



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2021 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Tilstandsvurdering/kontroll av dimensjonering og drift av lukkede overvannsmagasiner

Assessment of the dimensioning and operation of
closed stormwater magazines

Ivar Hansen Kvernsveen
Vann og miljøteknikk

Sammendrag

Overvann er et stadig voksende problem med den økende graden av urbanisering i dag. Byene vokser raskt, og nedbøren øker med både hyppighet og intensitet. Til sammen byr dette på problemer hvor nedbøren kan forårsake store materielle skader. Dagens ledningsnett er ikke bygget for å takle hverken dagens eller fremtidens nedbør, og vi må derfor bruke andre løsninger. En av disse løsningene som allerede er i bruk mange steder, bygger på gode erfaringer og utprøvd teori. Er overvannsmagasin, også kalt fordrøyningsmagasiner.

I denne oppgaven fokuseres det på de lukkede overvannsmagasinerne under bakken, og deres oppgave for å holde igjen de største vannmengdene ved ekstremnedbørshendelser. Dette er for å unngå sjokkbelastning på ledningsnettet, som kan føre til oversvømmelser og i de verste tilfeller spillvann som kommer opp til overflaten igjen.

Det som vurderes er selve dimensjoneringen og driften av overvannsmagasinerne. Det samles derfor inn prosjekteringsdokumenter og bilder av ferdigbygde magasiner i drift. Resultatdelen legger fram de faktorene som inngikk i hvert enkelt magasins beregninger sammen med bilder av det respektive magasinet. Analysen av dimensjoneringen viser at de fleste magasinerne blir dimensjonert på samme måte med små variasjoner i metode. Det oppstår større forskjeller i valg av løsninger etter nødvendighet volum er beregnet. Valg av type magasin, design valg på magasinene samt utførelsen utgjør en stor forskjell fra magasin til magasin.

Etter alt er tatt hensyn til utfører alle magasinene sin rolle ved å fordrøye de store vannmassene, så en stor del av kritikken blir heller rettet mot deres evne til å fordrøye de store vannmassene i det tidsrommet magasinet er designet for å vare. Samtlige magasiner er designet for å stå der i minst 25 år, i de fleste tilfeller lenger. De burde derfor ikke ha problemer med å fungere optimalt i dette tidsrommet.

Samtlige av magasinene i datasettet hadde allerede problemer etter 5-7 år. Det var mest problem med avsetninger i magasinene, noe som kunne løses med en slamspyling av disse. Et annet problem var selve overdimensjoneringen eller en eventuell underdimensjonering, hvor overdimensjoneringen er foreslått løst ved å endre på utslippsarrangement for å senke utslipp fra magasinet.

Underdimensjonering kan løses på motsatt måte, men dette forutsetter samtidig en oppgradering av nedstrøms overvannsnett. En bedre løsning på dette problemet vil nok være å vurdere mer blågrønnby løsninger. Dette er både kostbart og tidkrevende og det er derfor en slik etterkontroll av magasiner for å finne de som byr på problemer er nødvendig.

Abstract

The amount of excess runoff water is becoming a growing problem in an urbanizing world. Cities expanding at a rapid rate combined with rain events growing in both frequency and intensity pose a challenge as we strive to protect property and infrastructure. The current pipe systems do not have the capacity to deal with the rain events of today or the future. That is why we must implement other solutions to handle these challenges. One of the most tested and fault proof systems we use as a solution is to use underground magazines to store stormwater runoff.

This thesis is focused on the design and operation of these underground magazines. Design documents and on-site pictures of operational magazines have been collected from various Norwegian cities. The result segment of this thesis presents the different criteria that has gone into the design of each magazine, and it features inspectional pictures of said magazines. The analysis of these magazines show that the dimensioning method used was similar regardless of the company that executed the job. It shows that the major differences depended on the contractor doing the construction work or the owner's choice of magazine solution. Hence the differences happen mostly after the necessary storage volume is calculated. The combination of volume calculation with the choice of magazine type is the cause of significance between cases.

All things considered the magazines analysed in this thesis all achieve their purpose by delaying excess stormwater runoff. The criticism in this thesis is targeted towards the magazines ability to remain operational in its design period. All the magazines in this dataset are designed to last at least 25 years, and in most cases longer. Therefore, there should be no operational problems within this period.

Most of the magazines in this thesis had already encountered issues within the first 5-7 years, as shown later. The issues were concerned with sedimentation or remains from the construction phase, which are solvable by flushing. Another problem discussed is the over or under dimensioning of the magazine volume. The proposed solution to the over dimensioning would be to reduce the outlet of the magazine by changing the current outlet arrangement to lower the outlet per second during a rainstorm incident. Solving the under dimensioning proves more troublesome as a simple change in the outlet arrangement would not solve the issue with downstream capacity in the pipe network, hence a costly upgrade of the pipe network is needed for this to be a viable solution. Another solution to this problem could be increased "bluegreen-urbanisation". The thesis has shown that an inspection after a few years of operation could be a cost-effective solution.

Forord

Denne masteroppgaven utgjør avslutningen på studiet vann- og miljøteknikk ved Norges miljø og biovitenskapelige universitet i Ås. Oppgaven er skrevet på våren 2021 ved fakultet for realfag og teknologi, og den utgjør 30 studiepoeng.

Det rettes en stor takk til hovedveileder Ulf Rydningen og biveileder Vegard Nilsen for god hjelp underveis både teknisk og praktisk. De har også vært en stor hjelp rundt det å forme en problemstilling til oppgaven. Videre takker jeg også alle de selskapene som har bidratt med prosjekter til å analysere. Kommuner som har bidratt med karthjelp og den praktiske delen av oppgaven.

Takk til alle prosjektører, leverandører og eiere som har vært tilgjengelige for spørsmål per telefon/mail og som har latt meg få besøke deres magasiner. Uten deres bidrag ville denne masteren vært umulig å skrive. Deres villighet til å dele informasjon så åpent selv i en travel arbeidshverdag er det som har gjort det til en positiv ting å skrive denne masteren. Håpet er at informasjon samlet og bearbeidet her kan hjelpe å løfte fagfeltet, samtidig som det har hjulpet meg til å bedre forstå arbeidslivet jeg nå er klar for.

Avsluttende vil jeg gi en takk min familie, venner og spesielt min samboer Madelen for uvurderlig hjelp og støtte.

01.06.2021, Ås

Ivar Hansen Kvernsveen

Innholdsliste

Sammendrag	i
Abstract	ii
Forord	iii
Innholdsliste	v
Magasin bilder	vi
Øvrige bilder og figurer	vii
Formler	vii
1 Introduksjon	7
1.1 Innledning	7
1.2 Oppgave og problemstilling	7
1.3 Begrensinger for oppgaven	8
2 Teori	9
2.1 Dimensjoneringsgrunnlag	9
2.2 Beregningsmetoder	9
2.2.1 Avrenningsfaktor	11
2.2.3 Nedbørsområde og konsentrasjonstid	12
2.2.3 Nedbørsintervall og varighet	13
2.2.4 Klimatilpasninger	14
2.3 Magasintyper	15
2.4 Faktorer for valg av magasin	16
2.6 Nedbørsdata	16
2.10 Anvendelser og nødvendighet	18
2.11 Byggefasen	19
2.12 Drift av magasiner	19
2.13 Lover og regler	19
2.14 Tanker om fremtiden	20
3 Metode	21
3.1 Litteratur innsamling	21
3.2 Prosjektanalyser	21
3.3 Samtaler og på stedet undersøkelser	22
3.4 Kritikk av metode	22
4. Resultater	24
4.1 Tabell over alle data	24
4.2 Kommentarer fra fagfolk	25
4.3 Vurderte magasiner	25

Traraveien.....	25
Fremskridt	30
Kaptein Storms vei.....	34
Halløkka	38
Nøklestadveien	42
Begbyåsen	46
Oksenøyveien magasin 1.....	52
Oksenøyveien magasin 2.....	55
Martin Lillebys vei.....	57
4.4 Sammenligning og kontroll.....	60
5. Diskusjon	62
5.1 Tolkning av resultater	62
5.2 Kritikk til eget arbeid	66
6. Konklusjon	67
6.1 Videre arbeid	68
7. Referanser	69

Magasin bilder

1 DIMENSJONERINGSVERDIER.....	24
2 TRARAVEIEN	27
3 TRARAVEIEN	28
4 TRARAVEIEN	29
5 FREMSKRIDT.....	30
6 FREMSKRIDT.....	31
7 FREMSKRIDT.....	32
8 FREMSKRIDT.....	32
9 FREMSKRIDT.....	33
10 KAPTEIN STORMS VEI	34
11 KAPTEIN STORMS VEI	35
12 KAPTEIN STORMS VEI	36
13 KAPTEIN STORMS VEI	37
14 KAPTEIN STORMS VEI	38
15 HALLØKKA	39
16 HALLØKKA	40
17 HALLØKKA	41
18 NØKLESTADVEIEN.....	42
19 NØKLESTADVEIEN.....	43
20 NØKLESTADVEIEN.....	45
21 BEGBYÅSEN.....	47
22 BEGBYÅSEN.....	48
23 BEGBYÅSEN.....	49
24 BEGBYÅSEN.....	50
25 BEGBYÅSEN.....	51

26 OKSENØYVEIEN 1	52
27 OKSENØYVEIEN 1	53
28 OKSENØYVEIEN 1	54
29 OKSENØYVEIEN 2	55
30 OKSENØYVEIEN 2	56
31 OKSENØYVEIEN 2	57
32 MARTIN LILLEBYS VEI	58
33 MARTIN LILLEBYS VEI	59

Øvrige bilder og figurer

AVRENNINGSKOEFFISIENTER 1	12
IVF-TABELL, FREDRIKSTAD 2	14
ANBELFALTE KLIMAFAKTORER 3	14
RØRMAGASIN 4	15
PLASTKASSETTMAGASIN 5	16
NEDBØRSMÅLESTASJONER PÅ ØSTLANDET OG OSLO 6	17
URBANISERINGS HYDROGRAM 7	18
BEREGNINGER 8	26
EKSTREMNEDBØR, FREDRIKSTAD 9	60
NEDBØRSHENDELSE, MOSS 10	61
MAGASIN MED KUM, SKISSE 11	64

Formler

DEN RASJONALE FORMEL 1	9
FAST/VARIABELT UTLØP 2	10
ARON OG KIBLERS METODE 3	10
MANNINGS FORMEL 4	13

1 Introduksjon

1.1 Innledning

Overvann er et stadig voksende problem i dagens samfunn. Vann fra ekstreme nedbørshendelser som ender opp der det ikke burde, og kan gjøre stor skade på alt fra offentlig infrastruktur til private hjem. I en verden hvor befolkningen bare øker, og også kampen om arealet, er det viktig at vi tenker framover når vi finner løsninger på problematikken. Løsninger som best utnytter areal og volum, løsninger som er robuste og fleksible mot forandringer og problemer som fremtiden kan by på. I den sammenheng har jeg valgt å se på overvannsmagasiner. Overvannsmagasiner er kamre eller rør som står tilnærmet tomme under bakken i påvente av en ekstremnedbørs hendelse. I den sammenheng er det ikke lett å se om et magasin er laget rett for sin oppgave, før dagen kommer hvor det regner kraftig nok til at man kan se effekten. Det er lite kritikk, kontroll og vedlikehold rundt dimensjoneringen og driften av disse, og det er nettopp dette aspektet ved overvannsmagasinerne jeg skal finne ut mer om.

Jeg valgte å skrive om dette temaet ettersom dette er lite kartlagt i fagfeltet i dag. Det finnes en generell mening blant fagfolk om at dimensjoneringen rundt magasinene er mer et overslag, ettersom mengden faktorer som spiller inn i virkeligheten er så mange flere enn man kan regne med. Det finnes svært lite dokumentasjon rundt dette, og derfor ønsker jeg å undersøke og kontrollere for å sette et lys på nettopp dette problemet. Derfor skal denne masteroppgaven handle om å samle inn data på dette og kartlegge hvor problemene oppstår i dimensjoneringsprosessen og under drift.

1.2 Oppgave og problemstilling

Til denne masteren lyder følgende problemstilling: «vurder om det er gjort rett dimensjonering på overvannsmagasiner». I den forstand at det er de magasinene under bakken jeg skal se på, ikke dammer eller likende. Det vil bli undersøkt kassettmagasiner, rørmagasiner, sprengsteinmagasiner og muligvis noen andre varianter av disse.

Selve problemstillingen i oppgaven bygger på å vurdere dimensjoneringen basert på kjente metoder og sammenligne forskjellige bedrifters tilnærming på disse. Deretter se om dette stemmer overens med nedbørsdata hentet ut fra området, helst etter magasinet sto ferdig. Hypotesen baserer seg på at magasinene er overdimensjonert i større grad enn nødvendig. Det vil også bli gjort en befarings av så mange som mulig av magasinene som skal vurderes, for å forhåpentligvis gi et bedre bilde på denne overdimensjoneringen. Det vil også bli lagt vekt på hvordan magasinet er bygget, og hvordan

dette påvirker kapasiteten i magasinet. Oppgaven legger også til rette for å oppdage andre ting som kan påvirke magasinets drift og kapasitet under en ekstremnedbørhendelse.

1.3 Begrensinger for oppgaven

I denne oppgaven vil jeg sette noen begrensninger, hovedsakelig fordi oppgaven tar for seg metodene som blir brukt av de dimensjonerende selskapene og av de som er driftsansvarlig i etterkant. Dette betyr i praksis at det er den rasjonale metoden som vil bli gjennomgått og vurdert, ettersom dette er den mest brukt. Det vil i stedet bli sett kritisk på denne metoden og hvordan denne kunne vært forbedret til hvert enkelt prosjekt, gjort annerledes eller eventuelt ville vært gjort annerledes med den kunnskapen vi har i dag. Fordeler og ulemper ved de forskjellige magasinene typene vil i svært liten grad bli gjennomgått, da det allerede finnes god litteratur på dette. Det blir på disse punktene i stedet referert til eksterne kilder.

Opgaven fokuserer på magasinets drift rundt ekstremnedbørshendelser, det vil si at de vil bli vurdert opp mot kraftige nedbør hvor de burde bli tilnærmet fylt.

