over naturlige flomveger i Hamar blitt benyttet sammen med befaringer og tidligere rapporterte problemer fra området. Disse kildene har til sammen gitt et grunnlag for å si hvor vannet renner i dag og anta hvor problemene vil oppstå. Det som vurderes som kritiske punkter i løpene har blitt identifisert og undersøkt nærmere. Fordeler og ulemper med de forskjellige vegene blitt vurdert opp mot hverandre, for å kunne avgjøre hvilken rute som er mest hensiktsmessig for formålet. Etter samtaler med Bane Nor ble det klart at de kun ville tillate at flomvegen krysset jernbanen i eksisterende underganger for biltrafikk. Dette gjorde så det er tre muligheter for hvor jernbanen kunne krysses hvor undergangene hadde tilstrekkelig kapasitet og det ville være forsvarlig å lede vannet av sikkerhetsmessige årsaker.



Figur 16 Naturlige flomveger i Hamar fra Kartverket sitt flomkart. Påslippspunktet er markert i rødt (Kartverket, 2016a)

Etter at løpet til flomvegen er bestemt presenteres tiltak for at vannet skal renne i det foreslåtte løpet. De anbefalte tiltakene for flomvegen er delt opp i kritiske punkter og generelle utbedringer. Kritiske punktene er enkeltområder som må utbedres for at vannet skal følge det ønskede løpet. De generelle utbedringene gjelder i større grad for hele løpet og er for å forbedre kapasiteten og sikkerheten rundt flomvegen og unngå at vannet tar mindre avstikkere og deler seg opp.

6.1.1 VALG AV LØP TIL FLOMVEGEN

De mulige løpene har blitt vurdert til å være fylkesvei 74, fylkesvei 73 eller fylkesvei 74 med fortsettelse videre nedover fylkesvei 79 og 75. Disse tre løpene ble ansett som aktuelle og vurdert da de er har naturlig fall i ønsket retning, mulighet for stor kapasitet, krysser jernbanen i et punkt med høy kapasitet og en del av vannet allerede renner naturlig i disse løpene. Ut i fra dette ble det vurdert hvilket av løpene som var mest hensiktsmessige for formålet som flomveg og tar hensyn til framtidig utvikling i Hamar.

For å kunne avgjøre hvilket løp som er mest hensiktsmessig for dette formålet er det flere faktorer som må vurderes og tas hensyn til. Faktorer som spilte en viktig rolle i prosessen er blant annet sikkerhet, framtidsplaner for Hamar, framkommelighet i byen og hvor gjennomførbart løpet er.

De tre løpene som ble vurdert som mulige flomveger ble alle ansett som gjennomførbare. De tre alternativene vil renne over offentlig grunn med allerede god oppbygd infrastruktur som kan brukes videre. Flere alternativer har blitt lagt vekk på et tidlig tidspunkt da det ble ansett som lite gjennomførbare eller ikke var mulig å føre til en av undergangene for jernbanen.

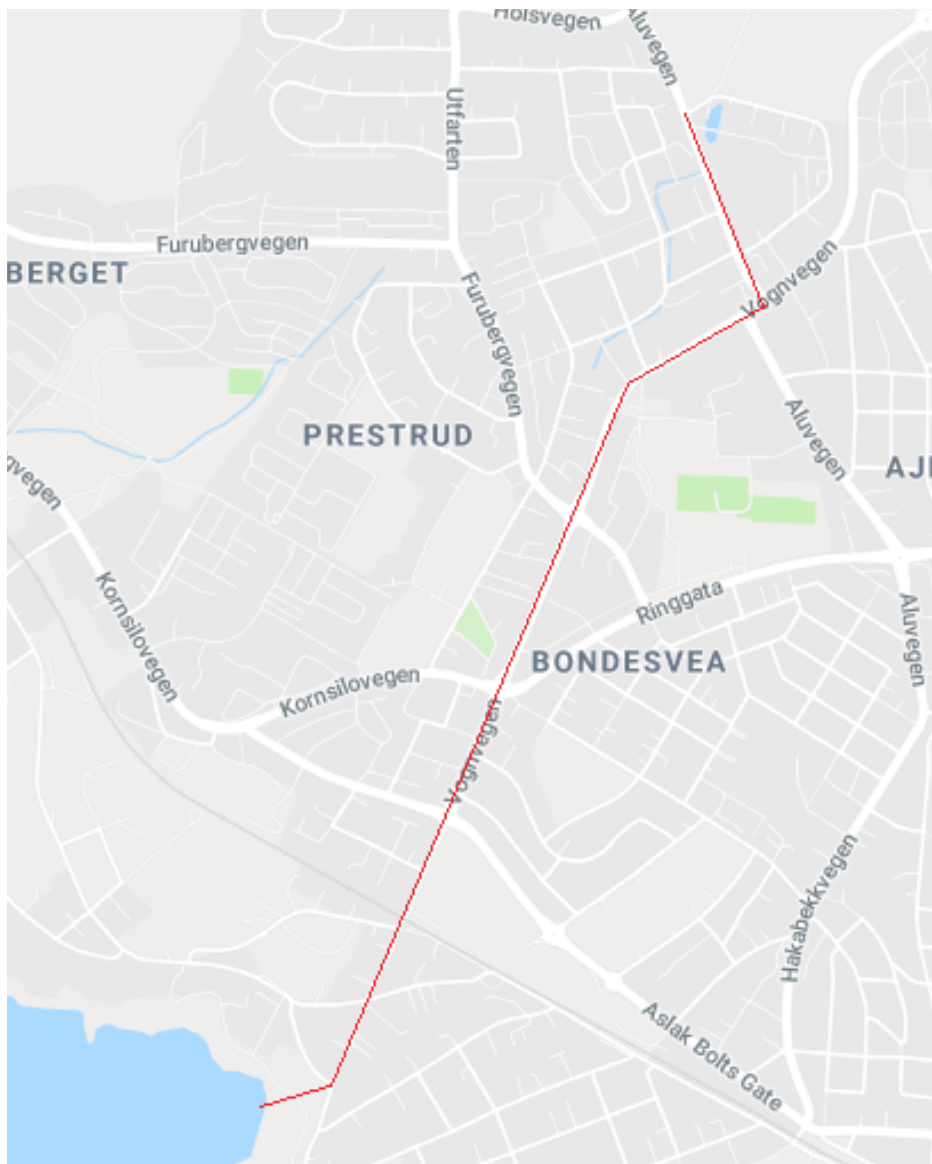
Med hensyn til sikkerheten rundt flomvegen vil alle de tre løpene kunne være gode alternativer. Ingen av løpene renner gjennom boligområder eller over annen kritisk samfunnsstruktur. I alle løpene vil det kunne oppstå problemer med at vannet oppnår stor hastighet på grunn av lengre strekker med jevnt fall og få hindringer. Tiltak for å redusere hastigheten bør derfor vurderes i hvert enkelt tiltak uansett hvilket tilfelle som blir valgt.