Det er urbane felt som skal bli undersøkt, og i den sammenheng er alle nedbørsfelt i oppgaven mindre enn 10 hektar og ligger i Norge på Østlandet. Dette er fordi det stemmer godt overens med begrensningene rundt den rasjonale formelen som nevnt i VA-miljøblad nr. 69 (2015) om at feltene bør være mindre enn 20-50 hektar for å bruke den rasjonale formelen uten alt for mye feil i den manuelle regnvelop-metoden. Magasinene ligger så langt syd som Sarpsborg/Fredrikstad, og så langt nord som Oslo, det vil si at nedbøren og nedbørsmønstre er ganske likt for alle områdene som blir undersøkt. Det legges vekt på dette ettersom alle innsamlede magasiner har benyttet den rasjonale metoden med regnvelop for sine beregninger.

2 Teori

2.1 Dimensjoneringsgrunnlag

Når man skal dimensjonere et magasin er det mye som kan påvirke valg av magasin. De største faktorene som spiller inn for ingeniøren som skal beregne størrelsen på magasinet er gitt ved den rasjonale formelen: Nedbørsområdets størrelse og oppbygning, valg av avrenningsfaktoren for deltefelt, hvilke gjentakintervall på nedbør man burde velge og til slutt valg av nedbørsvarehet.

Ifølge Norsk Vann sin tre-trinnstrategi burde overvannsmagasiner inngå hovedsakelig som et tiltak på nivå to. Hovedoppgaven er da å forsinke og fordrøye vannmengdene fra store regn. (VA-miljøblad-104, 2013) Det er i den sammenheng det foreslås å bruke et 25års gjentakintervall for dimensjoneringen av magasinene. Dette tilsier en regnhendelse som skjer statistisk en gang per 25 år, men som med dagens endringer i klima trolig vil inntreffe oftere. (NVE, 2015)

2.2 Beregningsmetoder

I Norge brukes i hovedsak tre beregningsmetoder når man skal beregne nødvendig volum for et overvannsmagasin, alle 3 formlene kommer fra utledninger med utgangspunkt i den rasjonale formelen:

$$Q = \phi * I * A$$

Den rasjonale formel 1

(Lloyd-Davies, 1906)

Q= Maks avrenning fra feltet ved en regnhendelse i f.eks. m³/s.

ϕ = Avrenningskoeffisient, dimensjonsløs. Blir ofte brukt c i stedet for ϕ , fordi c blir ofte brukt for maks avrenning og ϕ for midlere.

I= Nedbørsintensitet, l/(s*ha). Blir brukt brukt sammen med regnvarighet for å regne ut et volum i stedet for en volumstrøm slik som det står nå.

A= Nedbørsområde det skal beregnes for, m², populært å bruke hektar.

Formlene som er mest brukt når man beregner nødvendig fordrøyningsvolum utledes fra denne formelen ved at man bruker denne Q for å beregne mengden vann inn i magasinet, også er det metodene for å vurdere utløpet som variere mellom beregningsmodellene.

$$V_{\text{fordrøyning}} = i_{z, tr} t_r A \varphi - Q_{ut} t_r$$

Fast/variabelt utløp 2

(VA-miljøblad-69, 2015)

$V_{\text{fordrøyning}}$ = Det totale volumet som trengs å fordrøy.

$i_{z, tr}$ = Et kasseregner med intensitet i , gjentakintervall z og varighet t_r .

t_r = varigheten på nedbøren, formelen tilrettelegger for å beregne med flere forskjellige nedbørsvarigheter.

A = Areal for nedbørsområde

φ = Avrenningsfaktor for feltet.

Q_{ut} = Bestemmes ut ifra utløpsarrangement.

Denne formelen er lik for konstant og variabelt utløp. Forskjellen ligger i at med konstant utløp bestemmer man Q og struper eller bruker en mengderegulator (VA-miljøblad-104, 2013) for å sette denne faste verdien. (VA-miljøblad-69, 2015)

Med variabelt utløp beregner man Q som en funksjon av vannstand i magasinet ved å tenke at innkommende vann på et tidspunkt allerede er inne i magasinet slik at man har en konstant vannstand. Deretter bruker man halve denne vannstanden til å beregne utløp gjennom et kjent tverrsnitt. (VA-miljøblad-69, 2015)

$$V_{\text{fordrøyning}} = Q_{\text{maks}} t_r - Q_u \left(\frac{t_r + t_k}{2} \right)$$

Aron og Kiblers metode 3

(VA-miljøblad-69, 2015)

$V_{\text{fordrøyning}}$ = Det totale volumet som trengs å fordrøy.

Q_{maks} = maksimalt innløp til magasinet fra feltet, gitt ved «Den rasjonal formel 1».

t_r = regnvarigheten.

Q_{ut} = En konstant, maks verdien til utløpsarrangementet som er valgt.

t_k = Konsentrasjonstiden for nedslagsfeltet.

Denne formelen forutsetter et trapesformet utløp og at man vet konsentrasjonstiden for feltet. For den store variasjonen man har i urbane felt kan dette være svært vanskelig å estimere. Denne metoden gir et lineært økende utløp fra magasinet i takt med at magasinet fylles, og et lineært synkende utløp i takt med at magasinet tømmes. Altså under og etter regnhendelsen.

Alle $V_{\text{fordrøyning}}$ man finner skal etter utregning ganges med en klimafaktor, K_f , for å finne det faktiske fordrøyningsvolum slik som klima endringene ser ut i dag (Dyrrdal & Førland, 2019) (NVE, 2015). Videre, siden dette er steg to i tretrinnsstrategien vil gjentaksintervall settes til 20+ år. Med en bestemt gjentaksintervall kan man deretter velge forskjellige regnvarigheter og regne ut $V_{\text{fordrøyning}}$ for alle varigheter. Deretter velger man størst $V_{\text{fordrøyning}}$ fra denne tabellen med utregninger. Med andre ord må man beregne for alle varigheter innenfor et gjentaksintervall, for å finne volumet man trenger.

2.2.1 Avrenningsfaktor

Avrenningsfaktoren som velges vil ha stor innvirkning på hvor mye vann man kan forvente å måtte fordrøye. Det ble gjort en gjennomgang av forskjellige avrenningskoeffisienter i 2015 av COWI på oppdrag fra miljødirektoratet (Magnussen, Paus, & Åstebøl, 2015). Her ble det funnet ut at for små felt, slik som denne oppgaven dekker, spesifisert i kapittel 1.3. Det er ikke nok å bruke midlere avrenning for valgte returperiode. Man må derfor bruke spissavrenningen når man skal beregne nødvendig volum for et fordrøyningsanlegg eller som nevnt i rapporten, en sikkerhetsfaktor S_f basert på sårbarhetsklasse.

Det er altså spissavrenningen fra feltet som brukes når man beregner totalt fordrøyningsvolum, ettersom dette skal dimensjoneres for å håndtere største mulige nedbørsmende til valgte gjentaksintervall. Denne spissavrenningen skiller seg fra den vanlige avrenningen ved å være opptil 10% større (Statens vegvesen, 2016). Dette betyr at når man bruker de mest kjente avrenningsfaktorene for forskjellige underlag som f.eks:

Type flater	Φ_{spiss}
Tak	0,8-0,9
Asfaltert veg og gate	0,7-0,8
Grusveg	0,4-0,6
Plen	0,05-0,1
Sammensatte flater:	
Bysentrum	0,7-0,9
Rekkehusområde	0,3-0,4
Åpne eneboligstrøk	0,2-0,3
Blokkbebyggelse	0,4-0,6

Avrenningskoeffisienter 1

Verdiene er hentet fra (Ødegaard, 2014)s.347.

Videre burde man vurdere hvor i intervallet man ligger basert på helningen på flaten det er snakk om. Dette er fordi et flatt areal kan ha høyere oppstuvningspotensiale enn et som står i vinkel. I tillegg blir det også anbefalt at for gjentakintervaller over 10 år vil man igjen legge på 10% (Statens vegvesen, 2016). Alt dette lagt i sammen vil si at for eksempel et skrått tak vil man raskt komme opp i en avrenningsfaktor på 1 ved et 25års nedbør. Avrenningsfaktorer multiplisert: skrått-tak*spissavrenning*høyt gjentakintervall = $0,9*1,1*1,1 = \underline{1,089}$. kan ikke gå over 1 så denne settes til 1.

2.2.3 Nedbørsområde og konsentrasjonstid

Nedbørsområdene som skal fordrøyes er ofte svært varierte. På tross av denne variasjonen kan det regnes ut en gjennomsnittlig avrenningskoeffisient for hele feltet om man vektlegger med hensyn på hvert delfelts areal. Det er vanskeligere å beregne konsentrasjonstiden for hvert delfelt til magasinet. Det finnes allikevel empiriske metoder beskrevet av f.eks. statens vegvesen (Statens vegvesen, 2018). Denne verdien brukes ikke direkte i alle formlene, men inngår i «Aron og kiblens metode 3». Med metodene beskrevet over blir konsentrasjonstiden, t_k , forskjellig basert på størrelsen på regnet. Dette er fordi større vannmengder opplever mindre friksjon ettersom mye av væsken ikke er i kontakt med overflaten. Teorien på dette kan hentes rett fra Mannings formel for strømningshastighet ved fritt vannspeil.

$$v = MR^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Mannings formel 4

(Sælthun & Barton, 2021)

v= vannet hastighet

M= Mannings tall, hentes ut fra tabeller basert på testing. Den representerer et tall for friksjonsmotstanden i en flate.

R= Hydraulisk radius, ved strømming over store åpne flater settes denne til dybden på vannstrømmen.

S= Helningen på terrenget vannet renner over.

Vi får da en hastighet på vannstrømmen som vil variere med helning og dybde, og kan da estimeres mer nøyaktig for et delfelt. Konsentrasjonstiden blir da avstanden delt på den hastigheten man finner ved Mannings. Konsentrasjonstiden blir som oftest bare estimert til et sted mellom 5 til 15 minutter av ingeniøren som gjør jobben, dette baseres på feltgeometri og størrelse.

2.2.3 Nedbørsintervall og varighet

Det er viktig hvilket gjentaksintervall man velger når man skal dimensjonere et overvannsmagasin. Gjentaksintervallet er med på å bestemme alt fra pris til hvilke andre tiltak som kan bli nødvendig som ekstra fordrøyning. Siden denne oppgaven tar for seg selve dimensjoneringen av magasinet er det som oftest et 20 eller 25 års nedbørsintervall som blir valgt som dimensjonerende gjentaksintervall. Dette er fordi det er disse nedbørshendelsene som er vurdert store nok til å gjøre kostbar skade, men ikke så store at de ikke lar seg fordrøye (VA-miljøblad-69, 2015).

Varigheten på nedbøren er med på å bestemme intensiteten, et 5 minutters 25 års nedbør vil være mer intenst enn et ti minutters 25års nedbør. Dette kan leses av en IVF-kurve hentet fra f.eks. Norsk klimaservicesenter sine nettsider. IVF betyr da intensitet, varighet og frekvens. De beskriver hvilken intensitet som er forventet ved en viss varighet og et visst gjentaksintervall for et nedbør. Av praktiske hensyn blir det ofte brukt tabeller ettersom dette er lettere å lese og hente ut data fra enn en graf (VA-miljøblad-85, 2008).

IVF-verdier (l/(s*ha))																
Gjentaksintervall (år)	Varigheter (minutter)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	256,0	227,2	200,1	164,3	119,4	96,4	81,2	64,0	50,1	40,7	29,6	23,5	17,5	10,5	6,8	4,2
5	327,5	288,3	253,6	211,2	158,9	131,4	111,6	87,8	70,5	57,3	41,2	-	22,3	13,3	8,1	5,1
10	374,8	328,7	289,1	242,3	185,0	154,5	131,7	103,5	84,0	68,2	49,0	-	25,5	15,1	9,0	5,6
20	420,2	367,5	323,0	272,0	210,1	176,7	151,0	118,6	97,0	78,7	56,3	-	28,5	16,8	9,8	6,1
25	434,6	379,8	333,8	281,5	218,0	183,8	157,2	123,4	101,1	82,1	58,7	-	29,5	17,3	10,0	6,3
50	479,0	417,7	367,1	310,6	242,5	205,5	176,0	138,2	113,8	92,3	65,9	-	-	19,0	10,8	6,8
100	523,0	455,3	400,0	339,5	266,8	227,0	194,8	152,8	126,4	102,5	73,1	-	-	20,7	11,6	7,3
200	567,0	492,8	433,0	368,3	291,1	248,5	213,5	167,4	139,0	112,7	80,3	-	-	22,4	12,4	7,8

IVF-tabell, Fredrikstad 2

Hentet fra (Norsk Klimaservicesenter, 2021), verdiene er fra (1970-201) i Fredrikstad, 30 ses. (<https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN3030>)

Dette er data basert på observasjoner og statistikk, og lar oss velge f.eks. en gjentaksintervall på 25 år, varighet på 15 minutter og man kan da hente ut at størrelsen på dette regnet er 183,8(l/(s*ha) i Fredrikstad.

2.2.4 Klimatilpasninger

Nå når store nedbørshendelser bare blir hyppigere er det viktig at dette blir tatt hensyn til i dimensjoneringen. Dette gjøres ved å legge til en dimensjonerende faktor for klimatilpasning. Klimafaktoren varierer fra kommune til kommune og land til land, vanlige verdier i Norge ligger mellom 1,2 og 1,5 for denne K_f verdien (Dyrrdal & Førland, 2019). Dette er en faktor som gjør at det som blir bygd i dag vil være klart for å håndtere de store ekstremnedbørene som kommer i fremtiden. Denne K_f faktoren ganges ganske enkelt inn i det resultatet man får på nødvendig fordrøyningsvolum, og slik kompenserer vi for fremtidige sterkere ekstremnedbør.