Det er planlagt økt fortetning og byutvikling i Hamar sentrum i framtiden. Derfor er det ønskelig å føre mest mulig av vann bort fra sentrumsområdene. Dette er for å hindre at situasjonen blir verre en den er i dag, da det allerede er flere områder hvor det samler seg opp mye vann i sentrum ved blant annet kraftige nedbørshendelser. En del av vannet fra Vold-Lund renner i dag til sentrum, så en ny flomveg vil kunne redusere problemene med oppsamling av vann i sentrum hvis vannet føres utenom.

Den naturlige flomvegen fra området ble vurdert som uaktuell da denne går gjennom flere boligområder og renner over privat grunn i enkelte strekker. På grunn av helningen i området ville det være vanskelig å unngå disse utfordringene. Derfor ble denne ruten vurdert som et dårlig valg sikkerhetsmessig og ville ha krevd store utbedringer i form av naturinngrep og kostnader for å kunne fungere på en tilfredsstillende måte.

Ut i fra dette ble det bestemt at løpet ned fylkesvei 74 ville være best egnet for formålet. Ved å velge denne flomvegen vil mye vann bli ført utenfor Hamar Sentrum. Vegen har relativt få kritiske punkter hvor det må gjennomføres tiltak for å kunne føre vannet til resipienten. For framkommeligheten i byen vil det være mulig å ta andre ruter om det blir høy vannføring i vegen. Det kan bli vanskelig å få gjennomført varetransport i ekstreme tilfeller da

bilundergangen ved jernbanen er den eneste som kan brukes av lastebiler for å nå enkelte steder i Hamar. Dette ses derimot ikke som en avgjørende faktor i dette tilfellet.



Figur 17 Ønsket flomveg fra Vold-Lund til resipienten (Google Maps, 2018)

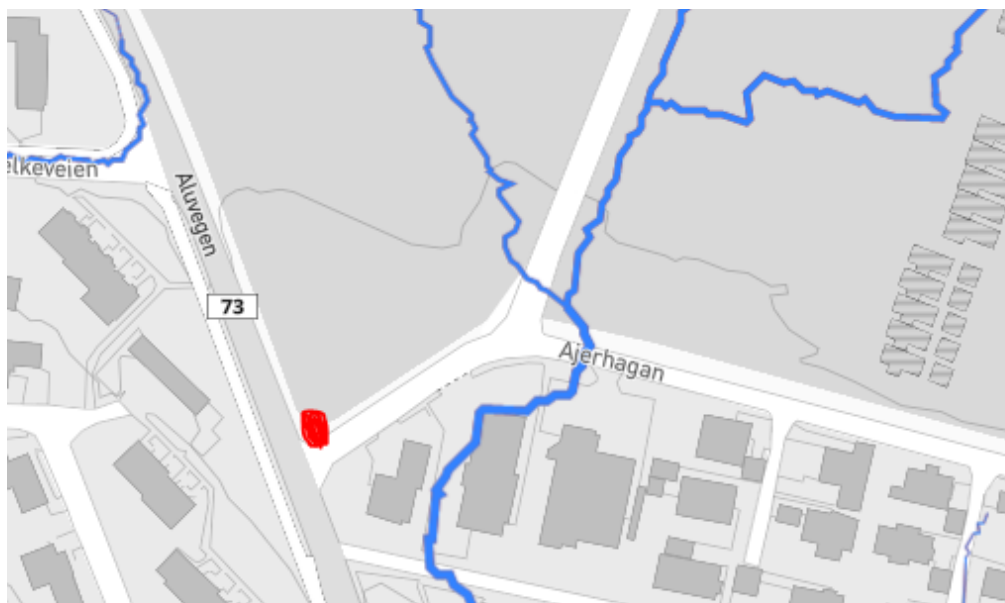
6.1.2 KRITISKE PUNKTER

Ut i fra observasjoner og flomkartet er det antatt at løpet som er valgt til flomveg har 6 kritiske punkter for at vannet skal renne i ønsket retning. De kritiske punktene er der det er det er vurdert at det er mest sannsynlig at flomvegen vil ta en annen retning enn hva som er ønskelig. I tillegg til disse er det noen punkter som bør utbedres for å forbedre kapasiteten og hindre at mindre deler av vannet deler seg. For de kritiske punktene er det i dette kapitlet forslått løsninger for å føre vannet i ønsket retning.

De kritiske punktene er

1. Krysset Aluvegen/ Olav Aukrusts gate
2. Krysset Aluvegen/Vognvegen
3. Rundkjøring 1 Furubergvegen/Vognvegen
4. Rundkjøring 2 Kornsilovegen/Vognvegen
5. Rundkjøring 3 Aslak Bolts gate/Vognvegen
6. Utløpet til resipienten

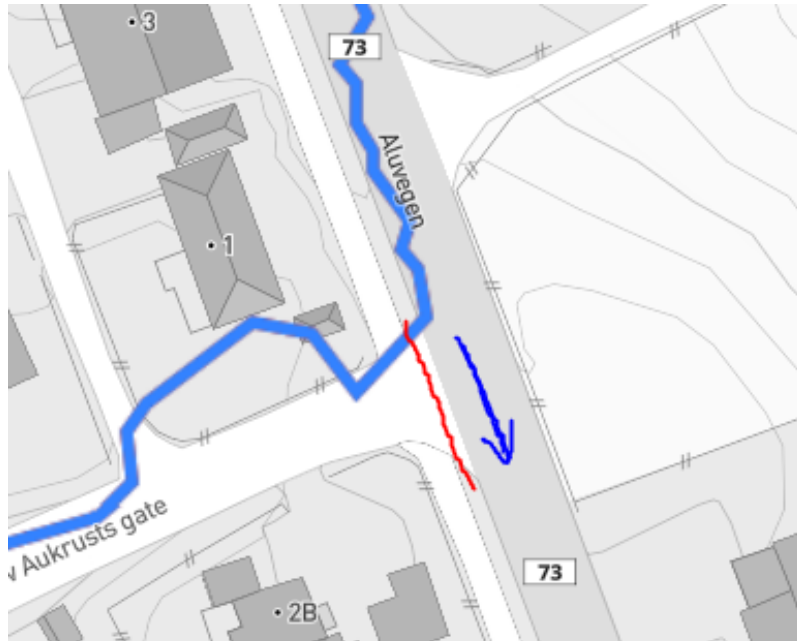
På grunn av utbygningen og overvannstiltakene som skal gjennomføres på Vold-Lund er det forventet at flomvegen vil flyttes innad i utbyggingsområdet. Det nye løpet vil renne ut av området over påslippspunktet til det kommunale nettet. Utbygger har framlagt en overvannsplan for området som innebærer utgraving av en grøft langs Ajerhagan og bygning av et fordrøyningsbasseng ovenfor krysset mellom Aluvegen og Ajerhagan. Det tas derfor utgangspunkt i at flomvegen vil renne ut fra Vold-Lund over dagens påslippspunkt til det kommunale nettet. Dette er markert i rødt på figuren under.



Figur 18 Påslippspunktet til flomvegen fra Vold-Lund etter at utbygningen er ferdig markert i rødt. Blå linjer er dagens vannvei (Kartverket, 2016a)

Kritisk punkt 1

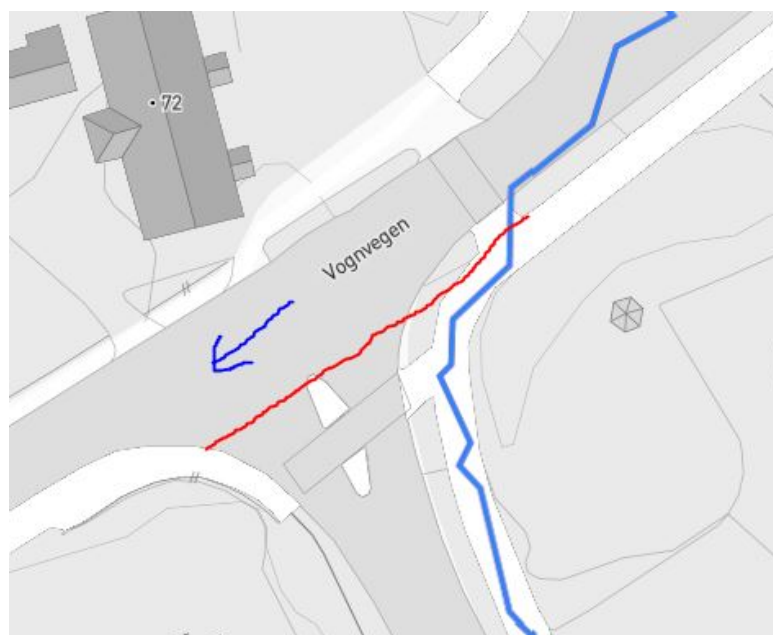
Det første kritiske punktet hvor vannet ikke følger det ønskede løpet er i krysset mellom Aluvegen og Olav Aukrusts gate. Her er det ønskelig at vannet følger Aluvegen nedover mot fylkesvei 73, Vognvegen. I dag renner vannet ned Olav Aukrust gate og gjennom et boligområde som er dårlig rustet for å håndtere store vannmengder. For å unngå dette bør det konstrueres et høybrekk i krysset. Høybrekket er ment for å lede vannet videre nedover Aluvegen.



Figur 19 Tiltak vist i rødt og ønsket vannvei i krysset Aluvegen/Olav Aukrusts veg med pil. Blå linje er dagens vannvei (Kartverket, 2016a)

Kritisk punkt 2

Det andre kritiske punktet er hvor vannet renner fra Aluvegen ut på Vognvegen, og så følger veien videre ned Aluvegen. Her ønsker vi at vannet skal fortsette nedover Vognvegen. I dette krysset bør den konstrueres et høybrekk for å lede vannet i riktig retning. Høybrekket bør etableres både i veien og åpningen i kantsteinen for fotgjengerovergangen da vannet kan ta begge vegene. I åpningen til fotgjengerovergangen må høybrekket konstrueres så den fungerer i tråd med universell utforming.

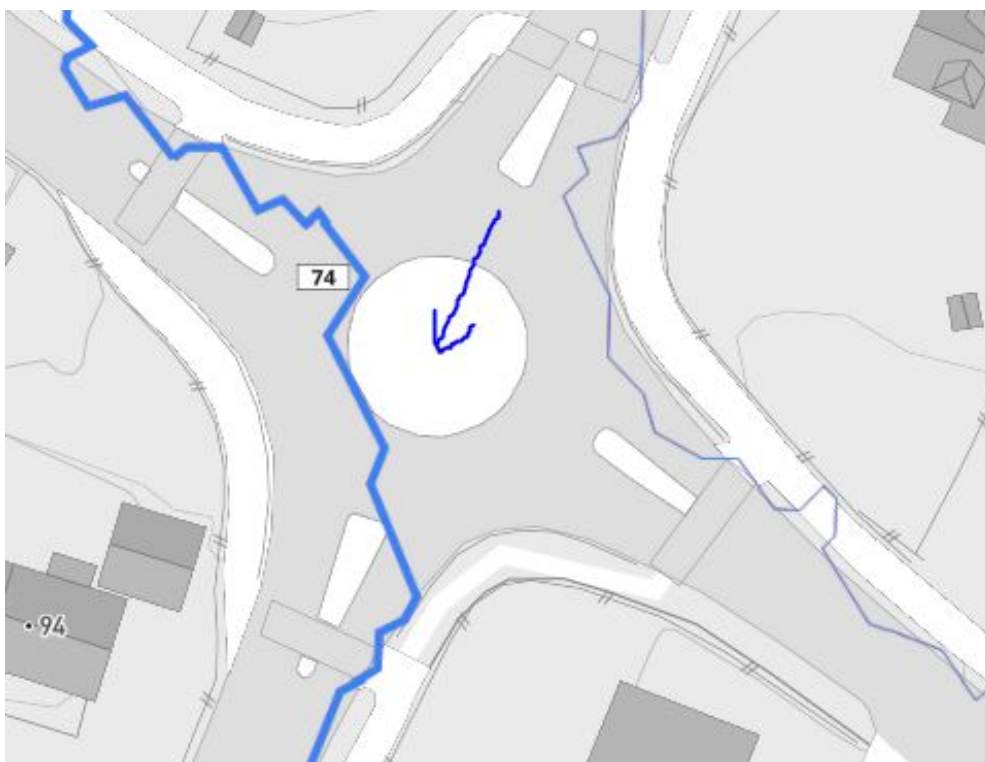


Figur 20 Tiltak vist i rødt og ønsket vannvei i krysset Vognveien/Aluvegen vist med pil. Blå linje er dagens vannvei (Kartverket, 2016a)

Løpet nedover fylkesvei 73, Aluvegen, var en av flomvegene som ble vurdert som aktuelle. Dette løpet er ønskelig å bruke som et overløp for den planlagte flomvegen. Høybrekket må derfor konstrueres med hensyn på hvor mye vann det er ønskelig å føre nedover flomvegen på dette tidspunktet.