	Dimensjonerende gjentaksintervall < 50 år	Dimensjonerende gjentaksintervall ≥ 50 år
≤ 1 time	40 %	50 %
>1 – 3 timer	40 %	40 %
>3 – 24 timer	30 %	30 %

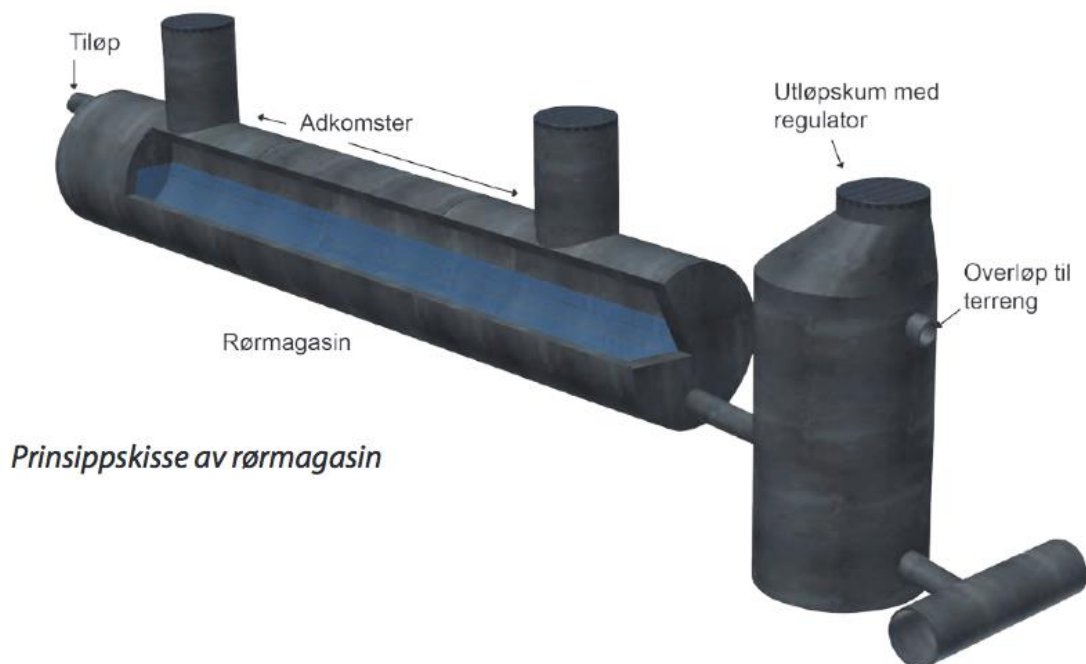
Anbefalte klimafaktorer 3

(Hentet fra <https://klimaservicesenter.no/kss/laer-mer/klimapaslaq>)

Denne tabellen for klimapåslag er hentet ut fra Norsk klimaservice sine nettsider og utarbeidet fra data i klimapåslags rapporten om anbefalinger i Norge (Dyrredal & Førland, 2019). Denne figuren viser en minstefaktor på 30% eller 1,3, det er allikevel mange steder som bruker 20% eller 1,2 slik som lagt frem av NVE (NVE, 2015). Legger merke til at rapporten fra Norsk Klimaservice senter er nyere og kan dermed være mer oppdatert enn NVEs veiledning. Magasinene som blir lagt fram i oppgaven er stort sett dimensjonert før 2019 og hadde derfor ikke tilgang på rapporten fra Norsk Klimaservice senter. Dette vil drøftes nøyere senere i oppgaven.

2.3 Magasintyper

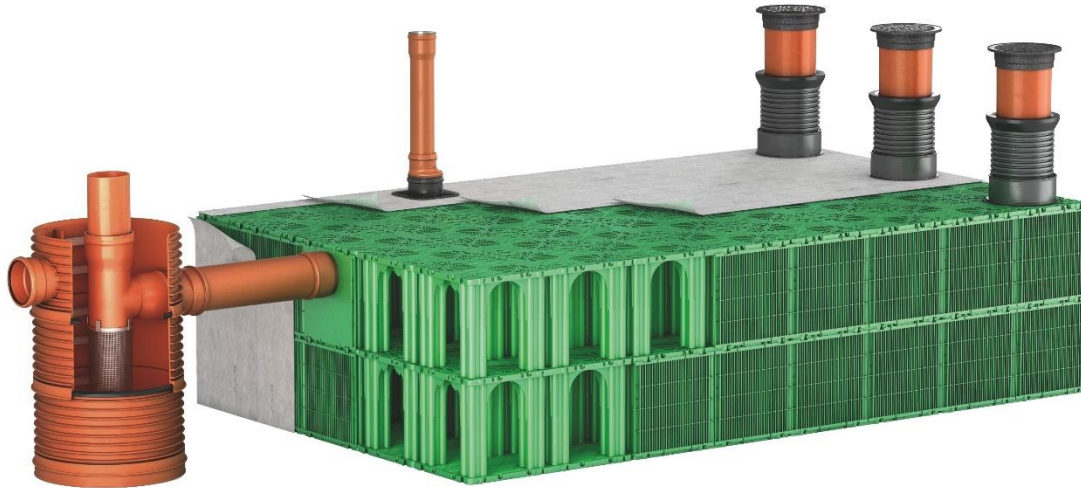
Det finnes mange typer overvannsmagasiner som blir brukt i Norge. Magasiner av stein, rørmagasiner av betong eller plastkassett-magasiner er de vanligste. Hver type magasin har sin nisje og sine egenskaper og passer derfor til forskjellige jobber (Woll, 2016).



Rørmagasin 4

(Prinsippskisse av rørmagasin, bildet er hentet fra (NOBI AS, 2013) , <https://www.nobi.no/wp/wp-content/uploads/2015/03/Skjermbilde-2015-03-03-kl.-14.58.59.png>)

Bildet viser en enkel skisse av et betongrør magasin, to stigerør, innløp og en kum med overløp og utløp. Mange magasiner har også en kum før innløpet slik at det skal være lettere tilgang til dette.



Plastkassettmagasin 5

Prinsippskisse av plastkassettmagasin, bildet er hentet fra (Pipelife, 2021)
<https://www.pipelife.no/infrastruktur/vmt/raineo.html>

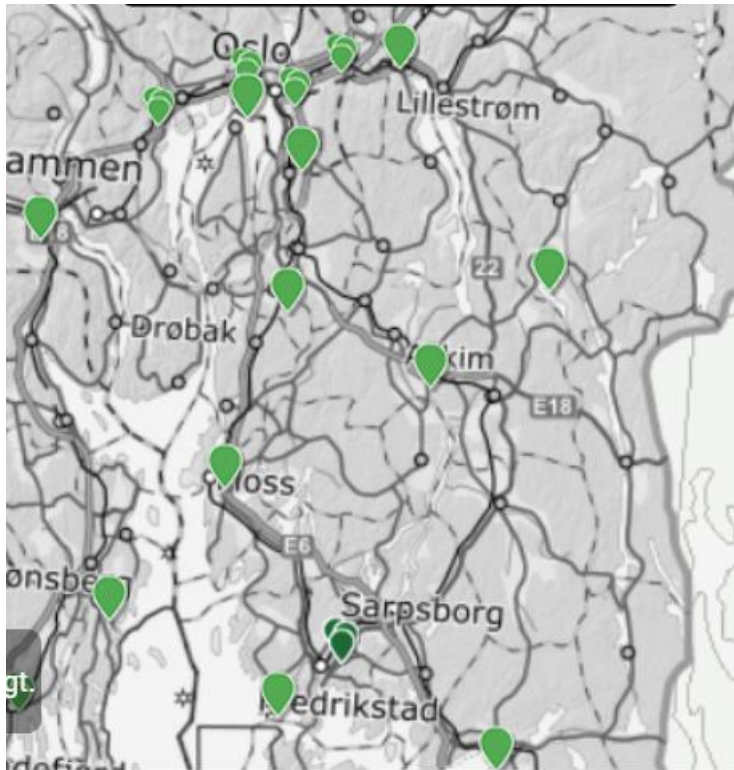
2.4 Faktorer for valg av magasin

Valg av type magasin kan komme an på mange faktorer. Miljø-, funksjonell- eller økonomisk-faktor er nok de største, hvor funksjon og økonomisk veier tyngst. De forskjellige magasinene har forskjellige kvaliteter som gjør de mer eller mindre egnet til forskjellige prosjekter. utfordringer, for å nevne noen som kan spille inn i valg av magasin er: Transport av selve magasinet, surhetsgrad på vannet som skal fordrøyes, volum tilgjengelig for å bruke som fordrøyningsvolum i området og jord eller berggrunnen som er på stedet. Alle disse faktorene gjør det lettere eller vanskeligere å velge magasin. F.eks. på et område hvor vannet får høy surhetsgrad vil det være mer hensiktsmessig å velge et magasin av plastikk-materiale i stedet for betong. Et betongmagasin ville i en slik situasjon hatt kortere levetid og kanskje ikke levere som lovet. Imens et sted hvor det er dårlig med vertikal høyde kan plastkassetter brukes ettersom magasiner laget av disse kan stables til ønsket høyde eller bredde (Woll, 2016).

2.6 Nedbørsdata

Gode nedbørsdata er viktig for å kunne gi et godt estimat av nødvendig fordrøyningsvolum. I Norge har vi drevet med nedbørsmåling over store deler av Sør-Østlandet i minst 40 år, noe som gir oss gode data for å kunne si noe om nedbørsmengder og sesongavhengige mønstre. Det som derimot kan kommenteres er hvor spredt disse nedbørsmålestasjonene ligger. En målestasjon representerer ofte en hel by/tettsted eller kommune(r). Slik at nøyaktigheten på målingene kan variere på

lokalnivå, men på makronivå kan man se at tallene er ganske samstemte mellom de forskjellige målestasjonene. På en slik måte at f.eks. et 10 minutters regn med 25års intervall har ganske lik intensitet over hele Østlandet, ifølge disse data.

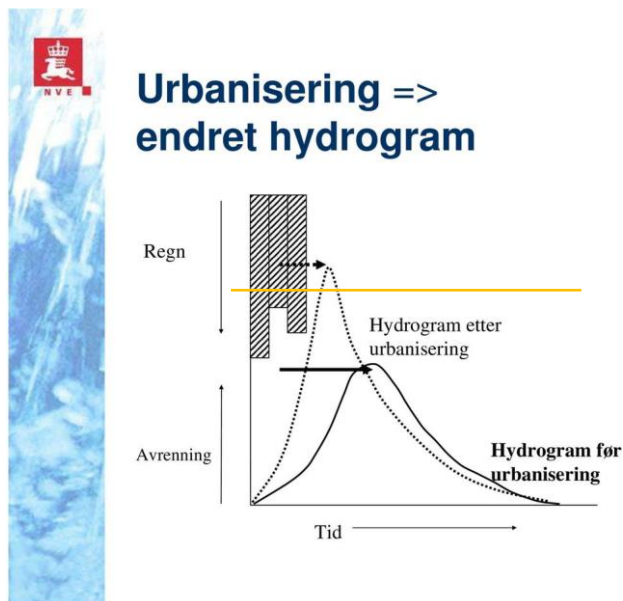


Nedbørsmålestasjoner på Østlandet og Oslo 6

Bildet er hentet fra karttjenesten til (Norsk klimaservicesenter, 2021)

2.10 Anvendelser og nødvendighet

Selve formålet med et fordrøyningsmagasin er å fordele et nedbør jevnere utover i tid. Dette gjør at overvannsnettverket eller fellesanlegget kan håndtere det bedre.



Urbaniserings hydrogram 7

Bildet er hentet fra (Braskerud & Bogetveit, 2006) <https://docplayer.me/11475054-Avrenning-i-norge-nves-satsning-pa-urbane-og-kystnaere-felt-bent-braskerud-og-leif-jonny-bogetveit-vannforeningsmote-14-des.html>

Bildet viser hvilken effekt urbanisering har på et naturlig felt. Innlagt gul linje representerer her nivået på avrenningen hvor skaden vil oppstå. Dette betyr at med et tiltak som et overvannsmagasin kan man senke denne flomtoppen ned under den gule linjen ved å fordele volumet bedre i tid. På grunn av den økende andelen av kraftige nedbør i fremtiden er det absolutt behov for å fordrøye. I et urbanhydrologisk bilde er det ekstra viktig å forberede seg på fremtiden ved å bruke LOD tiltak (Ødegaard, 2014), blant disse, overvannsmagasinet for å unngå skader på eiendom og infrastruktur (VA-miljøblad-125, 2018). Selve magasinet som blir anlagt er en stor prosess med tanke på graving og anleggsarbeid for å få et nødvendig volum. Siden det ligger under bakken er det også vanskeligere for fremtidige generasjoner å gå inn og utvide eller bygge videre på de løsningene som blir valgt i dag. Det er derfor ekstra viktig at vi bygger for fremtiden på en forsvarlig måte slik at dette ikke nødvendig (Sælthun & Barton, 2021).

Et annet perspektiv er mengden med forurensing som blir redusert ved å ha et fordrøyningsvolum hvor mengden suspendert materiale kan reduseres ved å synke til bunnen (Nascimento, Ellis, Baptista, & Deutsch, 1999). Dette gjør at man kan finne igjen forurensingen fra veier eller hager i fordrøyningsmagasinet i stedet for på renseanlegget eller på rørrettet. Dette blir derimot lite vurdert i dimensjoneringsprosessen med mindre det blir spesifisert på forhånd av oppdragsgiver.

2.11 Byggefasen

Magasiner er lagt under bakken, derfor er dette ofte gjort tidlig i byggefasen, det er også noe som blir planlagt tidlig ut ifra skisser og plantegninger av ferdig prosjekt. Som konsekvens av dette kan man se at selve magasinet lider om det skulle bli gjort store endringer i plantegningene, ettersom dette kan kreve nye beregninger for å kompensere for f.eks. fjerningen av en bygning eller utvidelsen av en parkeringsplass. Det å f.eks. utvide en parkeringsplass kan føre til at areal som tidligere var grønt-areal med en avrenningsfaktor så lav som 0,1-0,3 må oppjusteres til en faktor mellom 0,7 og 0,8 (Magnussen, Paus, & Åstebøl, 2015). Det vil si at avrenningen fra disse områdene vil være opptil 7-8 ganger så stor som om det fortsatt var gressplen noe som kan ha mye å si for et magasin som allerede er lagt i jorden i et tidligere byggetrinn.

2.12 Drift av magasiner

Det er vist i (Woll, 2016) at de fleste magasiner bygd i Norge i dag kjører på «Run to Failure» prinsipp. Det vil si at magasinene ikke blir vedlikeholdt eller utbedret på noen måte før de ikke lenger gjør jobben sin. Eksempler på vedlikehold er slamsuging, spyling eller å fjerne eventuelle blokkeringer på innløp, utløp eller i selve magasinet. Slikt arbeid er for noen magasiner svært tidkrevende eller krever spesialisert utstyr (Woll, 2016). Videre er det vanskeligjort med vedlikehold på grunn av vanskelig fremkommelighet eller mangel på adgangspunkter til magasinet, dette blir utredet videre senere i oppgaven.

2.13 Lover og regler

Det er vanlig at kommuner setter opp egne VA-Normer, altså de regler som gjelder for alt av vann og avløp i kommunen. Denne oppgaven tar for seg magasiner i Sarpsborg, Moss, Fredrikstad, Oslo, Rakkestad, råde og Aurskog-Høland kommune. Det vil derfor bli brukt VA-norm fra de kommunene som har en egen VA-norm, samt «overvannsveileder for kommunene i vannområdene rundt Morsa og Glomma-sør» (Wingstedt, Åstebøl, & Røysted, 2018) som blir brukt av kommunene som ikke har egen VA-norm og som støtte litteraturverk av de kommunene med egen Norm som f.eks. (VA-Norm Moss, 2021) og (VA-Norm Fredrikstad, 2021).

Byggteknisk forskrift TEK 17 (Direktoratet for Byggkvalitet, 2017), sier også noe om hvordan overvanns-anlegg kan bygges i forhold til lovgivende krav rundt dimensjoneringen på landsbasis. Alle kommunene må bruke denne, men kan i egen VA-Norm velge å sette et strengere krav enn det som allerede er spesifisert i TEK 17. TEK 17 sier at boliger havner i sikkerhetsklasse 2 og derfor skal sikres

mot 200års flom, men ikke noe om fordrøyning av vannmasser for å unngå flomtopper på renseverk eller lignende (Direktoratet for Byggkvalitet, 2017).

2.14 Tanker om fremtiden

Som nevnt tidligere er det ikke lett å direkte utvide eller bygge på et overvannsmagasin som ligger under bakken uten å gjøre mye graving og anleggsarbeid på selve magasinet. Mange magasiner blir i dag anlagt på steder valgt fordi det er et område som ellers har plassmangel, og er derfor i praksis «bygd inne». Noe som vanskeliggjør denne prosessen enda mer. Det er heldigvis ikke slik at det ikke er noe som kan gjøres. Innløp og utløp kan i noen tilfeller utvides uten den store prosessen med å utvide selve magasinet noe som i mange tilfeller vil øke kapasiteten til magasinet. Andre tiltak man også kan gjøre er å utvide konsentrasjonstiden til feltet for å slik få et «flatere» kasseregn slik at magasinet får mer tid å tømme på. Et annet alternativ her er å ha flere LOD tiltak satt inn før selve magasinet til slutt, f.eks. regnbed, grønne tak eller andre åpne løsninger som kan bygges uten å nødvendigvis lage mer jobb for annen infrastruktur (VA-miljøblad-125, 2018). De vil i stedet utnytte infiltrasjon, planters behov for vann og fordamping (Braskerud & Paus, 2018).

Et overvannsmagasin bidrar heller ikke til en blågrønn-byfaktor ettersom den er både grå og kjedelig og ligger under bakken. Blågrønn byfaktor er noe som er satt mer og mer i fokus i dagens va-bransje. Dette er i forhold til at vann bør utnyttes som en ressurs og kan være pent for å bryte opp et ellers kjedelig landskap i en «grå-ørken» (Braskerud & Paus, 2018).

3 Metode

Fremgangsmåten jeg har brukt i denne masteren er tredelt, først en enkel innsamling av referanser og litteratur knyttet opp imot dimensjoneringen og drift av magasiner. Dette inkluderer da litteratur om konstanter som inngår, prinsipper som blir tatt i bruk, samt informasjon om de forskjellige typene magasiner som finnes, med mer. Dette vurderes da opp mot nedbørsdata de siste årene for å se om magasinet ved noen tid burde ha stått fult eller tilnærmet. Videre er det gjort en innsamling av data ved å kontakte selskaper som har dimensjonert magasiner og høre med dem om det er mulig å få innsyn i prosjekter det er mulig å besøke. Så siste del av oppgaven går ut på nettopp dette, å besøke anleggene og gjennomføre en befaring. Detaljer om metode og gjennomføring følger under.

3.1 Litteratur innsamling

For denne oppgaven er det først gjennomgått fagstoff hovedsakelig for å se hva som finnes av dimensjonerings manualer eller hjelpemidler for bedrifter og rådgivere. Det er også gjennomgått materiale som ligger til grunne for de dimensjoneringsmetodene som ble funnet, for å bedre kunne forklare hva som inngår i hver prosess av dimensjoneringen og for å kunne gi en kommentar til om hvordan dette påvirker resten av prosessen som en helhet. Det ble også samlet inn nedbørsdata via Norsk Klimaservice senter sine nettsider, med da fokus på nedbør, timesoppløsning og tidsrom fra magasinet ble bygget til i dag. Her ble jeg også tipset av ansatte i Fredrikstad kommune om å søke opp september 2019.

3.2 Prosjektanalyser

Som en del av oppgaven er det blitt samlet inn 20+ prosjekter fra forskjellige konsulentselskaper. Hvorfor de har tatt valget om et lukket overvannsmagasin i stedet for en annen løsning vil jeg ikke gå inn på, men det kan være mange grunner f.eks. plassmangel eller ønske fra oppdragsgiver om å ikke forstyrre hvordan ting ser ut over bakken i alt for stor grad.

Videre er det vurdert hvilke faktorer som er lagt mest vekt på under dimensjoneringen, hvilke metoder eller formler som er tatt i bruk. Om det er brukt programmer eller om mesteparten av beregningene er gjort for hånd. Jeg ser også kritisk på hvilke avrenningskonstanter, miljøfaktorer og nedbørintensitet som er valgt. Det vil også bli kritisert og kommentert litt rundt konsentrasjonstiden og analyse av felt. Samt hvordan dette blir brukt eller ikke brukt av selskapene. Det er også her det er viktig å studere selve skissen som er lagt fram for å se om den viser seg å stemme med det som faktisk er bygget.

3.3 Samtaler og på stedet undersøkelser

Som en konsekvens av datainnsamlingsdelen har det blitt mye telefonsamtaler, mails og møter med prosjektører, konsulenter, selgere, rørleggere og kommuner. Relevante utsagn og meninger fra disse fagfolkene vil jeg ha med i oppgaven, men ikke som en formell intervju del, ettersom det ikke var tanken under samtalene å få relevante oppdagelser eller utsag. Etter få samtaler oppdaget jeg raskt at veldig mange hadde en mening, og at gjerne meningene var like over hele fagfeltet på visse ting. Dette vil derfor ha en egen liten del i resultatdelen, uten at det blir vektlagt uten støtte i diskusjonen.

Sist vil det være en inspeksjonsdel hvor jeg selv vil besøke prosjektene og undersøke magasinene. Her vil det bli tatt bilder av sentrale deler av magasinene, med hovedvekt på å finne spor langs magasinveggene etter hvor vannstand kan ha stått i magasinene ved fylling. Det vil også bli vurdert hvordan magasinene avviker fra tegningene. Eksempler på dette kan f.eks. være tilgangskummer som er asfaltet over, utløp eller innløp som er strupet mer eller mindre enn hva som er oppgitt eller det jeg vil kalle mangler eller generelle feil som kan oppstå under byggefasen. Driften av magasinet skal vurderes, det vil derfor være viktig å se etter avsetninger, sluk eller utløp som er tette eller eventuelle andre driftsmessige feil.

3.4 Kritikk av metode

Selve metode valget her baserer seg først på at tegningene og dimensjoneringen er gjort riktig, den vil derfor først gjennomgås for å se etter ting som skiller seg ut eller direkte feil i forhold til valgt metode. Det er også viktig å nevne at den praktiske tilnærmingen med å se etter spor på innsiden av rørveggen ikke nødvendigvis gir et godt bilde av hvor fullt magasinet faktisk blir. Ettersom magasinene blir dimensjonert for minst 20 år, og ingen av de undersøkte magasinene er over 20 år gamle kan valgt metode ikke si med sikkerhet at de har blitt dimensjonert riktig i sin tid. Den kan derimot gi en pekepinn om man ser på hvor mye tid som er gått og hvor stor fylling man har oppnådd i løpet av denne tiden om en stor regnhendelse har skjedd, eller at den generelt ellers har gjort jobben sin ved å f.eks. hjelpe til med å håndtere et 5,10 eller 15års nedbør. Noe magasinene burde klare med letthet.

Skulle man ha fått bedre data burde man ha montert vannføringsmålere i samtlige magasiner, for deretter å ha ventet på et ekstremnedbør som matcher dimensjonerende verdier. Deretter kan man se på vannføringen og regnhendelsens totale varighet og se om magasinet vannføring inn holder. Om vannføringen inn matcher beregnet vannføring ut av magasinet etter kun kort tid i drift vil dette tyde på at magasinet er dimensjonert for lite. Man kan også se på om total vannføring i løpet av hele regnhendelsen minus utløpet i løpet av hele regnhendelsen matcher eller er mindre enn volumet i

magasinet. Så lenge dette stemmer, og magasinet er større enn total andel oppsamlet vann vil dimensjoneringen være riktig/ overdimensjonert. Dette vil uansett være bedre enn alternativet som er underdimensjonering og som kan føre til at infrastruktur i nærområdet kan ta skade fra nedbøren.

4. Resultater

4.1 Tabell over alle data

Kommune	Navn	År bygget	Type magasin	Effektivt nedbørsområde (ha)	Klimafaktor	Nedbørsintensitet (l/(s*ha))	Varighet(m in)	Returperiode (år)	Magasin volum (m ³)	utregnet
Fredrikstad	Traraveien (ikke bygget)	2015	Betongrør	3.5	1.2	185.4	15	25	323	340.81
Fredrikstad	Fremskridt	2011	Betongrør					25	Estimert 100	0
Moss	Kaptein Storms vei	2015	Betongrør	0.49	1	83.4	60	25	98	75.12
Moss	Halløkka	2017	Sprengt stein	0.136	1	83.4	60	25	25	22.83
Fredrikstad	Nøklestadveien	2015 - 2019	Betongrør						Estimert 40	0
Fredrikstad	Begbyåsen	2017	Plastkassetter	0.9789	1	32.5	180	25	300	289.59
Fornebu	Oksenøyveien 1	2020	Plastkassetter	0.2947	1.4	116.3	45	25	ca.100	116.05
Fornebu	Oksenøyveien 2	2020	Plastkassetter	0.1353	1.4	116.3	45	25	ca.60	45.98
Fredrikstad	Martin lillebys vei	2016	Halvrør i plast	0.2255	1	82.7	60	25	50	49.14
						Hentet fra Norsk-klimasevice.no			Fra firma	

1 Dimensjoneringsverdier

Tabellen viser all data brukt til å beregne volumet på magasinene i datasettet. Samlet av Ivar Hansen Kvernsveen, data er sendt inn av forskjellige konsulentfirmaer som gikk med på å dele data.

Tabellen viser all data brukt av konsulentselskapene for å beregne sitt volum: «Magasin volum (m³)». Feltet utregnet viser mine beregninger når alle felt får lik utregningsmetode. Det har blitt brukt formelen «fast/variabelt utløp 2» for å beregne feltet «utregninger». Det er da brukt fast utløp. Verdiene i feltet «Utregninger» stemmer ganske bra for de fleste magasinene om man tar hensyn til avrundinger. Feltet «Effektivt nedbørsområde» er nedbørsområde ganget med avrenningskoeffisienten for det feltet.

4.2 Kommentarer fra fagfolk

Det er blitt sagt av flere at det største problemet ved en stor nedbørshendelse som matcher det magasinet er dimensjonert for ikke vil være at magasinet ikke klarer å håndtere vannmengdene. Problemet vil derimot ligge i tette sluk som ikke vil klare å ta imot den ekstreme nedbøren, eller at nedbøren ikke finner veien til sluket, men heller blir liggende på overflaten på ugunstig måte. F.eks. i veibanen eller gangvei på grunn av feil i byggefasen eller f.eks. slitasje på vei som har ført til spor eller lignende.

Det er også blitt sagt at det er store mangler fra konsulent til utbygger på eventuelle endringer gjort under byggefasen. Store mangler på kommunikasjon mellom utbygger og kommune når det kommer til informasjon om magasinet. Kommunene vil gjerne ha dimensjoner og størrelse på utløp og innløp, og hva som er oppgitte verdier fra utbygger og virkelige verdier viste seg å ikke alltid stemme.

Utsagn fra VA-ingeniør om anlegget på Traraveien:

«Beregningene viser at størrelsen på utjevningsvolum er ca. 320 m³. Det er vesentlig større sammenlignet med resultatet til «konkurrerende selskap», 90 m³. Forklaringen kan være forskjell i beregningsverktøy men da har «konkurrerende selskap» i tillegg beregnet for sitt nedslagsfelt. Noe som disse beregninger ikke tatt høyde for.»

Det var magasinet på 90m³ som ble bygget.

4.3 Vurderte magasiner

Traraveien

Dette magasinet må ses på i sammenheng med magasinet Fremskridt. Magasinet er det eldste i undersøkelsene og var også det som bar mest spor av bruken. Selve magasinet er ca. 50 meter langt og består av ett enkelt betongrør med diameter 1600mm. Dette tilsvarer et volum på ca. 100m³. Satt sammen med magasinet i Traraveien som estimeres til omtrent samme størrelse utgjør dette et volum på 200m³. Grunnen til hvorfor disse to bør ses i sammenheng er fordi magasinet på Fremskridt ligger nedstrøms magasinet på Traraveien. Dette vil si at alt som slippes ut av magasinet på Traraveien finner veien lenger ned i systemet og ender opp i Fremskridt.