Kritisk punkt 3,4 og 5 - rundkjøringene

De neste tre kritiske punktene er rundkjøringene i Vognvegen. Rundkjøringene er konstruert etter statens vegvesen sin vegnorm, som innebærer at de har fall ut i fra midten. Dette fører til at flomvegen deler seg i disse punktene. Det må derfor utarbeides en løsning som trygt kan føre vannet gjennom rundkjøringen samtidig som trafiksikkerheten opprettholdes. Under befaringer ble det også oppdaget av asfalten var veldig slitt enkelte steder i rundkjøringene, noe som førte til at vannet ble ført i hjulsporene og løpet delte seg.



Figur 21 Pilen viser ønsket vannvei gjennom rundkjøring i Vognveien. Blå linjer er dagens situasjon (Kartverket, 2016a)

Det anbefales at det utformes en løsning som kan føre vannet rett gjennom rundkjøringene. Det foreslås en løsning hvor det lages en nedsenkning i sirkulasjonsarealet i midten av rundkjøringen hvor vannet kan renne gjennom. For å sikre at kjøretøy ikke kan kjøre gjennom rundkjøringen må det opprettes en type stengsel som virker avstøtende på kjøretøy, men likevel lar vannet renne gjennom. Se figur 8 for eksempel på rundkjøring som er utformet på denne måten. Nedsenkningen bør legges i brostein, så rundkjøringen kan fungere som LOD hvor vannet kan infiltrere grunnen ved mindre nedbørshendelser.

Det vil være nødvendig å gjøre endringer i vegprofilen før rundkjøringene for å lede vannet til midten. Dette kan gjøres med å lage fallet til vegen mot midten i siste strekket før

rundkjøringen, etablere delte fartsdempere som leder vannet eller utnytte seg av arealet til midtdelerende før rundkjøringene. Dette vil samle mer vann midt i vegen et stykke, men skape en større sikkerhet for hvor vannet renner.

Kritisk punkt 6

Det siste kritiske punktet er hvor vannet skal renne fra Vognvegen ut i resipienten. Hvor vannet renner ut i dag er lavpunktet i terrenget for området. Det vil derfor kreve uhensiktsmessige store terrenginngrep for å lede vannet ut til resipienten et annet sted. utfordringer kommer i at den naturlige flomvegen renner over et tun, mellom flere bygninger. Dette er veldig uheldig og kan føre til materielle skader. Det eksisterer en overvannsledning på 1000 mm fra vegen ut til en bekkeåpning på andre siden av byggene. I dag tar denne unna det meste av vannet ved større nedbørshendelser. Det må likevel lages en løsning som kan føre unna vannet når ledningen går full eller hvis den blir tett. Med endringene lenger opp i flomvegen er det også forventet at det vil renne mer vann i dette området i framtiden.



Figur 22 Siste strekket av flomvegen, ut til resipienten (Kartverket, 2016a)

Området er allerede svært utsatt for flom fra Mjøsa, dette må tas hensyn til når det utarbeides en løsning for området. På grunn av flere utfordringer i dette området er det i denne rapporten ikke tatt stilling til en løsning. Dette må utarbeides videre.



Figur 23 Flomsonen til Mjøsa ved 100 års flom (Kartverket, 2016a)

6.1.3 GENERELLE UTBEDRINGER

Utenom de kritiske punktene for å føre vannet i riktig retning er det også flere utbedringer som bør gjøres for å samle flomvegen mest mulig og hindre ukontrollert avrenning. Dette er utbedringer som ikke er kritisk for retningen til flomløpet, men kan kunne forbedre kapasitet, sikkerhet og hindre mindre avstikkere.

Kantstein

Den valgte flomvegen har kantstein på en side i store deler av løpet. Ved å bruke kantstein på begge sider av vege vil kapasiteten til flomvegen øke, det vil bli mindre sjanse for skade på nærliggende bygninger og det vil bli lettere å kontrollere retningen på vannet. Det anbefales at strekningen utbedres med kantstein på begge sider.

Kapasiteten i flomvegen øker betraktelig ved å benytte seg av 15 cm kantstein over 5 cm. Ved økt kapasitet øker også vannhastigheten. En vannhastighet på opp mot 3,4 m²/s vil være kritisk og kunne skape farlige situasjoner i byen, ref. Figur 7. Det er derfor optimalt å finne en løsning der forholdet mellom kapasiteten og vannhastigheten er optimal for dette tilfellet. Vannhastigheten, i dette tilfellet, tilsier at løpet renner helt fullt.

Tabell 4 Effekten av høyden til kantstein på kapasiteten til flomvegen

Kantsteinhøyde, m	Vannhastighet m ² /s	Kapasitet, m ³ /s
0,05	1,65	0,58
0,1	2,6	1,82
0,15	3,39	3,56

Detaljerte utregninger og forenklinger gjort kan leses i vedlegg A.

Ved befaringer er eksisterende kantstein målt til en høyde på mellom 0,11 m og 0,15 m på forskjellige punkter i løpet.

Skrå høybrekk

Ved bruk av kantstein vil det være nødvendig med åpninger i denne for blant annet kryss, avkjøringer og fotgjengeroverganger. For å unngå at vannet tar andre løp i disse tilfellene må terrenget utformes så laveste punktet blir i retningen vannet er tiltenkt å renne. Under befaringer i flomvegen har det blitt observert flere steder der deler av vannet renner inn på parkeringsplasser, i hager, inn på fotgjengerfelt og lignende. Dette kan forbedres ved gjennomføre tiltak med høybrekk.