Magasinet i Traraveien har et utløp på 160mm, dette tilsvarer ved nesten fullt magasin et utløp på 90l/s. Som finner veien videre ned i rørnett til Magasinet på Fremskridt. Selv om dette er lavere enn hva det ville vært uten magasinet til stede, er dette fortsatt et veldig betydelig tilløp til magasinet på Fremskridt ved en kraftig nedbørshendelse.

Dette magasin ble beregnet på av to forskjellige selskaper, ett selskap mente det var nødvendig med 323m³. Det andre selskapet, som magasinet ble bygget etter, mente det var nødvendig med 90m³.

Varighet (min)	Intensitet (l/s*ha)	Q _{maks-inn} (l/s)	V _{inn} (m ³)	V _{ut} (m ³)	V _{magasinert} (m ³)
2	382,9	1562,232	187,46784	48	139,46784
5	284,3	1159,944	347,9832	120	227,9832
10	220,3	898,824	539,2944	240	299,2944
15	185,9	758,472	682,6248	360	322,6248
20	159	648,72	778,464	480	298,464
30	124,8	509,184	916,5312	720	196,5312
45	102,5	418,2	1129,14	1080	49,14
60	83,1	339,048	1220,5728	1440	-219,4272

Beregninger 8

(Bildet er hentet fra beregningene til rådgivende selskap med samtykke)

Det er brukt den rasjonelle formelen for å beregne volumet, i et eget regneark i bedriften. Her er det også regnet med en oppgradering av nedstrøms overvannsnett, opp til 400mm.



2 Traraveien

(Bildet tilhører SWECO) Brukt med tillatelse.

Bildet «Traraveien» viser øverste ende av magasinet. Innløpet er synlig på siden av magasinet og det er et stigerør til inspeksjon. Selve magasinet består av seksjoner på ca. 2 meter skjøttet sammen. Innløpet er på 200mm og utløpet er satt til 160mm slik at det blir en naturlig struping.



3 Traraveien

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser innsiden av magasinet. Magasinet har innvendig diameter på 1600mm. Det er tydelige linjer på veggen i magasinet, dette vitner om hvor høyt vannet kan ha støtt ved en sterk nedbørshendelse. Markert med pil.



4 Traraveien

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser innsiden av magasinet på Traraveien. Bildet viser tydeligere hvor vannet har stått i magasinet. Fyllingshøyden til linjen er på ca. 60-80%.

Fremskridt



5 Fremskridt

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser bakken over magasinet. Fra det åpne kumløkket nærmest til mannen i oransje i bakgrunnen. Det er godt synlig på bildet at dette er i et bysentrum uten noe form for «blågrønne» løsninger eller områder med infiltrasjon.



6 Fremskridt

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser innsiden av magasinet i Fremskridt og Ilaveien. Magasinet har innvendig diameter på 1600mm. Bildet viser tydelig linjer av hvor vann har stått, markert med piler. Øverste pil viser ca. 90% fylt rør, nederst viser omtrent 30-40% fylling. Det var også tydelig vekst i taket på røret i de områdene det hadde stått vann tidligere.



7 Fremskridt

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser avsetninger i magasinet. Dette er enden lengst inn, magasinet er lagd som en blindvei. Altså samme innløp og utløp. Man kunne derfor se en grov fordelingskurve på avsetningene i magasinet, med slam innerst og grovere masser/grus nærmere utløp/innløp.



8 Fremskridt

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser utløpet på 200mm. Her kan man også se de grovere massene som nevnt i bildet over.



9 Fremskridt

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser kummen som har innløpet til magasinet i Fremskridt-llaveien. Røret som leder nedover på siden går inn i magasinet, det vil si at vannet vil komme inn fra de to åpningene på høyre. Her kan man se at utløpet er strupet med et høydejusterbart spjeld slik at ved kraftig nedbør vil de store vannmassene i stedet fylle magasinet. Deretter vil det gå i overløpet som sitter over spjeldet når magasinet er fullt. Overløpet er på 300mm. overstrøms magasinet er det separatsystem, noen hundre meter nedstrøms spjeldet er det fellessystem.

Kaptein Storms vei

Kaptein Storms vei er dimensjonert litt annerledes enn resten av anleggene. Den er dimensjonert under forbehold om at avrenningen fra feltet, etter utbygging skal være lik utbygging før det ble bygd. Deretter i 2016 fikk Moss kommune ny VA-norm med strengere regler om påslipp til det kommunale nettet. Derfor fikk anlegget på Kaptein Storms vei kun lov til et påslipp på 20l/s, ca. halvparten av hva som tidligere ble dimensjonert for. Dette ble løst ganske enkelt ved å øke dimensjonene på fordrøyningsmagasinet fra en 800mm til en 1200mm og strupe utløpet med et virvelkammer. Det nye magasinvolumet ble utregnet med hjelp fra enda en konsulent som brukte den rasjonelle metoden.

Både prosjektleder, konsulent firmaet og eier mente at dette var for stort, men at det var nødvendig med tanke på den nye påslipp mengden.



10 Kaptein Storms vei

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 04.05.2021)

Bildet viser et betongrør på 1200mm under parkeringsplassen på kaptein Storms vei. Man kan tydelig se en linje, markert med oransje pil, etter hvor vannet har stått i magasinet. Fyllingen er her på ca. 30-40% Magasinet var rent, selv etter 4 års drift.



11 Kaptein Storms vei

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 04.05.2021)

Bildet er tatt i motsatt retning fra det andre, 180 grader. Også her er magasinet relativt rent uten tydelig tegn på slam i bunn av selve magasinet. Det er tegn på hvor vannet har stått litt under halveis opp rørveggen, ca. 40% fylling, markert med oransje pil.



12 Kaptein Storms vei

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 04.05.2021)

Bildet viser et sluk som går til magasinet, markert med oransje pil. Parkeringsplassen har bra fall, slik at det ikke ligger vanddammer her. Bildet viser også hva som skulle vært et tilgangspunkt til magasinet, men som er asfaltert over, markert med svart pil.

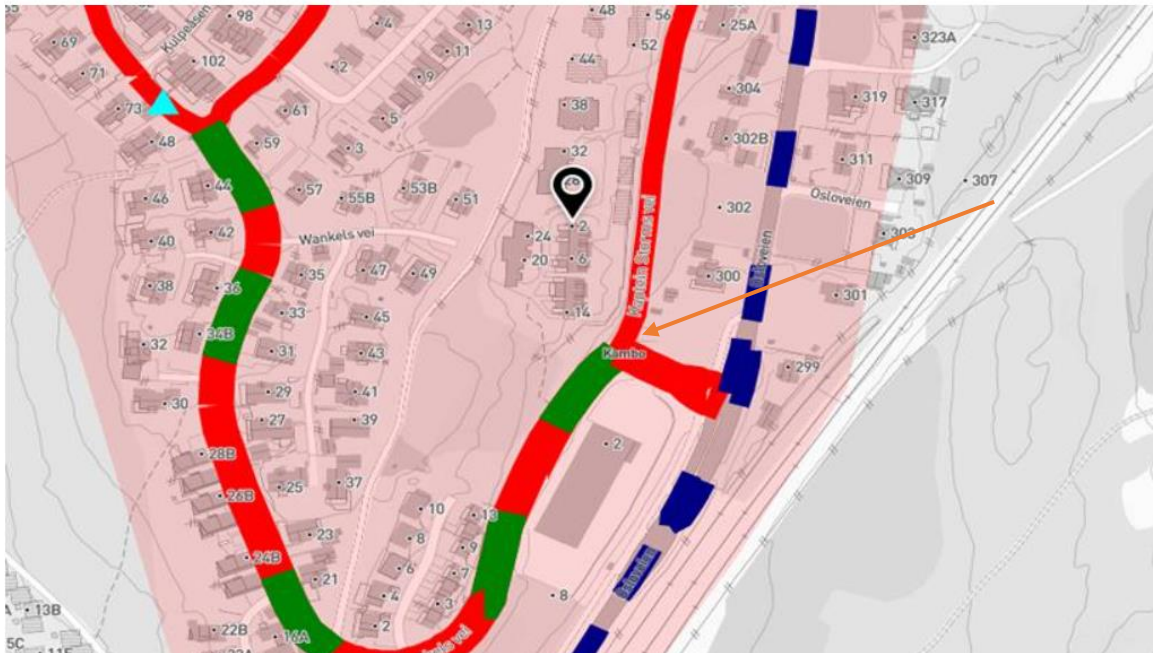


13 Kaptein Storms vei

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 04.05.2021)

Bildene viser nedsiden av boligfeltet hvor magasinet ligger, magasinets omtrentlige posisjon er markert med blå boks på bildet. På bildet til venstre ser man tydelig at det avbildede området er et lavpunkt i terrenget hvor to veier møtes fra høyre og venstre som tilkomstveier mot Osloveien bak fotograf. Bildet er tatt med for å vise området hvor det oppstår store mengder is på veien på vinterstid. Det er også synlig på bildet til høyre at jorden er våt akkurat i problem området, og ikke ellers, markert med pil.

Som du ser på kartet under er Wankels vei markert med grønn og rød, det er fargekoden for problembakker\områder som vi er spesielt oppmerksomme på. Avrenning kan ha vært en av årsakene til at vinterdriften har fått oppgitt denne statusen, men jeg kjenner dessverre ikke til historikken bak det.



14 Kaptein Storms vei

(Bildet er et utklipp tilsendt fra Moss kommune, fra deres kart over problemområder om vinteren)

Bildet er et kart over problemområder om vinteren med boligfeltet hvor magasinet ligger markert med svart pil på kartet. Gaten på høyre side i kartet møter en grønn vei. Det er i dette krysset bildene 13 i Kaptein Storms vei viser. Man kan se at veien det er snakk om er markert med rødt, dette betyr at dette er et problemområde som må strøs mye om vinteren.

Halløkka

Dimensjonert med rasjonell formel, Halløkka er 2 boligblokker med parkeringskjeller imellom. Magasinet dekker nedbøren som havner på taket, taket til parkeringskjelleren og asfalten rundt husene og ned til parkeringskjelleren. Nedbør som faller på gress arealene ellers rundt huset er ikke med i beregningene og har ikke sluk til magasinet. Selve magasinet består av stein en innløpskum og en dyp utløpskum. Siden selve magasinet kun er stein er det ikke mulig å få innsyn, da porevolum og større luftlommer er det som utnyttes som fordrøyningsvolum.



15 Halløkka

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 04.05.2021)

Bildet viser utløpskummen fra magasinet i Halløkka. utløpet fra magasinet er markert med oransje pil. Det kom fram at kummen er veldig dyp, og selve kummen utgjør også et betydelig potensielt fordrøyningsvolum på ca. 10m³ siden overløpet ligger såpass høyt. Kummen må også være dyp ettersom den drener fra parkeringskjelleren, så høyden på kummen utgjør koteforskjellen.



16 Halløkka

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 04.05.2021)

Bildet viser innløpskummen til magasinet. Innløpskummen er grunn i forhold til utløpskummen fra magasinet. Man kan tydelig se tilløpsrørene fra nedbørsområdet som tar unna takvann og vann som havner på plenen til eiendommen.



17 Halløkka

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 04.05.2021)

Bildet viser hvor magasinet ligger og områdene rundt. Selve magasinet ligger mellom de 2 kummene under den nyeste asfalten på bildet. Fallet på området er ikke helt gunstig da noe av asfalten har fall mot parkeringskjelleren. Det er lagt inn drenering i bunn av rampen ned til parkeringskjelleren som drenerer til magasinet. Takrennene på bildet går rett ned i asfalten og ned til magasinet, i stedet for i blomsterbedene rundt.

Nøklestadveien

Magasinet her ligger plassert i et vanskelig område geografisk. Hele området er bygd i terrasser ned mot et lavpunkt i terrenget, som en slak U formet dal. Området er derfor kjent hos kommunen for kjelleroversvømmelser på grunn av overvann. Boligene knyttet til magasinet har ikke kjeller, men nabotomtene på nedsiden hadde kjeller. Selve magasinet består av et betongrør magasin på 1600mm for enkel inspeksjon. Magasinet lå rett utenfor inngangsdørene til 2 av boligene i området, ca. 3 meter fra inngangsdør og garasje. Dette kan by på lukt problemer ettersom det alltid står vann i magasinet.



18 Nøklestadveien

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser innsiden av magasinet. Det sto vann i magasinet selv om det ikke hadde regnet betydelig dagene i forveien. Magasinet var lagt med fall slik at dybden på vannspeilet lengst vekk fra innløp/utløp var ca. 10cm og ca. 25cm nærmest innløpet/utløpet. Det la slam i vannet og man kan tydelig se merker på rørveggen etter at vannet står der. Selve magasinet er ca. 20 meter langt og på omtrent 40m³.



(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser innløp til høyre på bildet og utløp på venstre siden. Man kan tydelig se at utløpet er snevret inn. Det er også lagt like høyt som innløpet, og det er derfor det står vann og ligger slam i magasinet. Utløpsplasseringen gjør at man taper 250mm av de 1600mm tilgjengelige, dette tilsvarer ca. 15% av volumet ved innløpet. På grunn av fallet på magasinet er det kun tap på 100mm lengst fra innløpet. Dette tilsvarer ca. 6% av volumet lengst fra innløpet. Med en lengde på ca. 20 meter totalt blir volumtap på ca. 10% av det totale volumet, altså ca. 4m³.



20 Nøklestadveien

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser innløpet til magasinet. Siden magasinet er lagt nesten uten fall vil det stå vann i tilløpsrøret mens magasinet fylles. Det vil si at også volumet på nettet vil utnyttes som fordrøyningsvolum ved en stor regnhendelse, dette er gjort fordi det er svært lite fall i området generelt.

Begbyåsen

Magasinet på Begbyåsen er et plastkassett magasin og det største blant de magasinene som er undersøkt. Siden magasinet er på over 300 kubikk og er et plastkassett magasin er det laget med en tilløpskum hvor vannet deretter går videre i to tilløp til magasinet. Dette er for å skape en jevnere fordeling i magasinet og fordi det sikrer at kummen ikke blir en flaskehals for overvannet. Magasinet er lignende utstyrt med to utløp, og disse to utløpene og innløpene gjør at magasinet blir mer driftssikkert. På grunn av dybden på magasinet og at det er et kassettmagasin gjør at en full inspeksjon ikke var mulig, grunnet mangel på utstyr.



21 Begbyåsen

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser området magasinet er dimensjonert for. Området består av 3 blokker samt områdene rundt med gressplen, permeabelt dekke og asfalterte/steinlagte områder.



22 Begbyåsen

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser plastmagasinet på Begbyåsen. Det ble spesielt lagt merke til mengden med grus og større steiner til stede i magasinet. Hvor lenge dette har vært i magasinet er ikke godt å si, men trolig har det vært der fra anleggsfasen. Store mengder pukk/grus kan stjele volum fra magasinet eller i verste tilfelle skape blokkeringer eller tette magasinet.



23 Begbyåsen

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser inspeksjonskum nummer to som lå like ved den første. Her kan man også se små stein i magasinet, markert med oransje pil. Her ligger utløp nummer to fra magasinet.



24 Begbyåsen

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser utløpsarrangementet fra magasinet. Med de to utløpene fra magasinet som kommer inn fra toppen, og utløpet nederst på bildet. Det er tydelig å se at utløpene fra magasinet er mye større enn utløpet fra kummen, det vil skape en naturlig struping som sikrer at videreført vannmengde ikke overskrider den tillate mengden.



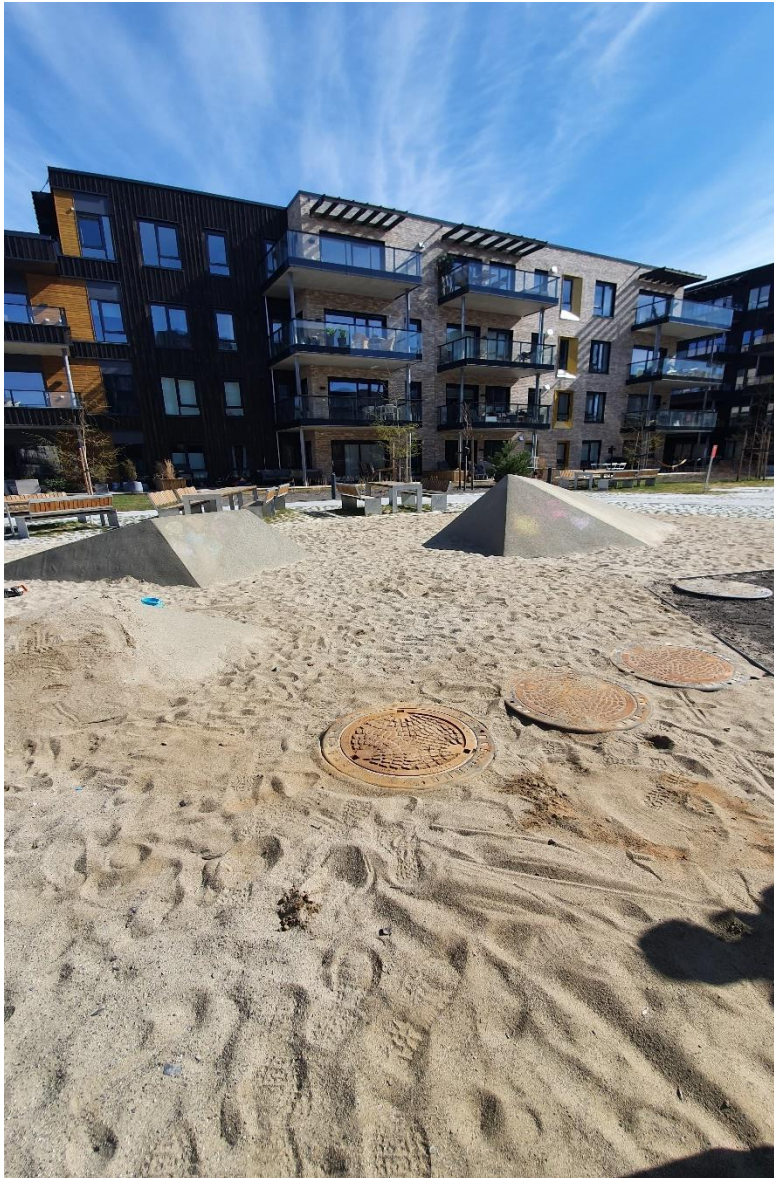
25 Begbyåsen

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser hvor magasinet ligger, markert med 2 ytterlinjer i oransje. Magasinet ligger dypt, da det er underetasje i bygningene ved siden av. Det vil si at magasinet er under 1 etasje ned fra der bildet er tatt. Bildet viser også at det mangler 2 inspeksjonskummer som burde vært ved innløpet til magasinet. Det mangler også et tilgangspunkt for samlekummen før innløpet til magasinene. Det er god tilgang til sandfangene.

Oksenøyveien magasin 1

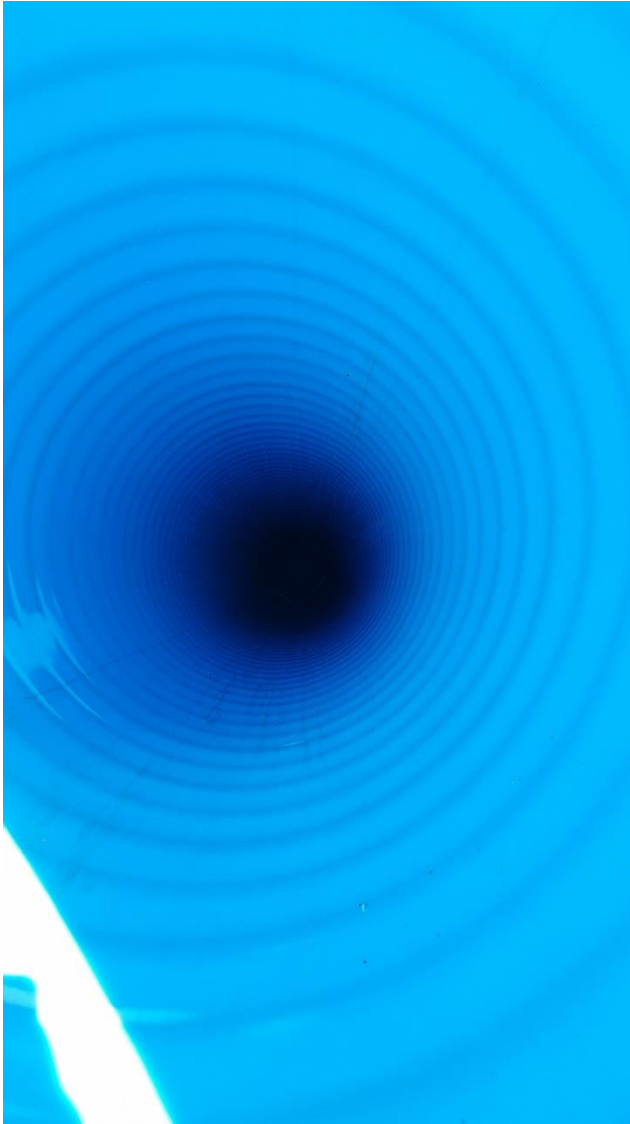
Magasinet er ett av to som er tilknyttet blokkene i nedbørsområde. Dette magasinet ligger midt i feltet, midt i en sandkasse. Det er dette magasinet som tar avrenningen for mesteparten av takene og arealet rundt. På grunn av dybden på magasinet og at det er et kassettmagasin gjør at en full inspeksjon ikke var mulig, grunnet mangel på utstyr.



26 Oksenøyveien 1

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 27.04.2021)

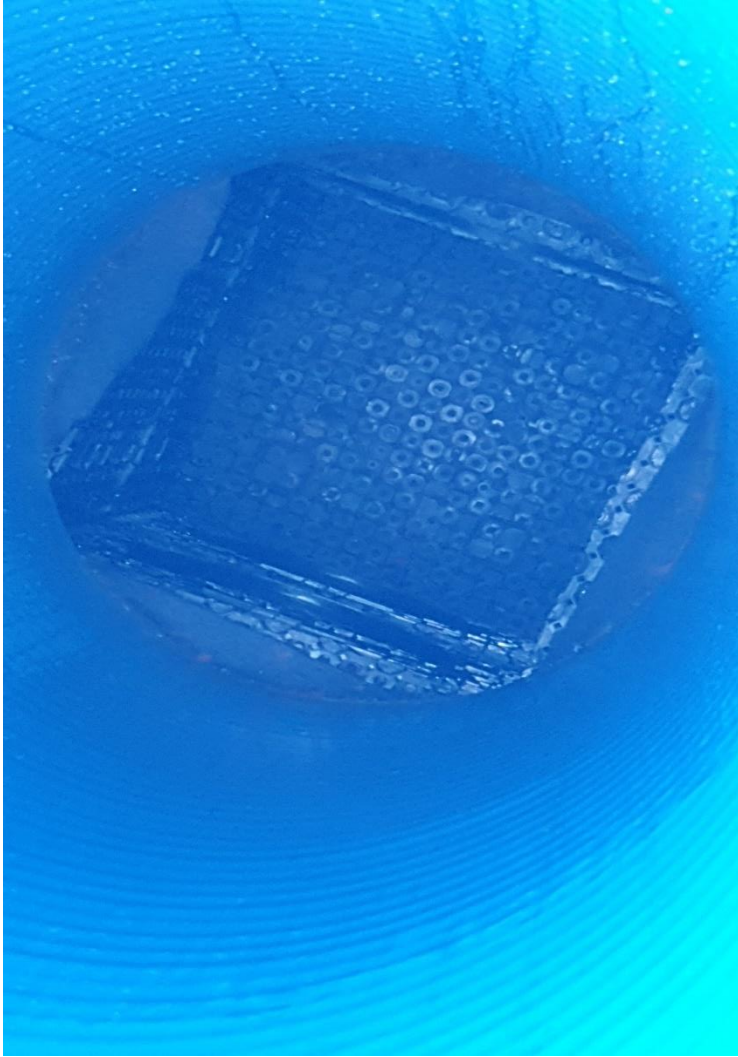
Bildet viser inspeksjonskummenes plassering til det første magasinet tilknyttet blokkene på Oksenøyveien. Inspeksjonskummene ligger midt i en sandkasse og lekeplass for barna. Det er da også mulig å få sand ned i kummene.



27 Oksenøyveien 1

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 27.04.2021)

Bildet viser stigerøret ned til magasinet, det er tydelig at magasinet ligger dypt. Det ligger allikevel over en parkeringsgarasje.



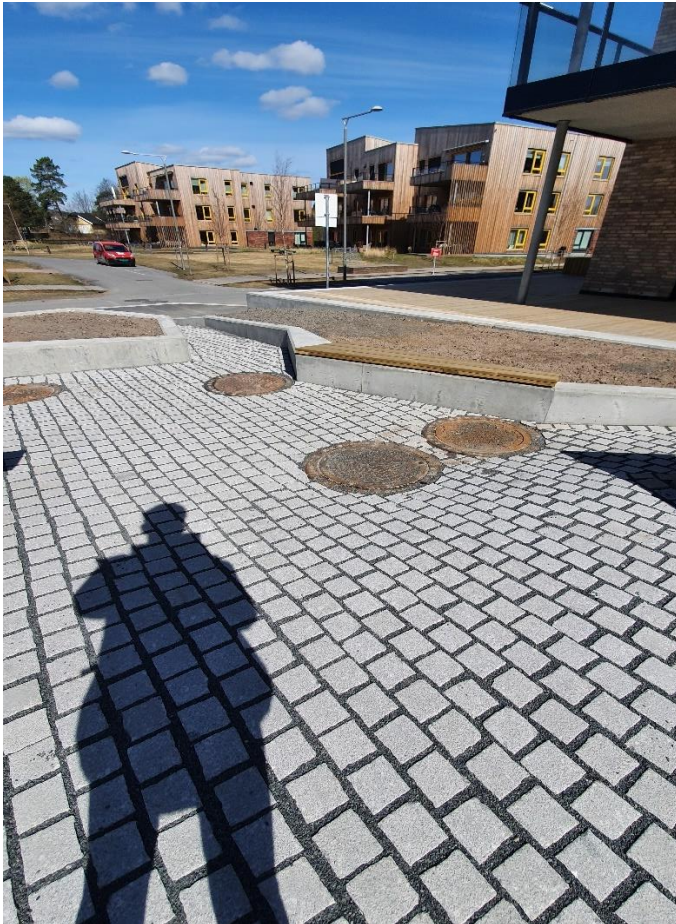
28 Oksenøyveien 1

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 27.04.2021)

Dette bildet viser kassetten i magasinet. Magasinet har ikke spor etter sand, men dette kan være fordi det er såpass nytt.

Oksenøyveien magasin 2

Magasin to på Oksenøyveien er mindre enn magasin en. Magasinet tar unna vann fra området foran og rundt parkeringsgarasjen, all drenering av garasjen går hit. På grunn av dybden på magasinet og at det er et kassettmagasin gjør at en full inspeksjon ikke var mulig, grunnet mangel på utstyr.



29 Oksenøyveien 2

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 27.04.2021)

Bildet viser posisjon til magasin nummer to i Oksenøyveien, magasin en ligger til høyre og opp en trapp for fotografen. Magasin to ligger plassert under dette pene sitteområdet som befinner seg få meter unna inngangen til parkeringsgarasjen. Kummene på bildet er for inspeksjon av selve magasinet samt utløp fra magasinet til offentlig nett.



30 Oksenøyveien 2

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 27.04.2021)

Bildet viser plastkassetene i magasin to på Oksenøyveien, disse kassetene har veldig stort potensielt fordrøyningsvolum.



31 Oksenøyveien 2

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 27.04.2021)

Bildet viser plastmagasinet i et nærbilde det er ikke tydelige tegn her på at det har stått vann. Dette magasinet er fra 2020.

Martin Lillebys vei

Magasinet her er et MC-3500 fra stormtech (VA-systemer, 2019). Det vil si lignende det man finner på Nygårds handelspark i Ski. Innsyn i selve magasinet var ikke mulig. Leverandør mener allikevel at spyling skal være mulig på grunn av utformingen på magasinet og den hardføre duken i bunn av magasinet. Innløpskummen hadde et dykket innløp til magasinet. I utløpskummen var det montert et virvelkammer for å sikre riktig påslipp til offentlig nett fra magasinet.