For fotgjengeroverganger og mindre avkjøringer er det aktuelt å etablere skrå høybrekk for å hindre vannet. Et skrått høybrekk vil kunne lede vannet i riktig retning samtidig som det opprettholder framkommeligheten og kravene til universell utforming.

Fartsdempere

Nedover i Vognvegen er det fartsdempere med jevne mellomrom for at bilister skal holde hastigheten nede i området. Fartsdempere i flomvegen burde bygges om og utformes som delte. Dette er for å unngå at vannet samler seg opp foran eller renner i andre retninger rundt fartsdempere.

Rundt fartsdempere må det følges opp med vedlikehold kontinuerlig da disse samler opp materialer som vannet bringe med seg. Mangel på vedlikehold kan føre til lavere kapasitet i flomvegen og potensielt farlige situasjoner for kjørende.

6.2 MODELL AV VALGT FLOMVEG

For å undersøke om de foreslåtte tiltakene ville ha ønsket effekt ble en ny modell av flomvegene utarbeidet. I modellen ble det lagt inn barrierer i områder hvor det var observert og antatt at flomvegen ville ta andre ruter for å undersøke om tiltak der vil være effektivt og om flomvegen eventuelt tar andre ruter lenger ned etter endringene.

6.2.1 GENERERING AV MODELLEN

Modellen er laget ved å konstruere flomvegen som en vektorlinje i QGIS. Den digitale høydemodellen er hentet fra høydedata.no. Tiltakene er lagt inn som polygon i modellen, med samme metode som brukes for å legge inn bygninger. Dette gjør så tiltakene har både en høyde og en dybde, høyden på tiltakene er i dette tilfellet satt til 2 m. Når alle tiltakene er lagt inn blir flomvegene generert på nytt. Den nye modellen gir flomvegen med tiltakene og viser hvilket løp vannet da mest sannsynlig vil ta i den nye situasjonen.

For å gjøre modellen mer gjennomførbar er det gjort forenklinger. Deler av nedbørsfeltet som ikke er aktuelle for området i denne rapporten er tatt vekk, for at beregningene skal gå raskere. Tiltakene er laget på en forenklet måte, som et polygon. Løpene med minst vann er fjernet fra modellen for å gi en bedre framstilling av flomvegene og gjør det lettere å tolke modellen. Disse forenklingene kan gjøre så modellen blir mindre nøyaktig.

6.2.2 TILTAK

Barrierene er markert med rødt i modellen og er lagt inn ved

1. Overvannshåndteringen i Vold-Lund
2. Krysset Aluvegen/Olav Aukrusts gate
3. Krysset Aluvegen/Vognvegen
4. Rundkjøring 1 Furbergvegen/Vognvegen
5. Strekke langs Vognvegen etter kryssing av jernbanen

Det var planlagt å legge inn barrierer ved rundkjøring 2 Kornsilovegen/Vognvegen og 3 Aslak Bolts gate/Vognvegen, men dette var ikke nødvendig da vannet tok en avstikker ut av den planlagte flomvegen. Det antas at disse to ville hatt samme effekt som barrierer nr. 4 og ledet vannet ned Vognvegen.