32 Martin Lillebys vei

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser hvor magasinet ligger og innløpskummen. Magasinet ligger i samme retning som bildet er tatt mot en utløpskum som ligger mellom sklien og krakkene på bildet.



33 Martin Lillebys vei

(Fotograf Ivar Hansen Kvernsveen, bildet er tatt 06.05.2021)

Bildet viser posisjonen til utløpskummen for magasinet. Området til venstre på og utenfor bildet var det opplevd problemer med synkehull. Dette ble opplevd som problematisk av de som bodde i området ettersom dette er en lekeplass bygget for barn og de var bekymret for sikkerheten rundt dette. Entreprenør hadde gravd opp og undersøkt magasinet etter hull i selve magasin veggen ettersom de mistenkte massetransport på grunn av en lekkasje. Det ble ikke oppdaget noen hull og

alt ble tettet igjen etter spesifikasjonen fra leverandør av magasinet og det har siden ikke vært noen problemer med synkehull.

4.4 Sammenligning og kontroll

Største nedbør i Fredrikstad i perioden 2015-2021 var i 2019. Det ble målt 33,7mm nedbør på 1 time.

NORSK KLIMASERVICESENTER				NORSK/ENGLISH
Strømtangen Fyr	SN17000	31.08.2019 23:00	0	
Strømtangen Fyr	SN17000	01.09.2019 00:00	0	
Strømtangen Fyr	SN17000	01.09.2019 01:00	0	
Strømtangen Fyr	SN17000	01.09.2019 02:00	0	
Strømtangen Fyr	SN17000	01.09.2019 03:00	0	
Strømtangen Fyr	SN17000	01.09.2019 04:00	0	
Strømtangen Fyr	SN17000	01.09.2019 05:00	33,7	
Strømtangen Fyr	SN17000	01.09.2019 06:00	21,7	
Strømtangen Fyr	SN17000	01.09.2019 07:00	2,8	
Strømtangen Fyr	SN17000	01.09.2019 08:00	0,4	
Strømtangen Fyr	SN17000	01.09.2019 09:00	0	
Strømtangen Fyr	SN17000	01.09.2019 10:00	0	

Ekstremnedbør, Fredrikstad 9

Hentet fra Norsk klimaservicesenter, nedbør ved Strømtangen fyr med oppløsning på 1 time i tidsrommet 31.08.2019-05.09.2019 (Nedbørshendelse, fredrikstad, 2019).

33,7mm på 1 time tilsvarer en intensitet på $93,61 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ på 1 time, dette er mer enn hva noen av magasinene er dimensjonert for. Dette tilsvarer faktisk et 50års nedbør som traff Fredrikstad i 2019. Med et klimatillegg på 1,2 ville man allikevel vært over denne verdien om man går ut ifra IVF-kurven for Fredrikstad kommune som flere av bedriftene har brukt, som tilsvarer en regnintensitet på $82,71/(\text{s} \cdot \text{ha})$. Med klimatillegget på 1,2 er tilsvarer dette et nedbør på $99,24 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$, altså større enn det som traff i 2019. Et klimatillegg på 1,2 er i dag minimumskravet i flere kommuner og i de fleste anbefalinger. (Dyrddal & Førland, 2019) Noe som tyder på at magasinene burde kunne tatt unna denne mengden i 2019. Man kan tydelig se, som markert på bildene til Traraveien at dette magasinet har hatt god fylling, men at det allikevel ikke nødvendigvis har stått fullt. Da denne store nedbørshendelsen var den eneste av denne størrelsen de siste årene er det trygt å anta at sporene ligger igjen etter denne hendelsen. Det har allikevel stått fullt i magasinet i Fremskridt, som vist ved

bildene. I området av byen rundt Fremskridt var det også rapportert oversvømmelser i området rundt magasinet.

E6 Sonsveien	SN17550	06.09.2019 19:00	1
E6 Sonsveien	SN17550	06.09.2019 20:00	2,8
E6 Sonsveien	SN17550	06.09.2019 21:00	3,4
E6 Sonsveien	SN17550	06.09.2019 22:00	5,5
E6 Sonsveien	SN17550	06.09.2019 23:00	4,1
E6 Sonsveien	SN17550	07.09.2019 00:00	10,1
E6 Sonsveien	SN17550	07.09.2019 01:00	9,9
E6 Sonsveien	SN17550	07.09.2019 02:00	8,3
E6 Sonsveien	SN17550	07.09.2019 03:00	3,5
E6 Sonsveien	SN17550	07.09.2019 04:00	0
E6 Sonsveien	SN17550	07.09.2019 05:00	0

Nedbørshendelse, Moss 10

Hentet fra Norsk klimaservicesenter, nedbør ved E6 Sonsveien fyr med oppløsning på 1 time i tidsrommet 30.08.2019-01.10.2019 (Nedbørshendelse, Moss, 2019).

Denne nedbøren med 10mm på 1 time tilsvarer omtrent 28 l/(s*ha). Langt mindre enn begge magasiner i burde kunne håndtere. Dette er den største nedbørshendelsen som har vært i Moss området siden begge magasiner i Moss ble bygget. Sporene som er funnet i magasinet på Kaptein Storms vei kan være fra denne nedbørshendelsen.

5. Diskusjon

5.1 Tolkning av resultater

Alle magasinene det er samlet inn data om, både de som inngår i selve oppgaven ved inspeksjon, men også de som ikke er nevnt har brukt den rasjonelle måten å beregne fordrøyning. VA-magasin nr. 69 oppsummerer denne metoden ganske bra, men nevner ikke noe klimapåslag. (VA-miljøblad-69, 2015) Det første man derfor kan legge merke til er variasjonen i valget av klimafaktor i de utvalgte magasinene. Det varierer fra 0 til 40% klimapåslag, og det burde på et minimum vært brukt 1,2. (Dyrrdal & Førland, 2019) Allikevel viser inspeksjon av noen av magasinene at de ikke har tegn til å ha stått fulle. Selv ved en nedbørsintensitet som tilsvarer et 50års regn over en time hadde ett magasin kun omtrent 80% fylling, se Traraveien bildene. Dette kan tyde på at beregningsfeil eller andre ting som kan påvirke i hvor stor grad magasinet blir utnyttet ikke ligger i selve magasinet, men heller i utenforliggende faktorer. Mangel på sluk i områder hvor det er oppstuvning, tette sluk, tette rør, for lite tilløp og mer kan være faktorer som spiller inn på dette.

5.1.1 Avvik

Flere av magasinene var også fylt, enten med grus/stein eller hvor det sto vann. Se Nøklestadveien, Begbyåsen og Fremskridt. I Nøklestadveien stjeler dette volum fra magasinet, noe som vil si at det tilgjengelige volumet ved et stort nedbør er redusert. I magasinene på Begbyåsen var det trolig stein som lå igjen etter anleggsarbeid, dette hadde ikke blitt vasket videre av nedbøren i 2019, trolig på grunn av kornstørrelse. Det at det lå igjen stein trenger derimot ikke å bety av ikke annet lettere materiale ble vasket videre ned i rørr nettet og at det trolig her burde vært gjort en bedre jobb under anleggsfasen. Magasinet i Fremskridt er bygd som en blindvei, det var som nevnt derfor mulig å se en kornfordeling innover i magasinet. Det tyngste lå igjen nærmest utgangen imens lenger inn var det kun en oppstuvning av leire materiale. Dette magasinet sto trolig fullt i 2019 og selv med slike store vannmengder over en kort tid så ble magasinet ikke skylt rent. Det vil si at dette magasinet bare vil tape seg enda mer i kapasitet i årene som kommer. På grunn av litt fall i magasinet er det ikke snakk om store tap av volum, men når man ser på spjeldet som struper vannstrømmen videre vil dette være et svakt punkt for en proppdannelse grunnet avsetningene i magasinet.

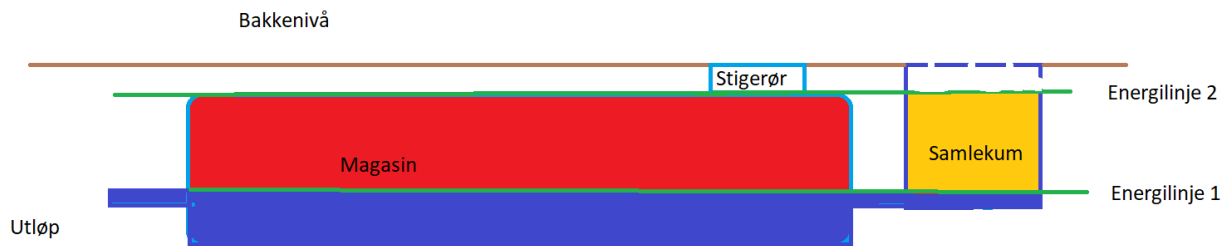
Et annet punkt som burde nevnes er mangelen på hensyn til mengden forurensing som stoppes i et fordrøyningsmagasin. Et fordrøyningsmagasin alene eller kombinert med andre løsninger, kan ha en dramatisk reduserende effekt på mengden suspendert materiale (Nascimento, Ellis, Baptista, & Deutsch, 1999). Dette blir derimot ikke sett på som hovedhensyn for magasinene og er derfor foreløpig ikke med i dimensjoneringsgrunnlaget. Det blir sett på som et problem for renseanlegget i stedet for utbygger og den som eier hver enkelt eiendom. Det blir betalt for i form av kommunale

avgifter, men dette kunne jo potensielt vært med på å redusere resemengden for renselanlegg, spesielt ved store regnhendelser.

Videre kan man se at det ikke er brukt klimafaktor hos mange av magasinene, og det som er interessant med disse magasinene er at de er dimensjonert rett med tanke på metode og nødvendighet størrelse i dag. Innvendig inspeksjon viser også som f.eks. på bilde (Traraveien 3) hvor det kun var observert opptil 80% fylling selv om det i 2019 var et kraftig nedbør som oversteg dimensjonert mengde. Dette kan tyde på at feilen kan ligge ved at alt vannet ikke finner veien til magasinet gjennom sluk og rør, eller at måten magasinet er lagt på kan ha en sterkt styrende effekt. På traraveien magasinet kan man også se at innløpet til magasinet ligger omtrent 90% opp på den totale høyden til magasinet. Dette vil si at man er avhengig av fallet oppstrøms er stort nok for å få full fylling på dette magasinet. For forklaring se tegning «magasin med kum, skisse»

5.1.2 begrunnelser

I dette tilfellet innebærer dette at det oppstrøms for magasinet også blir fylt noe rør volum, slik at selve overvannsnettets selv før magasinet bidrar til magasineringsvolum når man nærmer seg toppen av magasinet. Dette kan man også se i magasinet i Nøklestadveien, hvor innløp og utløp er plassert i lik høyde. Her er det som nevnt lite fall på terrenget generelt, dette vil si at volumet helt fra sluk bidrar som fordrøyning for anlegget når vannstand er høyere enn innløpet. Dette er veldig spesielt med Nøklestadveien da innløpet til magasinet er plassert ca. 250mm opp fra bunnen av magasinet som har en total høyde på 1600mm. Det vil si at det må et trykk på over 1 meter vannsøyle utenfra for å oppnå full fylling her.



Magasin med kum, skisse 11

(Bildet er laget av Ivar Hansen Kvernsveen)

På figuren kan man tydelig se det blå volumet i magasin og samleikum, samleikumen fungerer som innløp fra rørnett til magasin. Dette volumet i magasinet vil først fylles opp til energilinj 1. Deretter vil ikke resten av magasinet fylles uten at også volumet i samleikumen og dermed også resten av rørnettet hvor fallet tillater det. Det vil si at alt volum under energilinj 2 fungerer i praksis som fordrøyningsvolum. Dette gjelder for magasinet på Nøklestadveien og Begbyåsen ettersom disse feltene er svært flate med lite fall. Det blå og røde magasin volumet er beregnet ut ifra f.eks. rasjonell formel, imens det gule volumet som representerer kummer og rør under fyll fylt magasin ikke er beregnet som fordrøyningsvolum. Dette gule ekstra volumet vil allikevel fungere som ekstra fordrøyningsvolum for magasinene, volumet her vil variere veldig fra felt til felt og magasin til magasin, men det kan være en av grunnen til at f.eks. magasinet på Traraveien ikke har avsetninger høyere enn 80% fylling. Imens magasinet som ligger nedstrøms i Fremskridt, ligger med et større fall inn og kun en mindre samleikum ved siden av. Her det mindre volum fra rørnett og kummer som bidrar og vi får som ingeniøren forventet da magasinet ble dimensjonert, full fylling.

Begge magasinene i Moss, Halløkka og Kaptein Storms vei hadde ingen tegn på å ha stått fulle, det hadde heller ikke vært noen regnhendelser her de siste årene som burde fylle dem. Det ble sagt av både prosjektør, gravefirma som la magasinene og dimensjonerende ingeniør at de synes dimensjonene var store på Kaptein Morgans vei. Allikevel er dimensjonene her i samsvar med den rasjonelle formelen og andre felt med lignende nedbør og lignende størrelse. Inspeksjon av magasinet på Kaptein Storms vei viste heller ingen tegn på at det hadde stått vann i røret høyere enn

40% fylling, og dette er et godt tegn med tanke på drift. Dette magasinet var også utformet slik at utløpet fra magasinet lå i et sandfang som heller ikke virket fylt enda. Det andre magasinet i Moss, Halløkka, var det ikke mulig å gjøre en ordentlig inspeksjon av ettersom dette var et steinmagasin så fordrøyningsvolumet er kun porevolum. Det var tilgang til innløpskum og utløpskum, og ingen av disse viste tegn til at det hadde stått vann. Her kan man anta at magasinet fungerer som det skal ettersom det ikke oppdages problemer med innløp og utløp. Vi vet også at det hadde et påslipp siden takrennene var ledet rett til magasinet.