Figur 24 Utklipp fra modell for ny rute for flomvegen

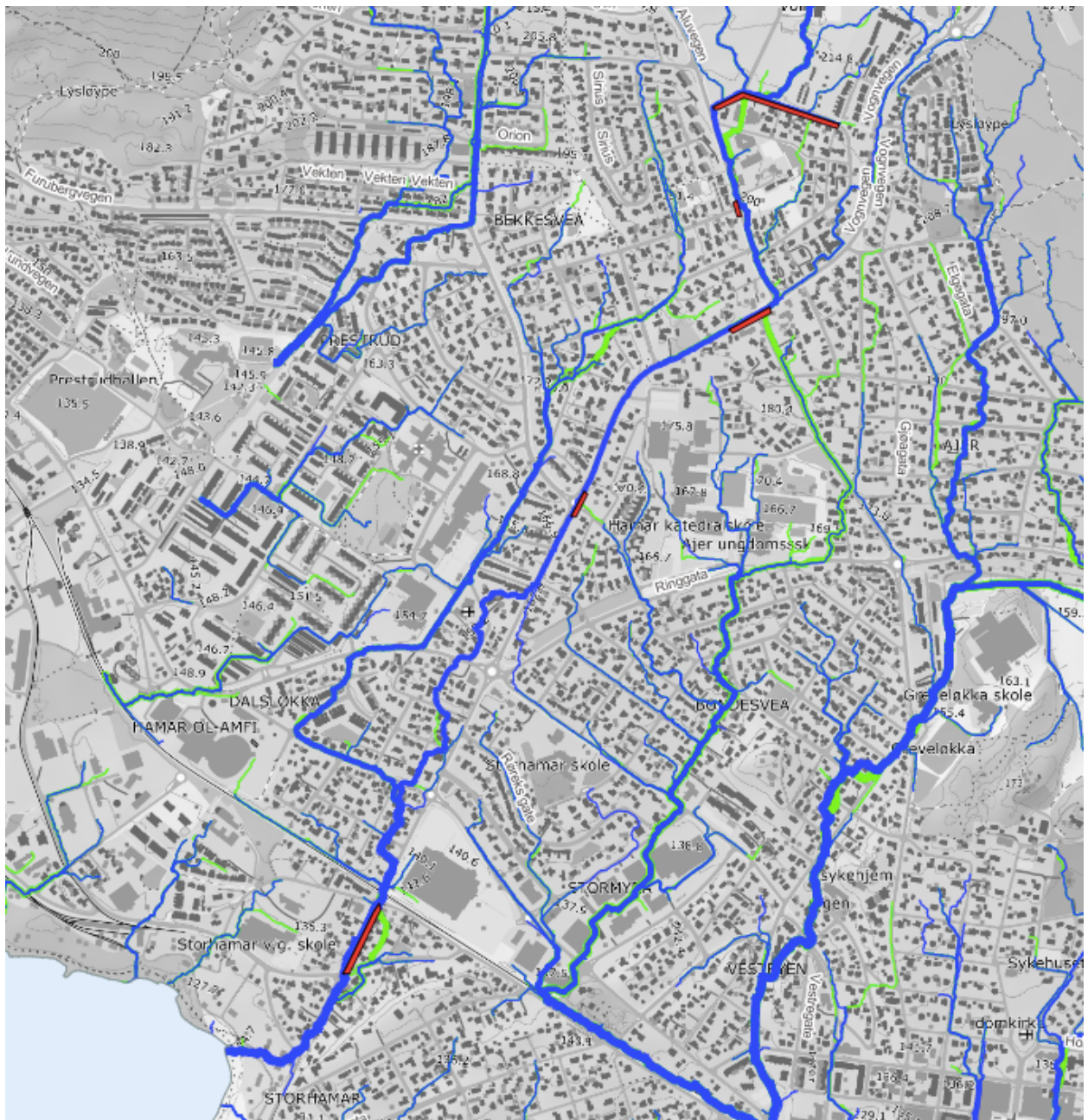
6.2.3 RESULTATER

Modellen viser at flomvegen følger ønsket løp med innlagte tiltak til etter den første rundkjøringen. Her tar vannet retning mot nord-vest, gjennom et boligfelt før det renner ut igjen på den planlagte flomvegen. Modellen viser at de allerede planlagte tiltakene vil være effektive, men det må vurderes å gjennomføre tiltak på flere steder enn det som først ble antatt da flomvegen tar nye avstikkere etter endringene er lagt inn.

Det er lite sannsynlig at det hadde blitt observert at flomvegen ville ta en avstikker ut fra flomvegen etter første rundkjøring hvis tiltakene ikke hadde blitt testet i modellen. Dette viser at modellen fungerer på ønsket måte, ved å framheve områder som må vurderes nærmere før endelige avgjørelser tas om utbygning og tiltak.

Den nye modellen ga oss muligheten til å lage en sammenligning mellom den opprinnelige flomvegen og den nye vegen med tiltakene. Denne framstillingen gir oss mulighet til å sammenligne hvor vannet renner før og etter implementering av tiltakene og se hvordan mengden vann på forskjellige områder varierer. Dette er en god metode for å se effekten av tiltakene på.

Endringene i flomvegen fører til mindre vann på områder som har vært utsatt for oversvømmelse ved tidligere hendelser. Dette særlig i området rundt Hamar Katedralskole og Ajer ungdomsskole både i forbindelse med skolene og boligområdene rundt. I disse områdene er det fra før av rapportert om flere hendelser med mye vann. Det blir mindre vann i området rundt Stormyra. Modellen viser også at det blir mer vann i flomvegen, som ønsket.



Figur 25 Utklipp fra modell med ny flomveg i blå og naturlig flomveg i grønn

Modellen viser at dette kan være en god løsning for å lage en enkel modell av flomveger og undersøke effekten av tiltak i framtiden. Resultatet gir en god pekepinn på hvilke områder fokuset burde være på for å kunne utvikle en sikker flomveg og gjøre nødvendige tiltak. Modellen illustrerer hvordan tiltakene vil påvirke flomvegen og områdene rundt.

6.2.4 USIKKERHET

Alle modeller vil ha usikkerhetsmomenter, da en modell ikke vil kunne framstille hele virkeligheten. En modell vil gjerne ha forenklinger for å kunne framstille problemstillingen på best mulig måte og fordi programvarer gjerne har begrensinger. I dette tilfellet har modellen flere usikkerhetsmomenter som må tas hensyn til når modellen benyttes. Noen av

usikkerhetsmomentene var vi klar over før vi begynte, mens andre kom fram etter at modellen var generert.

Modellen er kun testet ut en gang på et område av en gitt størrelse. Dette gir ingen sikkerhet rundt om modellen vil fungere i andre situasjoner eller på andre steder. Det er derfor viktig å gjøre undersøkelser for å verifisere resultatene om modellen skal benyttes ved senere anledninger. En modell av denne typen vil ikke kunne gi et helt sikkert bilde på hvordan vannet vil renne ved en flomsituasjon.

Resultatene fra modellen kan ikke undersøkes opp mot faktiske forhold før tiltakene har blitt gjennomført. Dette gir derfor en viss usikkerhet. Ut i fra tidligere erfaringer med modellen, ses det derimot sannsynlig at vannet vil ta denne vegen.

Sammenligningen viser at det originale flomløpet, markert i grønt, ikke er det samme som i kartverket sin modell. Denne forskjellen kan komme av at modellene er utarbeidet fra forskjellig kartgrunnlag. Kartgrunnlaget kan ha endret seg, eller detaljnivået kan være forskjellig. I den nye modellen er det valgt å ikke vise de minste flomvegene. Vi har ingen informasjon om hva som har blitt gjort i modellen til kartverket. Dette understreker usikkerhetene i bruken av modeller som disse, og at det er viktig å gjøre støttende undersøkelser.

I vår modellering ble det oppdaget at kantstein ikke er innenfor detaljnivået til høydekurvene. Dette er det derimot tatt hensyn til og undersøkt gjennom bruk av google street view og befaringer. I områder dette er et problem sammenlignet med kartverket sin flommodell, og deretter lagt inn i modellen. Dette er blant annet barriere nr.5.

7 KONKLUSJON

7.1 FLOMVEGEN

Det er nødvendig å opprette en flomveg fra området Vold-Lund på grunn av at det er forventet at det skal renne mer vann fra området i framtiden. En flomveg vil redusere faren for skader og ulemper ved hendelser med store vannmengder.

Fylkesveg 74, Vognvegen, er vurdert som det mest hensiktsmessige alternativet for å føre vannet til resipienten i denne situasjonen. For at dette alternativet skal fungere som flomveg må det gjennomføres tiltak.

Plassering av tiltakene som er foreslått i rapporten vil være effektive for å lede vannet i ønsket retning i følge modellen. Å gjennomføre tiltak på disse områdene vil være nødvendig for å lede vannet ned flomvegen. Det må antas at andre, lignende tiltak på samme plassering kan være like effektive. Flomvegen må modelleres på nytt, der det legges inn barrierer der vannet renner ut mot nord-vest for å undersøke at vannet ikke vil renne ut på andre steder lenger ned i

flomvegen. Tiltakene vil øke mengden vann i Vognvegen, noe som gjør at det er viktig at det gjennomføres tiltak i hele flomvegen. Så de økte vannmengdene ikke skaper problemer lenger ned.

7.2 MODELL AV VALGT FLOMVEG

Modellen som ble brukt til å modellere flomvegen anses som å være vellykket. Modellen ga gode resultater innenfor de områdene som var ønsket og er et verktøy som kan brukes ved lignende situasjoner ved senere anledninger. Modellen er rimelig og relativt enkel i bruk.

Modellen har begrensinger, og bruken må tilpasses disse. Modellen burde ikke brukes alene for å fatte beslutninger, men i et ledd sammen med flere andre kilder for å få et helhetlig bilde av situasjonen og se effekten av tiltak. Det må tas hensyn til usikkerhetene modellen har.

8 FØR VIDERE ARBEID

Tiltakene som er foreslått i rapporten må detaljprosjekteres og dimensjoneres før de gjennomføres.

Det må utarbeides en løsning for hvordan vannet skal håndteres i kritisk punkt 6. Dette bør gjennomføres på et tidlig stadium da tiltak i øvre del av vegen vil føre til økt vann i området.

Ved en utbygning som denne vil det være forventet at det blir en økt vannmengde i området, selv ved mindre nedbørshendelser. Det bør derfor vurderes tiltak, som i tråd med LOD, kan fungere ved mindre hendelser langs flomvegen.

9 REFERANSER

Benestad, R., Mamen, J., Harstveit, K., & Fuglestvedt, J. S. (2017). Klimaenringer. In: Store Norske Leksikon.

Bergen Kommune. (2005). *Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen Kommune*.

COWI. (2009). *Kommunedelplan Stavsberg - overvannshåndtering*.

Defra. (2014). *Flood Risk Assessment Guidance for New Development, Phase 2*,

R&D Technical Report FD2320/TR2.

Google Maps. (2018).

Grenness, T. (1997). *Innføring i vitenskapsteori og metode*. Oslo: Tano Aschehoug.

Gårseth-Nesbakk, L. (2014). Kvalitetssikring. In: Store Norske Leksikon.

Kartverket. (2016a). *Flomveikart*.

Kartverket. (2016b). Produktark: Flomveikart i Oppland og Hedmark. In: Fylkesmannen i Oppland.

Klima- og miljødepartementet. (2015). *Overvann i byer og tettsteder*. (NOU 2015:16).

Kommunal- og moderniseringdepartementet. (2015). Klimatilpasning.

Krogstad, T. (2018). Flomveier i Porsgrunn, planer og praksis.

Lillevold, O. M. (2010). Overvannsplan Vold-Lund.

Lillevold, O. M. (2011). Flomveier ut av området.

Lindholm, O., & m.fl. (2008). Klimatilpasset Overvannshåndtering. In: Norsk Vann.

Lovdata. (2017). Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift).

Manitoba Floodway Authority. (2018). Red River Floodway. Retrieved from <https://www.gov.mb.ca/flooding/fighting/floodway.html>

Norges Geologiske Undersøkelse. (2017). Løsmasser.

Norsk klimaservicesenter. (2017). Klimaprofil Hedmark.

Norsk Vann. (2017a). Kurs i klimatilpassing og overvann.

VA-norm Hamar Kommune, (2017b).

NVE. (2018). Om flomvarsling og jordskredvarsling. Retrieved from <http://www.varsom.no/flom-og-jordskredvarsling/om-flomvarslingen-og-jordskredvarslingen/>

Olje- og energidepartementet. (1996). *Tiltak mot flom*. (NOU 1996:16).

Orgeret, K. S. (2017). Kildekritikk. In: Store Norske Leksikon.

Ræstad, C. (2014). Retrieved from <https://www.fylkesmannen.no/Documents/Dokument%20FMOA/Milj%C3%B8%20og%20klima/Vann/Overvannseminar%202014/H%C3%A5ndtering%20av%20overvann%20fra%20urbane%20veger%20-%20Christen%20R%C3%A6stad.pdf>

Røstum, J., Bruaset, S., Seske, T., Bjørnsen, B., Uribe, C., & Markhus, E. (2014). Åpne flomveger i bebygde områder. In: Norsk Vann.

SINTEF Byggforsk. (2012). Vann i by - håndtering av overvann i bebygde områder. Retrieved from https://www.byggforsk.no/dokument/2562/vann_i_by_haandtering_av_overvann_i_bebygde_omraader

- Southwest Florida Water Management District. (2018). Stormwater systems in your neighborhood.
- Statens Vegvesen. (2013). Håndbok N100 Veg og gateutforming.
- Statens Vegvesen. (2014). Håndbok N200 Vegbygging.
- Storemyr, H. H. (2016). Klimatilpasning overvann.
- Tabuchi, H. (2017). Tokyo is preparing for floods beyond anything we've seen.
- Tollan, A. (2017). Flom. In: Store Norske Leksikon.
- Tønnessen, S. (2017). Generalisering. In: Store Norske Leksikon.
- Tønnessen, S. (2018). Reliabilitet. In: Store Norske Leksikon.
- VA-miljø. (2016). *Åpne flomveier*. Retrieved from <http://www.va-blad.no/apne-flomveier/>
- Water Technology. (2018). Red River floodway expansion project. Retrieved from <http://www.water-technology.net/projects/red-river-floodway-expansion-project/>
- Ødegaard, H. (2014). *Vann- og avløpsteknikk*: Norsk Vann.

VEDLEGG

Vedlegg A

Beregning av vannføring og vannhastighet ved forskjellig høyde på kantstein.

Mannings formel

$$v = M \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

Hvor

v = vannhastigheten i m/s

M = Mannings tall for friksjon med kanal materialet

R = hydraulisk radius i m

I = kanalens fall i m/m

$$Q = vA$$

Hvor

Q = mengden vann i m³/s

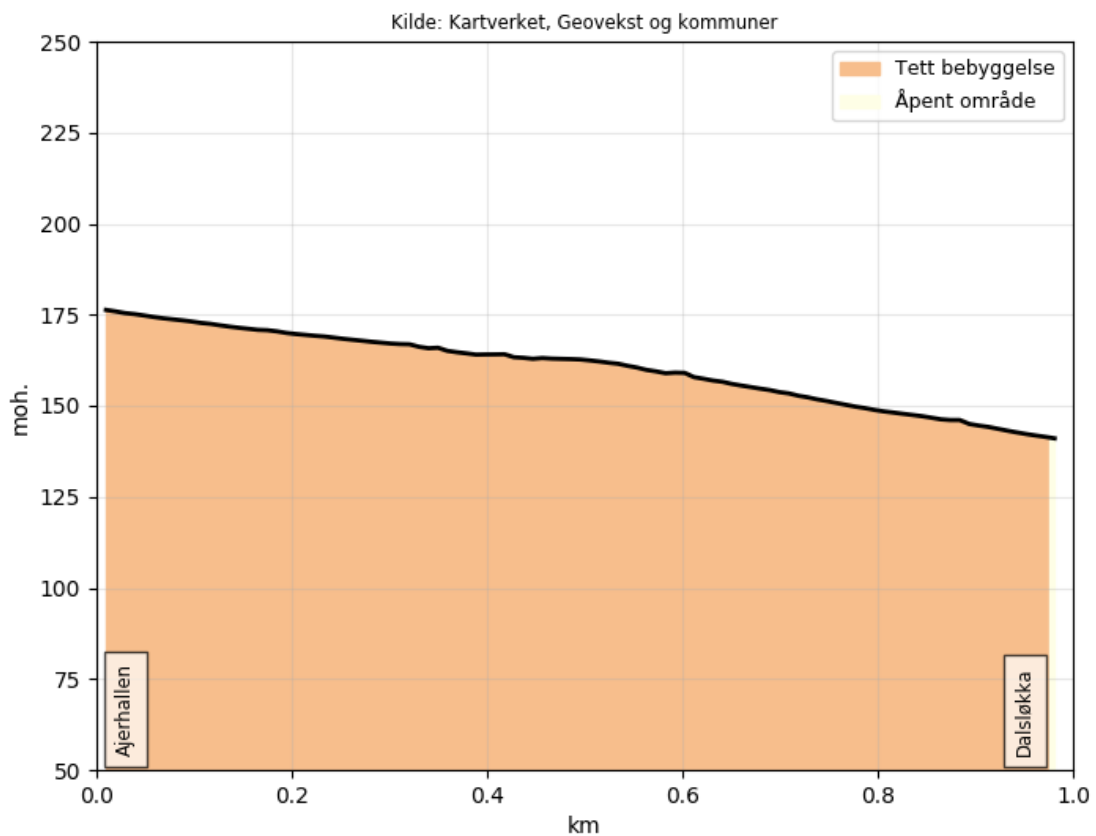
A = areal i m²

Bredden av veien er målt til å være gjennomsnittlig 7 m.

I denne utregningen er det gjort forenklinger som innebærer at veien er flat. Dette vil gi noe avvik fra den reelle situasjonen.

Kantsteinhøyde, m	Areal, m²	Hydraulisk radius, m
0,05	0,35	0,049
0,1	0,7	0,097
0,15	1,05	0,144

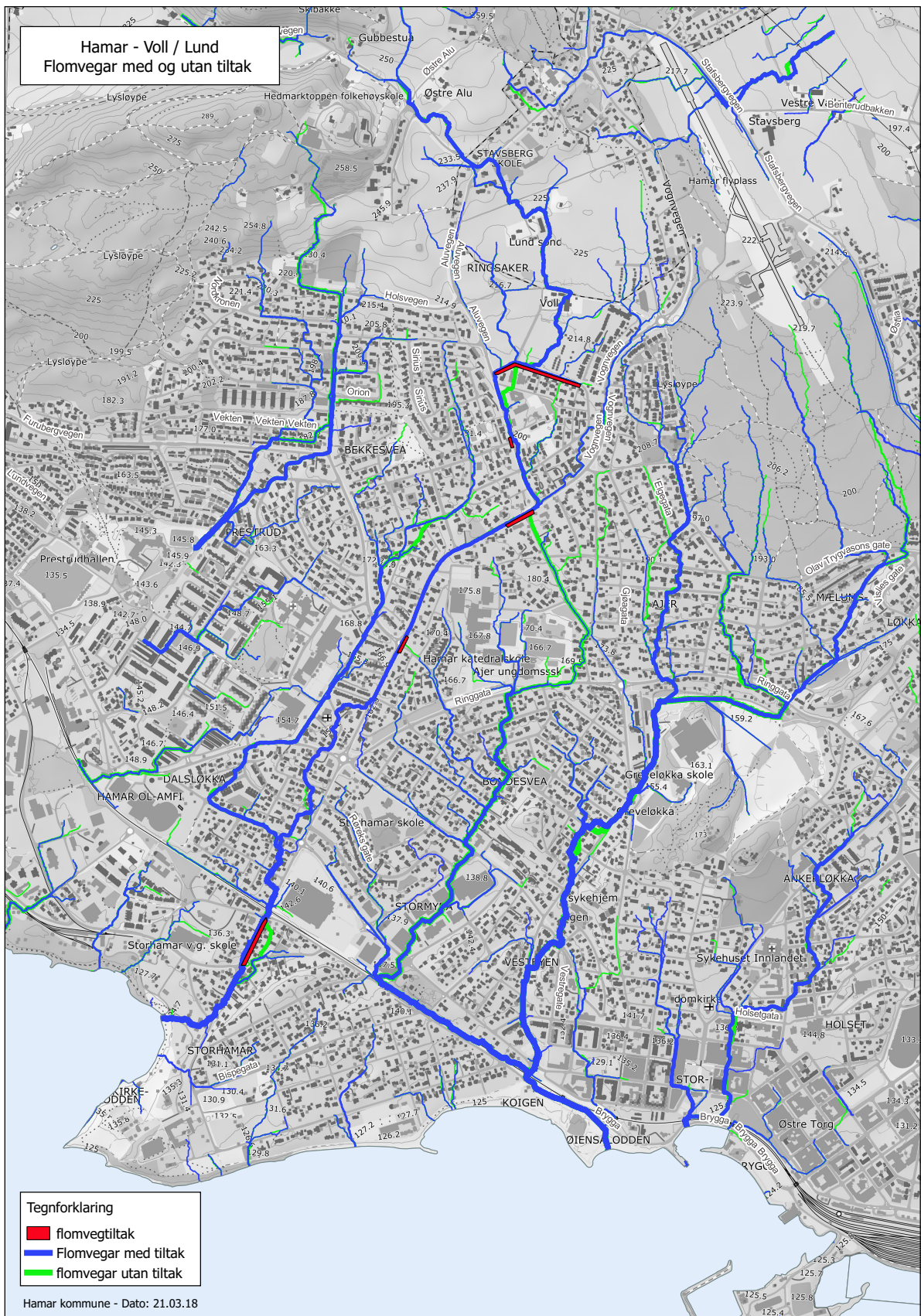
Mannings tall er satt til 65



$$I = \frac{178\text{m} - 143\text{m}}{980\text{m}} = 0,036$$

Kantsteinhøyde, m	Vannhastighet m ² /s	Kapasitet, m ³ /s
0,05	1,65	0,58
0,1	2,6	1,82
0,15	3,39	3,56

Vedlegg B



Vedlegg C