Det som derimot ble lagt merke til på ett av magasinene i Moss, Kaptein Storms vei. Var at nedenfor feltet var det store problemer med is på veien i nedsiden av magasinet. Magasinet her dekket for all avrenning på feltet, men selve feltet er bygd på stein i dagen som er sprengt ned. Slik at infiltrasjonen i området renner ut på vei i nedkanten. Dette er som konsekvens av at det naturlige feltet ble utbyd og fikk en større avrenning for små nedbør (Braskerud & Bogetveit, 2006). Vanligvis ville dette blitt fanget opp av naturen eller fordampet etter lang oppholdstid. I stedet blir nå mesteparten infiltrert som ikke finner veien til sluk og magasinet med påslipp til kommunalt nett. Det vil si at utbygningen i seg selv kan ha bidratt til isdannelsen på veien i nedkant feltet, uten at dette ville vært særlig lett å fikse uten svært dekkende drenening av området.

Magasinene på Oksenøya er såpass nye at de har ikke opplevd noe nevneverdig nedbør, men det som er interessant med disse er at data tilsier at Oksenøya 1 er underdimensjonert med ca. 15 kubikk. Imens magasinet Oksenøya 2 var overdimensjonert med ca. 14 kubikk. Siden begge magasin skal dekke deler av det samme feltet med forskjellige sluk. Kan det antas at det her er tenkt at de skal gjøre opp for volumvariasjonene hos hverandre, eller at det er gjort en beregning for hele feltet. For deretter å dele opp magasinvolumet etter andel total-delvolum de dekker i stedet for andel effektivt volum de dekker. Dette blir kun spekulasjoner. Oksenøya 1 er lagt rett under en sandkasse, som vist på bildene. Slik at her kan det forventes sand i magasinet, kun fin sand. Dette vil allikevel i det lange løp være med å fylle sandfanget før påslipp til offentlig nett. Begge magasiner tilhører samme felt og begge har bommet med omtrent likt volum i forhold til den rasjonale metoden. Dette gjør at om man justerer utløpet fra begge magasin kan denne skjevheten utlignes.

Magasinet på Martin Lillebys vei var det ikke mulig å gjøre en ordentlig inspeksjon av, men samtale med prosjektør førte til relevant info. Magasinet var et stormtech, halve plastrør med et volum og resten av magasin volumet er gitt som porevolum i omfyllingsmassene. Det vil si at dette magasinet er bygget med infiltrasjon, sammen med Halløkka er disse de eneste med infiltrasjon av magasinene. Infiltrasjonene på Martin Lillebys vei hadde dessverre trolig ført til problemer. Det var oppdaget synkehull kort tid etter magasinet sto ferdig. Dette er trolig på grunn av massetransport som følge av

at vannet fra magasinet har gravd seg en vei under bakken. Synkehullene var også i den laveste delen av magasinet, noe som stemmer overens med antagelsen om massetransport på grunn av vann. Dette ble gravd opp og undersøkt av entreprenør, men de fant ingenting.

5.2 Kritikk til eget arbeid

I denne masteren har jeg gjort vurderinger og antagelser knyttet til selve dimensjoneringen, noe som ikke er inkludert i særlig stor grad er hvordan et overvannsmagasin kan være med på å senke mengden forurensing i overvannet ved en kraftig nedbørshendelse. Dette er ikke inkludert ettersom det ikke er noe ingeniørene som dimensjonerte magasinene tok hensyn til, men det er allikevel noe som kunne vært studert og vurdert. F.eks. mengden suspendert materiale, mengden kjemisk oksygenforbruk og mengden biologisk oksygenforbruk som disse magasinene holder igjen i stedet for å sende videre til renseanleggene (Nascimento, Ellis, Baptista, & Deutsch, 1999).

Videre blir det ikke diskutert alternative dimensjoneringsmetoder eller nye antagelser for variablene som inngår i den rasjonale formelen. Så en svært stor del av oppgaven går med på å kritisere den rasjonale metode og resultatet denne gir. Siden det er såpass med kritikk til en formel burde en utvidelse av datasettet hjelpe stort, men dette ville gjort de stedlige undersøkelsene vanskeligere, dette blir også nevnt i «6.1 videre arbeid».

De undersøkelsene som ble gjort av magasinene som ble besøkt kunne også vært gjort bedre. Om en modell for hvilke bilder som trengtes hadde vært satt opp før noe magasin ble besøkt kunne dette sikret bedre kvalitet på de innsamlede bildene. Dette kunne også sikret bedre sammenlignbarhet skulle disse bildene bli brukt senere i andres arbeid, fordi systemet for bildene ville vært standardisert. I sammenheng med disse bildene burde det også vært mulig å få lånt inspeksjonskamera av kommunen eller andre for å foreta en enda nøyere inspeksjon av de kassetmagasinene og magasinene med generelt mangel på tilgangspunkter.

Videre kunne det også vært gjort en stor økonomisk analysedel til denne oppgaven, dette ville vært svært tidkrevende og krever kompetanse fra fag eller erfaring jeg mangler i skrivende øyeblikk. Det kunne vært gjort beregninger på nåverdi tap på grunn av volumtap eller lignende. Eller nåverdi kostnader som følge av etter innstillinger eller oppgraderinger av nåværende anlegg (VA-miljøblad-85, 2008).

6. Konklusjon

Etter en tolkning av resultatene fra egne undersøkelser, meninger fra fagfolk og vurdering av beregningene gjort av konsulentselskapene kan det sies at alle av magasinene gjør jobben sin. De fordrøyer volumet med vann, men ikke til forventet grad, grunnene til dette er mange: Grove overslag av felt, valg av avrenningskoeffisienter, tilgjengelig rørnettverk på stedet samt utslipp fra magasinet selv. Den rasjonelle formelen dekker godt behovet for dimensjonering, men i et felt som er variert med vegetasjon, hus, høydeforskjeller, veier og andre ting blir den fort for enkel. Behovet for en ny formel er derimot ikke nødvendig, men heller å gjøre ingeniøren som gjør beregningene bevisst på at det må gjøres grundigere felt analyser enn kun størrelse, regnintensitet med varighet, avrenningsfaktor og klimafaktor. Med en slik matematisk tilnærming på et problem fra virkeligheten blir det som å prøve å få plass til en stjerne inne i en kube. Hvor kuben representerer den rasjonelle formel, imens stjernen vil ha varierende lengder på armene samt en varierende størrelse kjerne.

At det er en forenkling av virkeligheten er man selvfølgelig klar over, og man ønsker heller ikke underdimensjonere. Dette kan vise seg å være både dyrere og ha større konsekvenser enn å overdimensjonere. En potensiell løsning på et slikt overdimensjoneringsproblem kan i mange tilfeller være ganske enkel. Om det etter monteres et regulerbart utløp, f.eks. et virvelkammer med et lavere utløp enn originalt dimensjonert for vil volumet kunne utnyttes i større grad ved kraftige regnskyll. Dette vil det være nødvendig med stedlige undersøkelser for å bekrefte først, for hvert enkelt magasin.

Sist vil jeg oppmuntre til å tenke utenfor «boksen» (magasinet), i den forstand at for små felt i urbane områder kan flere LOD tiltak gjøre opp for ett stort fordrøyningsiltak, samtidig som det bidrar til det estetiske bilde f.eks. i en boligblokk. (Braskerud & Paus, 2018)

6.1 Videre arbeid

Her er det mye å ta tak i for å fortsette undersøkelsene og en større systematisering. Det er nødvendig å undersøke flere magasiner for å bedre bekrefte funn, samt videre arbeid med analysen rundt selve metoden for å dimensjonere nødvendig magasin størrelse. Med nye metoder på vei for bedre beregning av avrenning fra urbane felt med bruk av datamodellering. Vil dette trolig ha et stort bruksområde i beregning av nødvendig fordrøyningsvolum. Det er også verdt å se på verdien i å gjøre en ny vurdering av allerede etablerte magasin for å bedre utnytte volumet slik som tatt opp i diskusjonsdelen. Magasiner med nye reguleringer på utløpet eller bedre konstruerte utløp og overløp vil trolig få en økt effektivitet, og slik bidra til å øke utnyttelsesgraden av magasinene.

En annen måte å finne ut mer om overvannsmagasiner etter de er konstruert og i drift vil være å gjøre mer formelle intervjuer med eiere av magasinene og kommunene de ligger i. Samtlige av kommunene jeg kontaktet hadde ordninger for rensing av spillnettet, mens overvann mest ble rensset etter behov. En formell innsamling av data på dette kan bidra til å finne ut hvor ofte overvannsmagasiner eller overvannsnettet selv blir spylt og i hvor stor grad kommunene mener dette er nødvendig. Dette kan så sammenlignes med leverandørers spyleanbefalinger for å finne ut om dette stemmer i praksis og eventuelt hvilken effekt hyppig spyling kan gi, eller hvilket tap av verdi en mer sjelden spyleordning vil ha.

7. Referanser

- Braskerud, B. C., & Paus, K. H. (2018). *Blågrønn infrastruktur- mer enn overvannshåndtering?* Hentet fra https://www.researchgate.net/profile/Bent-Braskerud/publication/324835604_Blagronn_infrastruktur-mer_enn_handtering_av_overvann/links/5ae6f652458515760ac26d4a/Blagronn-infrastruktur-mer-enn-handtering-av-overvann.pdf
- Braskerud, B., & Bogetveit, L. J. (2006). *Avrenning i Norge*. NVE. Hentet fra <https://docplayer.me/11475054-Avrenning-i-norge-nves-satsning-pa-urbane-og-kystnaerefelt-bent-braskerud-og-leif-jonny-bogetveit-vannforeningsmote-14-des.html>
- Direktoratet for Byggkvalitet. (2017). *Byggteknisk forskrift (TEK17)*. Oslo: Direktoratet for Byggkvalitet. Hentet fra <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>
- Dyrrdal, A. V., & Førland, E. J. (2019). *Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge*. Oslo: Norsk Klimaservicesenter. Hentet fra <https://klimaservicesenter.no/kss/laermer/klimapaslag>
- Lloyd-Davies, D. E. (1906). *The elimination of storm water from sewerage systems*. London, England: Inst.Civ. doi:<https://doi.org/10.1680/imotp.1906.16637>
- Magnussen, R. A., Paus, K. H., & Åstebøl, S. O. (2015). *Gjennomgang av avrenningsfaktorer*. Oslo: MILJØDIREKTORATET og COWI. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m293/m293.pdf>
- Nascimento, N. O., Ellis, J. B., Baptista, M. B., & Deutsch, J. -C. (1999). *Using detention basins: operational experience and lessons*. 1(2): Urban Water. doi:[https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00009-1](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00009-1)
- Nedbørshendelse, Moss. (2019). Norsk Klimaservice senter. Hentet fra <https://seklima.met.no/>
- Nedbørshendelse, Fredrikstad. (2019). Norsk klimaservicesenter. Hentet fra <https://seklima.met.no/>
- NOBI AS. (2013). Prinsippskisse av rørmagasin. Hentet fra <https://www.nobi.no/wp/wp-content/uploads/2015/03/Skjermbilde-2015-03-03-kl.-14.58.59.png>
- Norsk Klimaservicesenter. (2021, 05 14). IVF-tabell, Fredrikstad. Hentet fra <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN3030>
- Norsk klimaservicesenter. (2021). Nedbørsmålestasjoner på østlandet. Hentet 05 20, 2021 fra <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN3030>
- NVE. (2015). *NVEs Klima Tilpasnings-strategi 2015-2019*. Oslo: NVE. Hentet fra https://www.nve.no/Media/3051/rapport2015_80.pdf
- Pipelife. (2021, 05 14). Prinsippskisse av plastkassetmagasin. Hentet fra <https://www.pipelife.no/infrastruktur/vmt/raineo.html>
- Statens vegvesen. (2018). *Håndbok N200 Vegbygging*. Vegdirektoratet.
- Statens vegvesen. (2016). *Lærebok Nr.626 Vegteknologi*. Oslo: Vegdirektoratet.

- Sælhun, N. R., & Barton, D. N. (2021). *REO: Estimering av overflate-avrenning fra urbane felt*. Trondheim: Norsk institutt for naturforskning (NINA). Hentet fra <https://hdl.handle.net/11250/2723217>
- VA-miljøblad-104. (2013). *VA-miljøblad 104 Fordrøyning av overvann*. Hamar: Norsk Vann. Hentet fra <https://www.va-blad.no/fordroyning-av-overvann/>
- VA-miljøblad-125. (2018). *VA-miljøblad 125 Håndtering av overvann LOD*. Hamar: Norsk Vann. Hentet fra <https://www.va-blad.no/handtering-av-overvann-lod/>
- VA-miljøblad-69. (2015). *VA-miljøblad 69 Overvannsdammer beregning av volum*. Hamar: Norsk Vann. Hentet fra <https://www.va-blad.no/overvannsdammer-beregning-av-volum/>
- VA-miljøblad-85. (2008). *VA-miljøblad 85 Overvann. Valg av dimensjonerende gjentakintervall*. Hamar: Norsk Vann. Hentet fra <https://www.va-blad.no/overvann-valg-av-dimensjonerende-gjentaksintervall/>
- VA-Norm Fredrikstad. (2021). *VA-Norm.no Fredrikstad kommune*. Fredrikstad: Fredrikstad kommune. Hentet fra <https://www.va-norm.no/pdf/0/all/192/>
- VA-Norm Moss. (2021). *VA-norm.no Moss kommune*. Moss: Moss kommune. Hentet fra <https://www.va-norm.no/pdf/0/all/70/>
- VA-systemer. (2019). Stormtech MC-3500. Vågå kommune. Hentet fra <https://static1.squarespace.com/static/5bc84b5ffb22a54c05c7e4a9/t/5e2ae9c8f0a5822b10c000e3/1579870666496/Stormtech+MC-3500+2019.pdf>
- Wingstedt, A., Åstebøl, S. O., & Røysted, U. (2018). *Overvannsveileder for kommunene i vannområdene Morsa og Glomma sør*. Fredrikstad: COWI. Hentet fra <https://morsa.org/aktuelt/felles-veileder-for-overvannshandtering-for-kommunene-i-vannomradene-morsa-og-glomma-sor/>
- Woll, M. H. (2016). *Samanlikning av lukka fordrøyningsmagasin: konsept og erfaringar (Masteroppgave)*. instituttet for matematiske realfag og teknologi. Norges miljø og biovitenskapelige universitet.
- Ødegaard, H. (2014). *Vann- og avløpsteknikk (2. utg.)*. Hamar: Nå Hamar Media.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway