



Multifunktionella ytor som en lösning för att hantera potentiella skyfallsutmaningar:

En studie över Färjestadens låg- och mellanstadieskola
i Mörbylånga kommun.

Wilma Stålhand
Bild: Färjestadens dämme med utsikt över Ölandsbron
Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakultet för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap
Institution för landskapsarkitektur, planering- och förvaltning
Landskapsarkitekturprogrammet
Alnarp 2024

Multifunktionella ytor som en lösning för att hantera potentiella skyfallsutmaningar: En studie över Färjestadens låg- och mellanstadieskola i Möbylånga kommun

Multifunctional spaces as a solution for managing potential heavy rainfall challenges: A study of Färjestaden's primary school in Möbylånga municipality

Wilma Stålhand

Handledare:	Lisa Norfall, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för Landskapsarkitektur, Planering och Förvaltning
Examinator:	Helena Mellqvist, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för Landskapsarkitektur, Planering och Förvaltning
Bitr. examinator:	Linnéa Fridell, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för Landskapsarkitektur, Planering och Förvaltning
Omfattning:	30 hp
Nivå och fördjupning:	Avancerad nivå, A2E
Kurstitel:	Independent Project in Landscape Architecture
Kurskod:	EX0846
Program/utbildning:	Landskapsarkitektur
Kursansvarig inst.:	Inst. för Landskapsarkitektur, Planering och Förvaltning

Utgivningsort:	Alnarp
Utgivningsår:	2024
Omslagsbild:	Wilma Stålhand (2024)
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: *Dagvattenhantering, dagvattensystem, skyfall, kommunal planering*

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal här: <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU)
Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap
Inst. för Landskapsarkitektur, Planering och Förvaltning

Sammanfattning

Detta arbete fokuserar på att betona betydelsen av en hållbar dagvattenhantering i kommunal regi. Mörbylånga kommun på Öland är en av många svenska kommuner med utmaningar gällande dagvattenhantering, med påtagliga klimatförändringar som skapar översvämningsskyfall under vinterhalvåret och en extrem torka under sommarhalvåret. Föregående år har kantats med nationella översvämningar på grund av klimatförändringar med en alltför långsam omställningsgrad, och ett nationellt underskott till VA-infrastrukturen, enligt en rapport från Svenskt Vatten (2023). Behovet av att hantera dagvattenfrågor på en övergripande nivå i kommunal samhällsplanering är av stor betydelse för att minska risken för översvämningar och skydda viktiga samhällsintressen så som bebyggelse och infrastruktur.

Platsstudien, som arbetet utgår från Färjestadens låg- och mellanstadieskola där metoder för en hållbar dagvattenhantering studeras med målet att utvärdera hur skolområdet kan bli multifunktionellt och motståndskraftigt gentemot extremväder som skyfall.

Abstract

This work focuses on emphasizing the importance of sustainable stormwater management within municipalities. Mörbylånga municipality located in Öland, is one of many Swedish municipalities facing challenges related to stormwater management, with significant climate changes leading to intense rainfall and flooding during the winter months and extreme drought during the summer. In recent years, Sweden has experienced widespread flooding due to climate change, with an insufficient pace of adaptation and a national shortfall in water and sewage infrastructure, according to a report by Svenskt Vatten (2023). The need to address stormwater issues on a broader scale within municipal urban planning is critical for reducing the risk of flooding and protecting societal interests, such as buildings and infrastructure.

A sight study in Färjestaden is presented, where methods for sustainable stormwater management investigates with the aim to evaluate how the area can become multifunctional and resilient to extreme weather events, such as heavy rainfall.

Innehållsförteckning

Inledning	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Mål och syfte	6
1.3 Metod och material	6
1.3.1 Avgränsningar	7
2. Skyfallshantering	8
2.1 Framtidslösningar genom multifunktionalitet	8
2.2 Regelverk, riktlinjer och ansvarstagande: Dagvattenhantering i Sverige	12
2.3 Kommunala utmaningar	15
3. Dagvattenlösningar	17
3.1 Slutna dagvattensystem	18
3.1.1 Blå-Grön-Grå system	18
3.1.2 Infiltrationsmagasin	20
3.1.3 Avsättningsmagasin	22
3.2 Halvöppna dagvattensystem	23
3.2.1 Permeabla ytor	24
3.2.2 Översilningsytor	25
3.2.3 Gröna tak	27
3.2.4 Regnbäddar	29
3.2.5 Träd i skelettjord	31
3.3 Öppna dagvattensystem	33
3.3.1 Damm	33
3.3.2 Infiltrationsstråk	35
3.3.3 Krossdike	36
3.3.4 Svackdike	37
3.4 Sammanställning	39
4. Mörbylånga kommun	44
4.1 Vattenplanering i Mörbylånga kommun	44
4.2 Färjestadens låg- och mellanstadieskola	46
5. Platsstudie	50
5.1 Område 1: Parkeringen	52
5.2 Område 2: Norra entrén	54
5.3 Område 3: Norra skolgården	56
5.4 Område 4: Idrottsplatsen	58
5.5 Område 5: Centrala skolgården	60
5.6 Område 6: Södra skolgården	62
6. Diskussion	64
Referenser	69
Tack	76

Inledning

1.1 Bakgrund

Pågående klimatförändringar belyser behovet och betydelsen av att aktivt arbeta med dagvattenhantering i urban samhällsplanering, för att undvika problematik med översvämningar och andra negativa påverkningar på vattensamlingar och hav. Under 2023 slogs regnrekord på flera platser runt om i Sverige. Detta gav upphov till översvämningar som i sin tur skadade vägar, byggnader och förorenade dricksvattnet (SOS Alarm, 2023). Framtidens ovisshet med den klimatproblematik som drabbat svenska kommuner krävs en långsiktig planering med åtgärder kring hur platser ska utformas för att minska de negativa konsekvenserna som framtiden kan komma att ge. Fokus bör därför läggas på hanteringen av dagvatten i urbana miljöer på ett sätt som tar hänsyn till både nuvarande och framtida behov. Dagvatten avser allt vatten som faller på ytor i form av bland annat regn, smältvatten, spolvatten eller framträngande grundvatten.

Som barn spenderade jag många somrar på Öland i familjens fritidshus. Under åren har jag sett en ökad problematik kopplad till regn och översvämningar, både på Öland men även på andra platser runt om i Sverige. Därav är mitt intresse stort kring hantering av dagvatten med fokus på skyfall. Skyfall klassificeras enligt SMHI som kraftigt regn som faller med 50 millimeter per timme eller 1 millimeter per minut (SMHI, 2011). År 2014 stängdes köpcentret *Ölands köpstad* ner en begränsad tid till följd av ett översvämningsskyfall. Dagvattenbrunnarna hade inte kapaciteten att omhänderta dagvattnet från det kraftiga regnet, i tillägg till att asfalten som omger köpstaden har en lutning mot huskroppen som började ta in vatten och orsaka skada på byggnaden (Barometern, 2014). Markägaren, som i detta fall är Mörbylånga kommun, såg ett behov av att lösa en otillräcklig dagvattenhanteringen kring köpstaden för att minska risken att situationen återupprepas. Kommunen satte in en lokal lösning i form av ett uppsamlingsdike på parkeringsplatsen i anslutning till köpstaden, vilket fungerar som ett utjämningsmagasin för dagvatten. Diket avlastar dagvattenbrunnarna vid skyfall genom att samla upp dagvatten och fördröja det på platsen, därmed förhindras dagvattenbrunnarna från att svämma över. Detta är ett exempel på hur kommuner kan förbättra dagvattenhanteringen och vilken rådighet kommuner har som markägare i offentliga miljöer. Kommunalt förvaltade ytor utgör en viktig del av urbana områden, både eftersom dessa ytor används av ett stort antal människor, men också på grund av att kommunerna har stort inflytande och ansvar över stadsplaneringen.

Det finns ett behov till omställning i och med klimatförändringarna. En omställningsstrategi, som hittills inte fått tillräcklig spridning i arbetet med klimatanpassning, är *multifunktionalitet* och potentialen i skapandet av multifunktionella ytor (Boverket, 2010). Detta innebär att integrera olika funktioner och kvaliteter i den befintliga strukturen, exempelvis genom att anlägga vegetation och vattendrag i bebyggda miljöer för att förbättra luftkvaliteter, förebygga

värmeöar och hantera dagvatten genom naturliga lösningar, för att göra urbana miljöer mer motståndskraftiga mot klimatförändringar. Vi kallas dessa kvaliteter för ekosystemtjänster, och de återfinns i blå och gröna infrastrukturer, där de blå representerar vatten och de gröna representerar vegetation. Studier på ämnet föreslår att stadsplaneringen bör fokusera på hybridlösningar där blå-grön-grå infrastruktur kombineras (Bakhshipour et al. 2019). Grå lösningar representerar byggd infrastruktur, exempelvis vattenledningar, dräneringsrör och dagvattenbrunnar, och kan tillsammans med blå och grön infrastruktur skapa en tillförlitlig multifunktionalitet i urbana miljöer.

1.2 Mål och syfte

Målet med detta arbete är att undersöka olika typer av dagvattenlösningar, testa dessa på Färjestadens låg- och mellanstadieskola, för att slutligen utvärdera möjligheter och utmaningar kring dagvattenlösningar i offentliga rum.

Syftet med arbetet är att skapa en förståelse för den problematik som finns kring dagvattenhantering, och föra en diskussion gällande multifunktionalitet som en lösning för att hantera skyfallsproblematik i ett föränderligt klimat.

Frågeställningarna som arbetet kommer att besvara är;

- *Vilka dagvattenlösningar används i arbetet med skyfallsåtgärder och klimatanpassning, för att uppnå multifunktionalitet i urban miljö?*
- *På vilket sätt kan multifunktionella dagvattenlösningar tillämpas på Färjestadens låg- och mellanstadieskola, för att klara av att infiltrera samt lokalt fördröja skyfall på längre sikt?*

1.3 Metod och material

Bryman (2018) beskriver samhällsvetenskaplig forskning som en samling existerande teorier och kunskap inom ett område som bygger på, och påverkar, resultatet av en forskning. Detta arbete har tagit fasta på Brymans (2018) idé om en kvalitativ metod som forskningsstrategi. Arbetet byggs upp av en litteraturstudie som omfattar både internationell forskning gällande dagvatten i urbana miljöer i avsnitt 2.1 samt dagvattenhantering utifrån svenska regelverk och rapporter i avsnitt 2.2 och 2.3. Med stöd från litteraturstudien och rekommendationer från rapporter och kunskapsunderlag riktade till VA-branschen, presenteras lämpliga dagvattenlösningar i avsnitt 3. Källorna till dessa avsnitt har samlats in via SLU:s söktjänst Primo, webbsökningar, litteratur och regelverk kopplade till ämnesområdet.

Litteraturstudien innehåller en samling teorier och kunskaper som sedan appliceras på en utvald plats för att testa studien i praktiken (Bryman, 2018). Platsstudien utgår från Färjestadens låg- och mellanstadieskola i Mörbylånga kommun. Ett flertal platsbesök ligger till grund för platsstudien där bland annat markmaterial, huskroppar, lutningar, brunnar och stuprör

studerades och märktes ut över platsen, för att få en bild av hur dagvattnet omhändertas i dagsläget och möjligheterna till att utveckla och effektivisera detta i framtiden. Dagen då platsbesöken ägde rum hade regn fallit över skolområdet, vilket gjorde det möjligt att se vart vattnet naturligt samlats. De sammanställda upptäckterna från platsbesöken, anteckningar och fotografier, jämfördes sedan med teorierna och kunskapen från litteraturstudien tillsammans med information från kommunala dokument om tätorten *Färjestaden* och en skyfallsanalys som Mörbylånga kommun låtit göra, för att få en klar bild av skolområdets potential att utveckla dagvattenhanteringen. Skyfallsanalysen identifierar riskområden för översvämning i Färjestaden, där flertalet riskområden återfinns på Färjestadens låg- och mellanstadieskola. En del av dessa ligger i anslutning till känsliga samhällsstrukturer, exempelvis huskroppar, vägbanor och privat mark, och är extra viktiga att lyfta upp och bearbeta med hjälp av dagvattenlösningar.

Skyfallsanalysen, tillsammans med information från platsbesöket, utgör grunden för platsstudien. Med stöd av litteraturstudien och de dagvattenlösningar som presenteras i avsnitt 3, föreslås lösningar för dagvattenhantering på Färjestadens låg- och mellanstadieskola i avsnitt 5. Platsstudien fokuserar på att effektivisera dagvattenhanteringen och skapa multifunktionella lösningar för skolan.

1.3.1 Avgränsningar

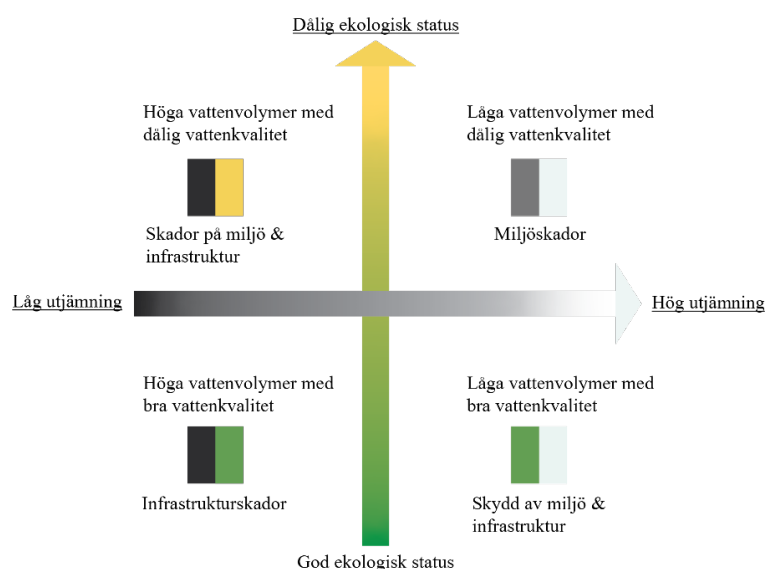
Arbetets resultat kommer utmana traditionell dagvattenhantering genom att diskutera multifunktionella lösningar, utan att gå in på teknisk uppbyggnad av dagvattensystem. Redovisningen av arbetets resultat är därför mer beskrivningsinriktad och kommer inte innehålla tekniska beskrivningar, i linje med samhällsvetenskaplig forskning (Bryman, 2018). Platsstudien utgår från en kommunalt förvaltd yta med tillhörande byggnader där strategin är att skapa multifunktionalitet. En större del av Färjestadens låg- och mellanstadieskola ingår i platsstudien, där vissa delar exkluderats eftersom de är likvärdiga områden som återfinns inom den valda platsstudien. Kunskapssammanställningen består av en samling av dagvattenlösningar som har visat sig effektiva i fysisk gestaltning med syfte att omhänderta dagvatten och behandlas i avsnitt 3. De tekniska lösningarna är applicerbara på andra platser utanför platsstudien och diskuteras vidare i det nämnda avsnittet.

Arbetet och resultatet som presenteras kommer utgå från skyfalls- och översvämningssituationer och därför inte beröra eventuell problematik kopplat till reducerad vattentillgång så som torka, även om detta tas upp som en effekt av klimatförändringar.

2. Skyfallshantering

2.1 Framtidslösningar genom multifunktionalitet

Klimatförändringarna påverkar våra städer och leder till fler och kraftigare skyfall (Miljödepartementet, 2022). Urbanisering och förtätning av stadens miljöer gör att regn får allt allvarigare följder (Sörensen et. al, 2016). Urbana regioner kommer att tvingas hantera och anpassa sig till ökande extremväder i framtiden, skriver Depietri och McPhearson i sin rapport *Integrating the Grey, Green, and Blue in Cities* (2017). Redan idag sker negativa effekter till följd av hårdgjorda ytor, vilket har lett till urbana värmeöar och gjort det omöjligt för vatten att infiltrera ner i marken. Ogenomträngliga beläggningar är en av de mest väsentliga problematikerna vi har världen över (Martínez et. al, 2021). IPCC (2022) lyfter möjligheterna med en global urbanisering i sin rapport och argumenterar för att urbaniseringen ger chansen till klimatanpassad utveckling i olika miljöer, från landsbygdens småsamhällen, större tätorter till stora städer. Naturens kapacitet att stå emot översvämningar påverkas när allt fler städer expanderar med hårdgjorda ytor i form av vägar och parkeringar. Detta hindrar den naturliga infiltrationsförmågan i marken och skapar en större mängd ytavrinning som kan leda till allvarliga översvämningar konstaterar Sörensen et. al (2016) och Martínez et. al (2021). Martínez et. al (2021) beskriver att minskningen av infiltration påverkar grundvattenpåfyllningen, vilket kan leda till vattenbristproblematik. Tang et. al (2021) menar att avrinningsvolymen från kraftiga skyfall ökar mängden föroreningar som tas upp av flödet när dagvattnet rinner över olika partikelfyllda ytor, exempelvis vägbanor. Desto högre utjämning och spridning av dagvatten, desto mindre riskerar dagvattnet att orsaka översvämningproblematik, förklarar Tang et. al (2021). Är dagvattnet dessutom förorenat av partiklar är en hög utjämning att föredra då vattnet får möjlighet att lagras, infiltreras och renas genom naturliga processer (fig. 1).



Figur 1, Sambandet mellan dagvattnets volym på en yta och dess ekologiska status, samt vilka konsekvenser det kan leda till, enligt Tang et. al (2021). Illustrerad av författaren.

Idag är urbant dagvatten och smältvatten från snö de största bidragande faktorerna till försämringen av ytvattenkvalitet. I en rapport framtagen av Müller et. al (2020) konstateras att luftföroreningar som faller till marken, tillsammans med fordonstrafik och ytskikt på byggnadsmaterial som släpper ifrån sig partiklar, fortsätter att vara bland de största föroreningskällorna. För att lösa problematiken kring föroreningar poängterar Martínez et. al (2021) den avgörande faktorn av att återställa den naturliga infiltrationsfunktionen i urbana områden för att hantera dagvattenförluster och mildra miljöproblem orsakade av urbaniseringen. De traditionella dagvattensystemen är inte dimensionerade för att hantera obegränsade mängder regn och är inte heller flexibla att anpassas till de förändringar som sker i klimatet, vilket innebär att det krävs nya system som kan återskapa naturens förmåga att omhänderta vatten och öka stadens hårdighet (Sörensen et. al, 2016). IPCC (2022) förklarar att fokuset på traditionell grå infrastruktur som exempelvis rör- och tunnelsystem, vattenreningsverk och ogenomsläppliga hårdgjorda ytor riskerar att utesluta möjligheterna till klimatanpassning och fastna i ineffektiva lösningar. De grå lösningarna hanterar inte grundorsakerna och riskerna med klimatförändringar, vilket på sikt kan öka stadens sårbarhet (Depietri & McPhearson, 2017). Detta leder till att urbana områden förlorar chansen att bidra med multifunktionalitet och bryter den viktiga kopplingen till ekologiska och sociala värden för invånarna (IPCC, 2022).

Lovell och Taylor (2013) tar upp samma koppling mellan ekologiska och sociala värden i sin beskrivning av begreppet *landskapets multifunktionalitet*. Integrationen av sociala och ekologiska värden är en del av multifunktionalitet som främjar både människor och miljö. Ekosystem ska bidra till flera syften för att säkerställa en god hållbarhet, menar Lovell och Taylor (2013). Katarzyna Wagner och Krauze (2015) beskriver multifunktionalitet som en lika tillgång till en kvalitativ miljö, effektiv användning av naturresurser för ekonomisk vinning och en ekologisk balans för naturliga system att förnya sig. Lovell och Taylor (2013) skriver i sin avhandling att ekosystemets multifunktionalitet är sedan tidigare erkänt, men har på senare tid

utökats till att även inkludera befintliga ekosystem som en stöttning av sociala värden. Författarna förklarar att landskapets multifunktionalitet inkluderar både ekologiska-, kulturella- och produktionsfunktioner (fig. 2). De kulturella funktionerna handlar exempelvis om möjligheten till rekreation, visuell estetik och pedagogik. De ekologiska funktionerna är exempelvis klimatanpassning, bevarandet av biologisk mångfald och naturliga kretslopp. Produktionsfunktioner är relaterat till ekonomisk hållbarhet och de aktiviteter som främjar besökare till platsen (Lovell & Taylor, 2013). När alla dessa funktioner får ta plats samtidigt skapas ett multifunktionellt landskap. Katarzyna Wagner och Krauze (2015) hävdar att vattenförvaltningen är en viktig aspekt i varje kategori, då vatten är en värdefull resurs för människan, en viktig del av landskapet samt en drivande kraft för ekologiska processer. Katarzyna Wagner och Krauze (2015) fokuserar på de ekologiska funktionerna vid planering av multifunktionalitet. Genom att fokusera på ekologiska funktioner kan samhället bli mer anpassat till globala klimatförändringar, minska belastningen på befintliga dagvattensystem, öka grundvattenkapaciteten, minska mängden föroreningar och stödja den gröna infrastrukturen, menar författarna.

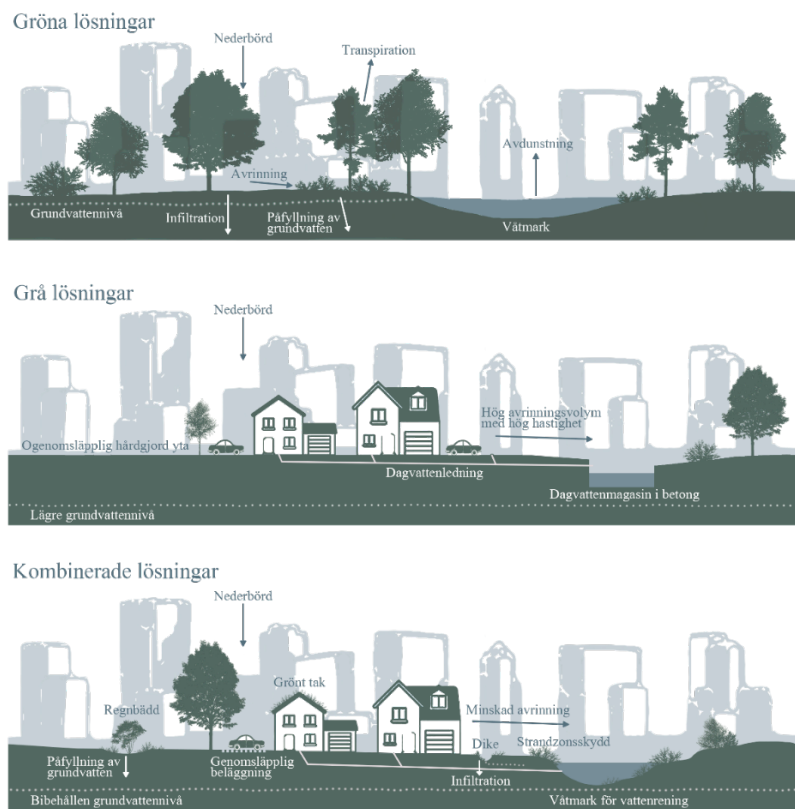


Figur 2, Hållbarhet och multifunktionalitet. Hållbarhet beskrivs som en överlappning av ekologiska, sociala och ekonomiska värden, medan multifunktionalitet kan beskrivas som en stapling av ekologiska-, kulturella- och produktionsfunktioner. Illustrerad av författaren med inspiration från Lovell & Taylor (2013).

Ghafouri och Weber skriver i sin avhandling (2020) om urbaniseringens påverkan på förvaltare som ställs inför stora utmaningar vid befolkningsökning när fler människor måste kunna rymmas på samma yta utan störningar, för att kunna säkerställa en god livskvalitet. I friska miljöer upplever ekosystem inte katastrofer på samma sätt som vi betraktar katastrofer i mänsklig kontext, påpekar Depietri och McPhearson (2017). Störningar i ekosystem har historiskt sett varit en del av en naturlig process och bidragit till fördelar, som exempelvis jordförbättring vid översvämningar eller påfyllning av grundvatten. Större påverkan på ekosystem kan inträffa om faror drabbar ett mindre varierat ekosystem då dessa är mindre stabila och därför mer utsatta, vilket ofta är fallet i urbana miljöer menar Depietri och McPhearson (2017). Detta kan leda till en tillfällig eller permanent försämring av nödvändiga ekosystemtjänster, som att arter försvinner och rubbar balansen i naturen. Ekosystem kan reglera fler funktioner för att minimera klimatrisker, exempelvis kust- och skyfallsöversvämningar, temperatur och erosion (Depietri & McPhearson, 2017). Där kommer idén om multifunktionalitet för planering in som en potentiell lösning. Begreppet bygger på att ge stadsplanering en ny synvinkel för att förbättra funktionen på befintliga utrymmet och därigenom minska behovet av utbyggnad, samtidigt som livskvaliteten bibehålls (Ghafouri & Weber, 2020). Katarzyna Wagner och Krauze (2015) belyser betydelsen av att

stadsförvaltningen arbetar tillsammans med aktörer och intressenter, sektorövergripande för att uppnå en positiv utgång från planering till utförande. Stadens mark har en hög efterfrågan, konstaterar Sörensen et. al (2016). Multifunktionalitet är därför ett angreppssätt mot att göra staden mer klimatanpassad där fler funktioner tillgodoses på samma yta (Sörensen et. al, 2016; Ghafouri & Weber, 2020). Lovell och Taylor (2013) uppmärksammar samma strategi och betydelsen av att planera och designa multifunktionellt för att anpassa stadens stadsplanering till klimatförändringar, exempelvis skyfall.

Efter omfattande översvämningsproblematik runt om i Kina beslutade landet sig för att utnyttja den naturliga samverkan mellan växter, jord och fyllnadsmaterial till sin fördel för att rena och omhänderta dagvatten. Det började som ett pilotprojekt vid namn *Sponge City* år 2014. Genom att kombinera specifika tekniker och dräneringssystem i gröna och grå lösningar minskade Kinas föroreningar av dagvatten markant och översvämnings reducerades (Tang et. al, 2021). En multifunktionell lösning där grå, gröna och blå lösningar ingår är den mest effektiva strategin för att reducera risker och faror i tätbebyggda områden (Depietri & McPhearson, 2017), vilket även Tang et. al (2021) beskriver i exemplet med Kina. Kombinationen av dessa lösningar är i grunden ekosystembaserade samtidigt som de drar nytta av ekosystemtjänster och effektiviteten i tekniskt avancerade system. Exempellösningar att använda sig av är vegetation, permeabla ytor och tillfälliga vattenlagringar i kombination med dräneringssystem och vattenledningar, som vanligtvis själva får ta hand om dagvattenhanteringen (Depietri & McPhearson, 2017).

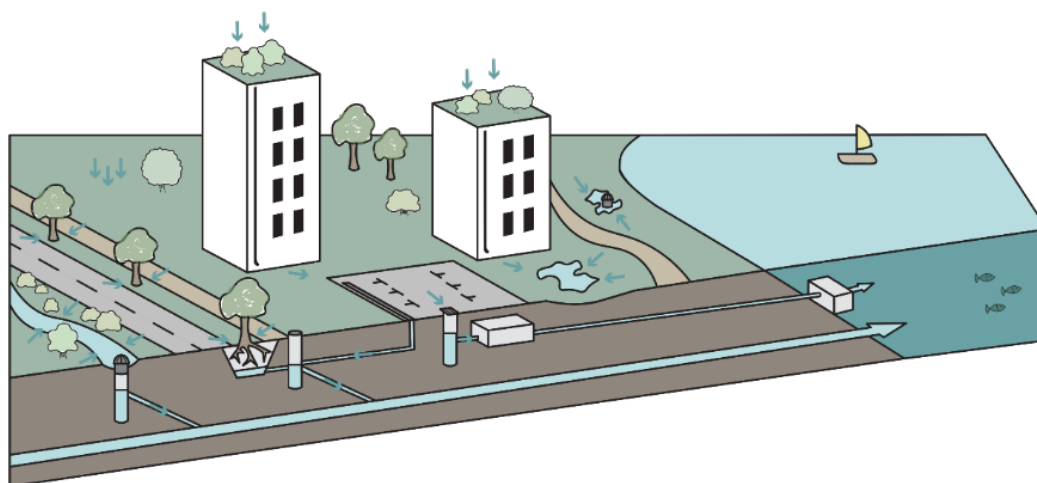


Figur 3, Hur gröna, blå och grå lösningar kan kombineras för att skapa mervärden. Illustrerad av författaren med inspiration från Depietri & McPhearson (2017).

Gråa lösningar är viktiga strukturer som anpassar byggda miljöer till klimatdrivna händelser som skyfall (Depietri & McPhearson, 2017; Sörensen et. al, 2016). Nackdelen är att dessa lösningar är kostsamma att installera och underhålla, dessutom kan de ha stor negativ effekt om de implementeras med brister, menar Depietri och McPhearson (2017). Sörensen et. al (2016) adderar att de grå lösningarna inte bidrar till andra funktioner eller kvaliteter i stadsrummen på samma sätt som blågröna dagvattensystem gör. De har inte heller samma fördröjningsvolym och kapacitet, hävdar Sörensen et. al (2016). Däremot har de grå lösningarna en långsiktig effekt på ekosystem, de tar en begränsad mängd mark i anspråk, är anpassningsbara, kan övervakas och till viss del även kontrolleras, beskriver McPhearson (2017). Detta är något som gör grå lösningar särskilt lämpliga för urbana miljöer i ett föränderligt klimat. Sörensen et. al (2016) stärker detta genom att förklara att blågröna lösningar tar stor mark i anspråk för att leverera tjänsterna, något som oftast är en bristvara i många tätbebyggda urbana områden (Depietri & McPhearson, 2017). Detta skapar ett hänsynstagande till att andra funktioner måste tillgodoses på samma yta multifunktionellt (Sörensen et. al, 2016).

Gröna och blå lösningar menar Depietri & McPhearson (2017) förlitar sig främst på fungerande ekosystem och tillåter en begränsad teknologisk inblandning. Dessa bidrar med reduktion av risker och är oftast kostnadseffektiva, multifunktionella och anpassningsbara och behåller sin funktion på lång sikt (Depietri & McPhearson, 2017). Utöver det bidrar blågröna lösningar till ekosystemtjänster som exempelvis rekreation, psykologiskt välbefinnande samt föroreningsminskning (Katarzyna Wagner & Krauze 2015; Depietri & McPhearson, 2017; Martínez et. al, 2021).

2.2 Regelverk, riktlinjer och ansvarstagande: Dagvattenhantering i Sverige



Figur 4, Dagvattenlösningar över-, på- och under markytan. Illustrerad av författaren med inspiration från Göteborgs stad (2021).

Ansvar för dagvattenhanteringen i Sverige är uppdelad mellan flera olika aktörer. Ovanstående figur visar en översikt där dagvattenlösningar finns i olika områden, exempelvis under marken i ledningssystem, ovan mark på och runt vägbanor samt avledning intill huskroppar. Boverket (2023) förklarar att dagvattenledningar och ledningssystem som ligger under marken stödjer människor med vattentjänster och är VA aktörens ansvar att förvalta. Det är kommunen som finansierar dessa system, med möjlighet att ge ett externt bolag ansvaret över dess förvaltning. Kommunens ansvar inkluderar att byta ut, underhålla och ansluta nya ledningar i dagvattennätet för att avleda dagvatten från den allmänna platsen. Den allmänna platsen som ligger ovan mark i figuren är kommunens ansvar att förvalta, vilket i regel är den kommunala organisationen för skötsel och drift (Boverket, 2023). I ansvaret ingår att fördröja och jämna ut dagvattenflöden genom anläggning och utbyggnation av exempelvis översvämningssytor och andra lämpliga avrinningsvägar på viktiga funktioner som gator, vägar, parker och torg. På allmän plats har kommunen även ett ansvar att skapa estetiska värden med hjälp av utformning och design, både för människor och miljö (Boverket, 2023). Det kan handla om att utforma allmänna platser på ett sätt som gör att människor trivs och vill stanna kvar, exempelvis att en park är attraktiv med genomtänkta promenadstråk omgivna med mycket grönska, men det kan också vara att en gata upplevs som mysig med hänsyn till dess omgivning. För den privatägda marken, exempelvis ett hyreshus eller en villatomt, är det fastighetsägaren som bär ansvaret över dagvattnet som hamnar inom fastighetsgränsen. Även rening av eventuellt förorenat vatten samt avledning ingår i ansvarstagandet (Naturvårdsverket, 2023).

Det finns flera lagstiftningar i Sverige där dagvattenhantering berörs, dessa är bland annat Miljöbalken, Plan- och bygglagen, och framför allt Lagen om allmänna vattentjänster. I Miljöbalken finns allmänna hänsynsregler som avser att skydda människors hälsa och miljö. Där framgår även att miljön ska skyddas så gott det går vid exploatering, så att karaktären i området inte ändras (SFS 1998:808). Det inkluderar att inte förändra ekologiska processer som förmågan att omhänderta dagvatten, eller minska mängden biologisk mångfald efter exploatering. Miljöbalken tillämpas om skador uppstår vid skyfall eller översvämningar och ska säkerställa att marken kan omhänderta dagvatten även efter exploatering. Naturvårdsverket ansvarar för rapportering, tillsyn, stöd och vägledning av Miljöbalken (Naturvårdsverket, 2024a). Plan- och bygglagen (PBL) reglerar markanvändning och för att säkerställa att marken brukas till det den är mest lämpad för på ett hållbart sätt (SFSa 2010:900). I lagen framgår att marklov krävs vid åtgärder som kan försämra markens genomsläpplighet. Kommunerna har planmonopol enligt PBL, vilket ger kommuner ensamrätten att upprätta och genomföra planer till den fysiska planeringen. Kommunerna ska enligt lagen benämna vilka risker som finns i samband med bland annat översvämningar i översiktsplanen, och ge svar på åtgärder som kan minska sådana risker. I detaljplanen ska kommunen ha säkerställt hanteringen av dagvatten genom att visa vilka dagvattenlösningar och insatser som finns inom planområdet (Boverket, 2023). Boverket har ett ansvar i att vägleda aktörer utifrån PBL genom bland annat handböcker och utbildningar (Boverket, 2020). Den mest betydande lagstiftningen för dagvattenhantering är lagen om allmänna vattentjänster (LAV). Lagen reglerar vattenförsörjning och avlopp som kommunen ska hantera genom den allmänna VA-anläggningen (SFS 2006:412). Från och med första januari 2024 infördes ett krav i LAV som innebär att varje kommun ska utarbeta en

vattentjänstplan samt åtgärdsplan mot skyfall (Miljödepartementet, 2022). I vattentjänstplanen ska en redogörande bedömning ingå på samtliga VA-anläggningar gällande skyfall, med en långsiktig planering av hur behovet på vattenresurser kan tillgodoses. Länsstyrelsens ansvar för säkerställningen att kommunen hanterar dagvatten korrekt via VA-anläggningar, men de saknar inflytande över konstruktion, estetik och drivning (Naturvårdsverket, 2023).

Utöver lagstiftningen är det flera nationella myndigheter som har i uppdrag att aktivt arbetar med dagvattenhanteringen i Sverige. Ett av Sveriges miljömål, *en god bebyggd miljö*, inkluderar etappmålet *en hållbar dagvattenhantering* (Sveriges miljömål, 2023a). Etappmålet gällande en hållbar dagvattenhantering beslutades 2021 av regeringen med fokus att omhänderta dagvatten där nederbörden har fallit, i tillägg till att rena vattnet vid behov. Bakgrunden till etappmålet är en förväntad ökning av regelbundna och intensiva skyfall som följd av klimatförändringar (Naturvårdsverket, 2022). Urbana miljöer med en stor andel hårdgjorda ytor är särskilt utsatta för klimatrelaterade risker, exempelvis översvämningar. Etappmålet är därför inriktat mot den fysiska planeringen, som spelar en betydande roll i att klimatsäkra tätbebyggda områden för framtiden (Sveriges miljömål, 2023a). Arbetet med miljömålen leds av flera svenska myndigheter som inkluderar Boverket, Havs- och vattenmyndigheten, Jordbruksverket, Kemikalieinspektionen, Skogsstyrelsen, Sveriges geologiska undersökning, Strålsäkerhetsmyndigheten och Länsstyrelsen. Naturvårdsverket sammanställer årligen en rapport över vilka åtgärder staten gjort för att uppnå målen som överlämnas till Sveriges regering (Sveriges miljömål, 2023b). Den senaste rapporten från Naturvårdsverket är från 2022 och visar att växthusgaserna ökar. Målet om att begränsa klimatpåverkan har därför en negativt gående trend. Till följd av en ökad befolkning har städerna expanderat utanför sin stadskärna vilket har ökat behovet av transporter, enligt rapporten (Naturvårdsverket, 2022). Transportbehovet leder till byggnationer av vägbanor, vilket skapar fler hårdgjorda ytor och sämre dagvattenhantering. Grönområden har också förtätats, men tillgången till grönområden inom gångavstånd från bostäder är fortsatt god. Rapporten visar även att det saknas en tydlig utveckling kring miljö och miljöarbete i Sverige, därav visar resultatet från Naturvårdsverket (2022) en neutral nivå avseende målet att uppnå en god bebyggd miljö.

Naturvårdsverket som statlig förvaltningsmyndighet ska även vägleda kommunsektorn kring en hållbar dagvattenhantering. I ansvaret ingår att möjliggöra för kommuner att nå etappmålet om en hållbar dagvattenhantering (Naturvårdsverket, 2024b). Naturvårdsverket (2024b) skriver på sin hemsida att dagvattenfrågor måste prioriteras, där samverkan är nyckeln till att förbättringar kan ske i praktiken för att uppnå goda resultat kopplat till miljömålen. Kommunen ansvarar över samhällsplaneringen, vilket gör dem till viktiga aktörer inom bland annat dagvattenhantering. Eftersom kommunen är den myndighet som har ansvar över vatten och avlopp utgör de en avgörande del för att göra det möjligt för Sverige att nå etappmålet kring en hållbar dagvattenhantering (Naturvårdsverket, 2023). Utöver statliga myndigheter finns det branschorganisationer som stöttar kommuner genom sina tjänster. Svenskt Vatten är ett exempel på en viktig branschorganisation som arbetar för att säkerställa en ren och god vattenförsörjning till landets alla hushåll genom att stötta Sveriges kommuner. Svenskt Vatten

är till största delen finansierat genom kommunernas medlemsavgifter. Organisationen tar fram ett stort antal rapporter om vattentillståndet i Sverige som bidrar till samhällsplaneringen och klimatanpassningar (Svenskt Vatten, 2022).

2.3 Kommunala utmaningar

Följande avsnitt är en redogörelse för utgångsläget i Sverige idag med källor från Statistiska centralbyrån, Statens offentliga utredningar, Svenskt Vatten och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Dessa källor ger även exempel på hur negativa trender kan ändras för att uppnå goda resultat i framtiden.

Den kommunala vattenförsörjningen nyttjas av strax under 90% av Sveriges befolkning. Utöver hushållen är offentliga verksamheter, exempelvis skolor och sjukhus, anslutna till kommunens vattenledningar (SCB, 2022). De senaste åren har vattenförsörjningen varit ostabil i Sverige. En god dagvattenhantering kan ge positiva resultat till vattenförsörjningen genom att ta tillvara på regnvatten och stabilisera nivåerna av vatten som försörjer en stor del av befolkningen, enligt SCB (2022). Statens offentliga utredning (SOU) skriver i en rapport att klimatförändringar och urbanisering kommer ge vattenförsörjningen nya utmaningar framöver (SOU, 2023:72). Av den anledningen är det viktigt att se vattenförsörjningen utifrån ett större perspektiv där dagvattenhantering spelar en avgörande roll i att lösa framtida utmaningar kopplat till vattentillgång. Under 1800-talet påbörjades byggnationen av den kommunala infrastrukturen för Vatten och Avlopp (VA), vilken fortfarande till viss del används. Stora delar av infrastrukturen byttes ut under senare delen av 1900-talet med hjälp av statliga bidrag (SCB, 2022). När klimatet förändras och befolkningen ökar är behovet av en högre kapacitet och upprustning av vattenledningsnätet nödvändig (SOU, 2023:72; Svenskt Vatten, 2023).

Den otillräckliga vattenleveransen gör att nya tekniska lösningar krävs. Att gräva upp och byta ut de befintliga vattenledningarna är inte realistiskt då ingreppen blir allt för omfattande och dyra, även om resultatet hade gett goda effekter (SOU, 2023:72; MSB, 2017). Den svenska branschföreningen för vatten- och avloppsorganisationer Svenskt Vatten har tillsammans med konsultfirman WSP tagit fram en rapport om Sveriges VA försörjning (2023). Rapporten belyser ett investeringsbehov och hur detta påverkar kommunens resurser att avsätta ekonomi till VA sektorn i framtiden (Svenskt Vatten, 2023). De senaste årens världshändelser har haft betydande påverkan på landets ekonomiska förutsättningar, där Covid-19 och krig i Europa utgör två exempel. Dessutom har en uppdaterad lagstiftning lett till att VA branschens tidigare försörjningsnivå tvingats öka (Svenskt Vatten, 2023). Nya direktiv och lagstiftningen ställer högre krav på dagvattenhantering och vattenrening genom aktivt sökande och omhändertagande av förorenat dagvatten, där befintliga reningsverk inte räcker till vilket pekas ut som en stor brist (Svenskt Vatten, 2023). Rapporten från Svenskt Vatten (2023) visar att inom ett par decennier beräknas det saknas tillgång till rent vatten för att kunna försörja hela Sveriges befolkning genom dagvattentjänster. Detta är en konsekvens av att infrastrukturen för vatten inte anpassats i den takt som det ökade behovet har krävt.

Rapporterna från SCB, SOU, Svenskt Vatten och MSB har redogjort en dystert framtidsbild med flera omfattande utmaningar. Trots den negativa trenden visar rapporterna möjligheter som finns kring hur utvecklingen kan förbättras genom olika planeringsstrategier. Ett exempel på detta är hur en hållbar dagvattenhantering kan uppnås i urbana miljöer genom kommunal planering för multifunktionella ytor (SOU 2023:72; MSB, 2017). Multifunktionalitet kan bidra till fler värden än minskad översvämningsrisk vid skyfall. Beroende på utformningen kan dagvatten renas, ekosystemtjänster kan öka, värmeöar minska och dessutom kan multifunktionaliteten bidra till attraktiva mötesplatser (MSB, 2017). Dagvattenlösningar som efterliknar naturens process att omhänderta dagvatten med infiltration och avdunstning, skapar motståndskraft vid extrema oväder (Sörensen et. al, 2016). För att dessa lösningar ska vara effektiva mot skyfall krävs planering, bland annat genom fördröjning av dagvatten så att större flöden inte belastar befintliga vattenledningar eller diken. På platser där fördröjning inte är möjligt, som på hårdgjorda ytor, bör dagvattnet avledas med hjälp av dagvattenlösningar på ett så långsamt sätt som möjligt för att inte orsaka problematik (SOU, 2023:72). Svenskt Vatten (2023) menar att platser med tätare jordarter har en lägre infiltrationsförmåga men dagvattenlösningar som fördröjer dagvattnet kan fortfarande vara lämpliga att använda på dessa platser. Jordarter som är mer genomsläppliga har en effektiv infiltration, vilket bidrar till att dagvattenhanteringen effektiviseras. Däremot behöver grundvattennivån ligga lägre än de byggda lösningarna för att inte riskera att förorenas (Svenskt Vatten, 2023). Alla marktyper riskerar att bli vattenmättade vid extrema skyfall. Dagvatten som inte infiltreras ner i marken rinner mot lågpunkter (SOU, 2023:72). Genom att skapa ytor där översvämningsrisker kan uppstå utan konsekvenser kan urbana miljöer bli mer skyfallståliga. Utmaningen med lågpunkter är att dessa redan är befintliga i tätbebyggda områden och är ibland lokaliserade på platser där vatten inte bör samlas, exempelvis nära huskroppar och vägbanor där vattenskador kan uppstå. Skyfallsåtgärder och dagvattenlösningar är nödvändiga men de kräver också sitt utrymme i den befintliga strukturen (MSB, 2017).

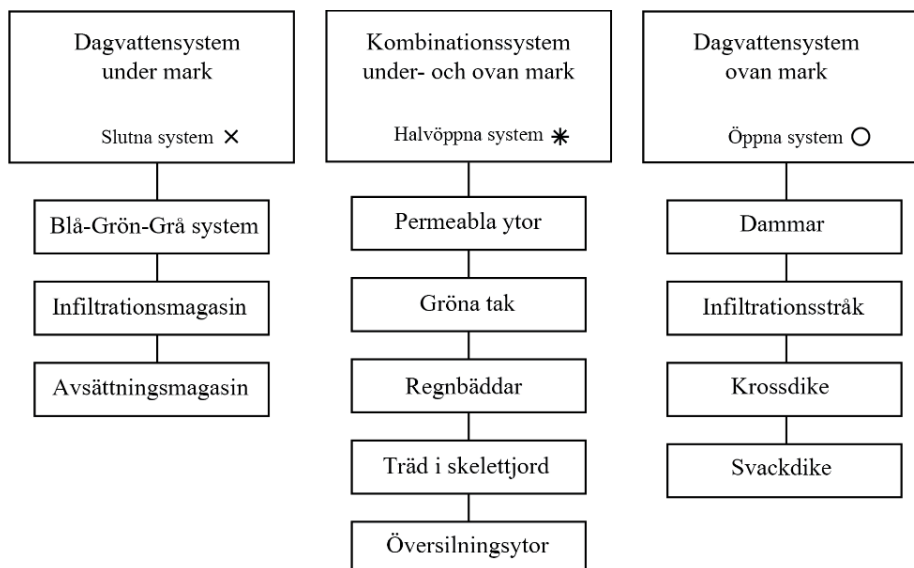
Kommuner efterfrågar ofta lättskötta ytor med så kostnadseffektiv drift som möjligt. Därför är kommuner benägna att implementera hårdgjorda ytor, trots att dessa ytor saknar möjlighet för att infiltrera dagvatten, vilket i sin tur försämrar dagvattenhanteringen (SOU, 2023:72). Kommuner som har en helhetssyn på dagvattenhanteringen kommer med större sannolikhet skapa ett robustare system. Det innebär att utformningen av olika dagvattenlösningar tar hänsyn till samhällets olika intressen gällande framkomlighet, tillgänglighet men också kulturvärden (MSB, 2017). Därför är det viktigt att specificera i plandokument hur den valda dagvattenhanteringen ska utformas och fungera på den specifika platsen (Svenskt Vatten, 2011).

3. Dagvattenlösningar

I föregående avsnitt konstaterades betydelsen av att använda multifunktionella lösningar, dra nytta av landskapets naturliga processer samt undersöka fördröjnings- och avledningsytor för dagvatten som lösningar för en hållbar dagvattenhantering. Det konstaterades också vilka krav på åtgärder som dessa system måste uppfylla, vilket inkluderar att infiltrera vatten så effektivt som möjligt, skapa förutsättningar att ta emot och lagra stora mängder vatten vid skyfall, men även att bidra till en trög avledning, där dagvattnet saktas ner för att minska flödesmängden.

I detta avsnitt samlas ett antal beprövade dagvattenlösningar med potential att skapa multifunktionalitet, använda naturliga processer, ha goda fördröjande och avledande effekter. Dessa lösningar finns samlade i en översiktsbild nedan (fig 5). Dagvattenlösningarna har kategoriserats beroende på funktion och delats in i kategorierna; slutna system, halvöppna system och öppna system. Varje kategori börjar med en inledning som ger en övergripande förståelse för de dagvattensystem som finns inom respektive kategorisering. Därefter presenteras varje dagvattensystem med teknisk beskrivning samt stödjande illustration över systemets uppbyggnad. Dagvattenlösningar som har använts och utvärderats i projekt har sin utgångspunkt i svensk kontext och tas upp som exempel med beskrivning på vilka effekter detta har gett, med källor hämtade från kommunala utvärderingar efter implementering. För varje dagvattenlösning presenteras också en sammanfattning av dess för- och nackdelar ur ett anläggnings-, förvaltnings-, och funktionsperspektiv som avslutning. Dessa dagvattenlösningar är utvalda eftersom de förekommit som förslag på lösningar i litteratur, rapporter och kunskapsunderlag riktade till VA-branschen. Källorna som har använts är exempelvis medlemstjänsten VA-guiden, som är en kunskapsbank med inriktning mot dagvattenhantering samt rapporter från konsultfirman Edge och Stockholms stad.

I sista avsnittet av kapitel tre sammanställs alla dagvattenlösningar från översiktsbilden i en analysmodell. Analysen visar hur de olika systemen förhåller sig till anläggningskostnad, långsiktig hållbarhet samt krav på drift- och skötsel, där jämförelser görs mellan systemens styrkor respektive svagheter.



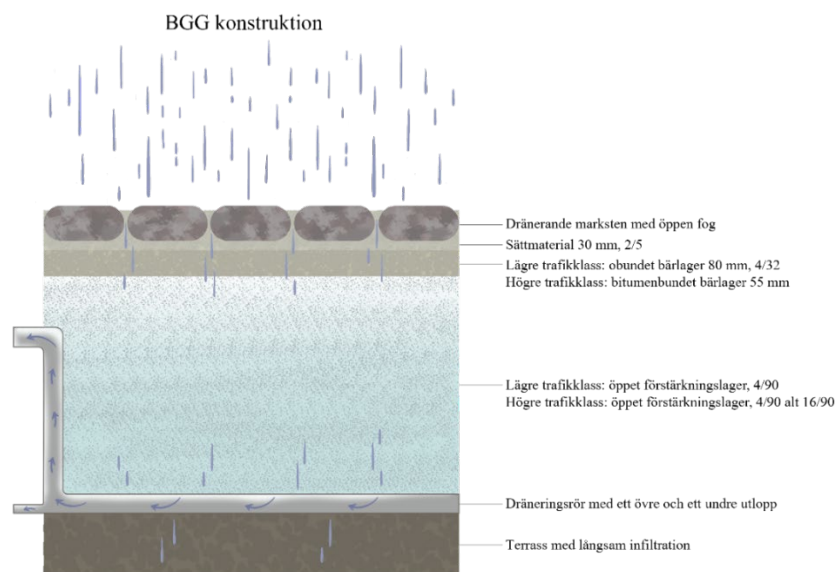
Figur 5, Dagvattensystem med potentialen att uppnå en hållbar dagvattenhantering. Illustrerad av författaren som en översiktsbild av de dagvattenlösningar som ingår i kartläggningen av rekommenderade lösningar.

3.1 Slutna dagvattensystem

Följande dagvattensystem har som syfte att lagra vatten under mark. Det är alltså slutna system där vattnet inte syns samlas på ytan. Där det råder platsbrist, vilket det ofta gör i tätorter, är slutna dagvattensystem ett bra alternativ då det inte tar upp någon yta ovan mark och går samtidigt att koppla ihop med befintliga vattenbrunnar (Sörensen et. al, 2016). Däremot krävs större insatser för att bygga upp ett dagvattensystem under mark, något som lätt för med sig stora kostnader till bland annat material och återuppbyggnad. Mervärdet av att ha ett sådant system är och andra sidan en hållbar dagvattenlösning med lång livslängd som kan ta emot stora mängder dagvatten och klarar även av att hantera kraftigare flöden genom vattenbrunnarna (Edge, 2023).

3.1.1 Blå-Grön-Grå system

BGG system används som en fördröjningsmetod för att minska risken för översvämningar, onödig påverkan på avrinningssystem samt lokalt bevattna växtlighet (Svensk Markbetong, 2024). Det som är betydande för en sådan konstruktion är att förstärkningslagret besitter stora hålrum som kan hantera en stor mängd vatten nere i vägkonstruktionen, på samma sätt som ett vattenmagasin (ibid, 2024). Vanligtvis används samkross 0/90 som förstärkningslager, alltså krossat bergmaterial där partiklarna är väldigt små vilket innebär att det finns mindre hålrum för vatten att samla sig i. I en BGG konstruktion används makadam, som är precis som samkross, skillnaden är att de mindre stenpartiklarna har sorterats bort (Hellman et. al, 2022). Därför finns det olika sorteringar på makadam, så som 8/16, 16/32 och 32/64, beroende på konstruktionen.



Figur 6, BGG konstruktion illustrerad av författaren med inspiration från Hellman et. al (2022).

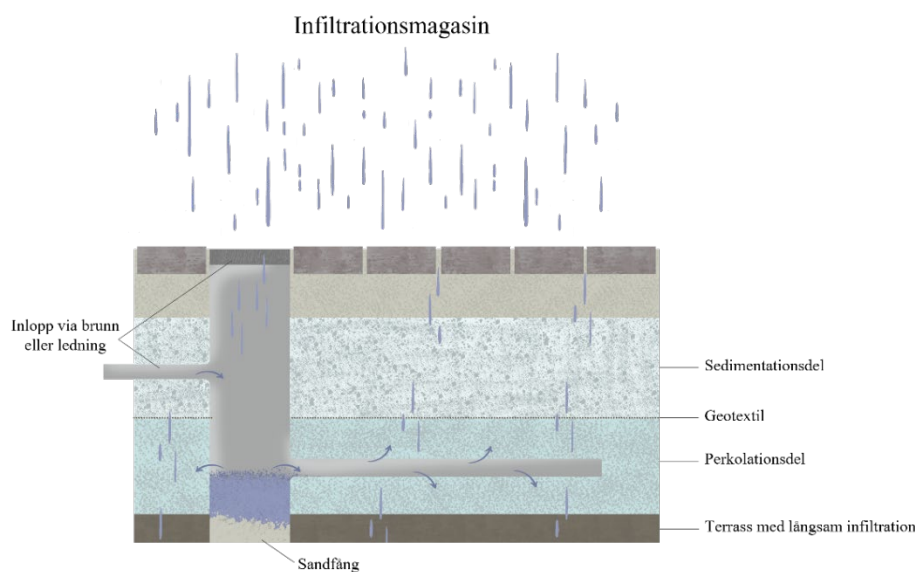
Systemet infiltrerar regn genom markstenen och leder det ner till överbyggnaden för att till slut samlas i det öppna förstärkningslagret. Dräneringsröret används som en vidare transport av vatten ifall terrassen har svårt att infiltrera vattenmängden, så kallad partiell infiltration. Vid mindre vattenmängder sker full infiltration genom terrassen, utan att gå genom dräneringsröret. För att förhindra att magasinet överfylls finns vidare ledningar kopplade till dräneringsröret. Brunnar kan även installeras i närhet där regnvattnet kan ledas direkt ner till systemet. BGG system är utvecklade så att infiltrationen sker över en större yta med en lägre hastighet på infiltreringen, på så sätt blir även halterna av föroreningar i vattnet lägre då de hinner renas innan det förs vidare i dagvattensystemet (Hellman et. al, 2022).

Fördelar	Nackdelar
<ul style="list-style-type: none"> Kräver ingen extra yta Lätt att kombinera med andra lösningar Effektiv rening och flödesutjämning Kort monterings tid 	<ul style="list-style-type: none"> Kräver konsekvent drift- och underhåll från sediment Mer material går åt till förstärkningslagret

BGG system ligger nergrävda under marken, vilket gör det möjligt att inkludera andra funktioner ovan mark, exempelvis parkeringsytor, vägbanor och torgytor. BGG system påverkas inte av höga tryck ovan mark, tyngre fordon kan köra ovan ett BGG system som är anpassat för tyngre trafikklasser. Är systemet utformat för att klara lägre trafikklasser kan funktionerna ovan mark exempelvis inkludera gångfartsområden eller bilfria områden. På så sätt fungerar BGG system multifunktionellt genom att låta dagvattenhanteringen ske under mark samtidigt som andra behov tillgodoses ovan mark.

3.1.2 Infiltrationsmagasin

Den underjordiska delen av ett BGG system kan också kallas för ett infiltrationsmagasin. Botten på infiltrationsmagasinet är öppen, även väggarna kan vara öppna. Dagvattnet förs in genom brunnar eller ledningar till magasinet som är fyllt med makadam eller plastkassetter (VA-guiden, u.å.a). Plastkassetterna är tillverkade av en hållbar plast med utrymmen för dagvatten att samlas innan marken sakta infiltrerar vattnet (Svenskt avlopp, u.å.). Infiltrationsmagasin kan se olika ut i utformningen, däremot är de traditionellt indelade i en övre sedimentationsdel och en undre perkolationsdel med en geotextil som separerar de båda lagren från varandra (fig. 7). Sedimentationsdelen är fylld med makadam som ska rena och sakta ner dagvatten som tränger in uppifrån för att sedan silas genom geotextilen och fortsätta infiltrationen neråt i markprofilen. Textilen är viktig då den separerar lager men även minskar igensättning av systemet. Perkolationsdelen kan vara fylld med makadam eller platkassetter ihopsatta med varandra. Inloppet sker via en brunn eller en ledning, vattnet tar sig genom röret till perkolationsdelen genom håligheter. Vattnet renas genom sedimentation, förorenade partiklar fastnar i botten medan de rena vattnet filtreras vidare genom terrassen, samma naturliga process som sker vid grundvattenbildning (Stockholm Vatten och Avfall, 2023; VA-guiden, u.å.a). Infiltrationsmagasinet bör ha ett sandfång eller annat filter inmonterat för större partiklar som kan riskera att sätta igen systemet (Stockholm Vatten och Avfall, 2023).



Figur 7, Infiltrationsmagasin illustrerad av författaren med inspiration från WRS illustration i Stockholm Vatten (2023).

Monteringstiden på ett infiltrationsmagasin är kort, vilket minskar ekonomiska kostnader och kunden kan komma med specifika dimensioner på systemet, vilket innebär att ytbehovet inte behöver vara omfattande. Dessutom kan magasinet monteras på tungt belastade ytor utan risk för sättning (Byggros, 2019). Systemet fungerar som effektivast där jordlagerna är något mäktigare och genomsläppliga, då dagvatten snabbt kan infiltrera vidare i markprofilen. Det är viktigt att perkolationsdelen anläggs minst en meter ifrån grundvattennivån, annars finns risk för föroreningar i grundvattnet (VA-guiden, u.å.a). Dimensioneringen på magasinet beror på

vilket behov som finns och hur mycket plats som finns att avvara för ett sådant system (Stockholm Vatten och Avfall, 2023).

Jönköpings länsjukhus Ryhov var tidigare drabbat av översvämningar kopplat till kraftiga skyfall. För att skydda sjukhuset behövdes nya lösningar på dagvattensystem införas. Kravet på det nya systemet var att lokalt omhänderta så mycket dagvattnet som möjligt, då avledning hade riskerat att flytta översvämningsproblematiken till ett annat område. År 2017 började Regionfastigheter byggplanerna över ett infiltrationsmagasin tillsammans med NCC, Sweco och Liljeawalls arkitekter (NCC, u.å.). Sjukhuset hade tidigare haft en infiltrationsanläggning som bedömdes vara i bristande skick efter 28 år. Ett nytt infiltrationsmagasin säkrar framtidens dagvattenhantering av sjukhuset i 30–40 år framåt, ett ekonomiskt fördelaktigt system med en kapacitet att klara ett 10-årsregn (Ahlkvist, 2016). Den befintliga marken runt Ryhov innehåller stora mängder sand, vilket var fördelaktigt för systemets infiltration och rening av dagvatten. År 2020 invigdes de nya sjukhusbyggnaderna kring Ryhov med det underjordiska infiltrationsmagasinet, det enda som vittnar om vad som döljer sig under markytan är de åtta brunnarna som ligger utspridda runt om i parken ovan mark (NCC, u.å.).



Bild 1, Ryhovs länsjukhus i Jönköping. Foto: :hager (2020). <https://hager.com/se/inspiration-och-kunskap/referensobjekt/ryhov-jonkoping>

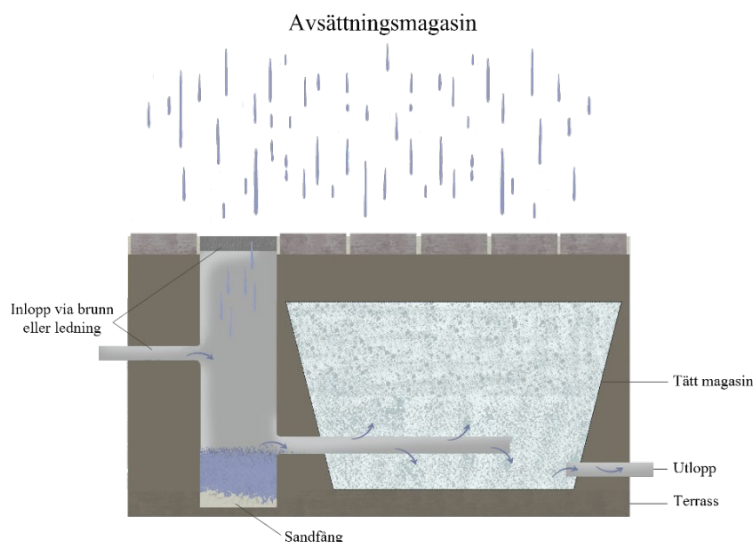
<u>Fördelar</u>	<u>Nackdelar</u>
Kräver liten yta	Kräver konsekvent drift- och underhåll från sediment
Lätt att kombinera med andra lösningar	Risk att grundvattennivån stiger upp i anläggningen
Effektiv rening och flödesutjämning	
Bidrar till grundvattenbildning	
Kort monterings tid	

Infiltrationsmagasin, precis som BGG-system, frigör yta ovan mark. Detta möjliggör att samma yta kan användas för flera funktioner samtidigt. Med noggrann planering kan infiltrationsmagasin anpassas till platsens specifika förutsättningar, vilket gör det möjligt att

utnyttja mindre markytor på ett effektivt sätt för dagvattenhantering. Systemet fungerar multifunktionellt genom att fördröja vattenflöden och minska risken för översvämningar genom naturlig infiltrering, samtidigt renas dagvattnet från föroreningar och fyller på grundvattenreserver.

3.1.3 Avsättningsmagasin

Ett avsättningsmagasin är uppbyggt på samma sätt som ett infiltrationsmagasin. Skillnaden är att väggarna och botten på magasinet är täta genom platsgjutning och inte nödvändigtvis fyllda av makadam, vilket innebär att vattnet inte fortsätter infiltreras ner i de undre jordlagerna till grundvattnet (fig. 8). Dagvattnet samlas i magasinet för att sedan ledas vidare genom ett utloppsrör till en dagvattenledning eller ett öppet dike i närheten (VA-guiden, u.å.b). Rening sker genom sedimentering i magasinet, samma process som i ett infiltrationsmagasin. Anläggningskostnaderna för systemet är relativt dyra. Trots det är systemet effektivt där plats för dagvattenlösningar ovan mark är begränsad eller inte möjlig och där vatten inte kan filtrera vidare till grundvattnet (Larm & Blecken, 2019).



Figur 8, Avsättningsmagasin illustrerad av författaren med inspiration från WRS illustration i Stockholm Vatten och Avfall (u.å.a).

I Växjö har kommunen använt sig av avsättningsmagasin runt om i staden. Vid kraftigt skyfall har kommunen sett översvämningrisker på gator och torg som i sin tur kan skada bebyggelse, därför behöver vatten avledas till närliggande sjöar. I de centrala delarna av staden planerades en ny parkeringsyta, då centrum är lokaliserat i en lågpunkt kan vattnet själv inte rinna vidare utan skapar ofta översvämningproblematik och risk för erosion vid kraftig nederbörd. Därför var det viktigt att tänka på dagvattenhanteringen vid byggnationen av parkeringsytan. Ett avsättningsmagasin sattes in som lösning, platsgjuten med asfalt som grund och betong som väggar och tak, med en total volym på 1000 kubikmeter och en förkammare på 10 kubikmeter. Magasinet är kopplat till de kommunala dagvattenledningarna där förkammaren blir vattnets första stopp och även systemets sandfång. När förkammaren fylls upp leds vattnet vidare till det större magasinet för att sedan tömmas genom utloppet vidare i ledningsnätet. Växjö

kommun har installerat en nivåmätare ovan mark för att kunna hålla koll på magasinets status, vidare ser kommunen inga framtida kostnader med systemet utöver rensning av sandfånget (SMHI, 2018).



Bild 2, Byggnationen av avsättningsmagasinet, Växjö. Foto: Malin Engström (2018). <https://www.klimatanpassning.se/exempel/dagvattenlosningar-i-vaxjo-fordjupning-1.75382>

<u>Fördelar</u>	<u>Nackdelar</u>
Kräver liten yta	Dyra anläggningskostnader
Lätt att kombinera med andra lösningar	Kräver konsekvent drift- och underhåll från sediment
Effektiv flödesutjämning	Bidrar inte till grundvattenbildning
God lösning där marken är ogenomsläpplig	Sediment kan spolas ut vid extrema skyfall

Avsättningsmagasin har samma multifunktionella egenskaper som BGG-system och infiltrationsmagasin genom att omhänderta dagvatten under marken och frigör ytan ovan mark till andra funktioner. Andra multifunktionaliteter med systemet är att minska både dagvattnets hastighet samt volymen på avrinning, vilket avlastar det kommunala ledningsnätet och motverkar erosion. Det förslutna magasinet förhindrar att förorenat dagvatten når sjöar och vattendrag och gör det enkelt att rena och potentiellt nyttja dagvattnet från magasinet.

3.2 Halvöppna dagvattensystem

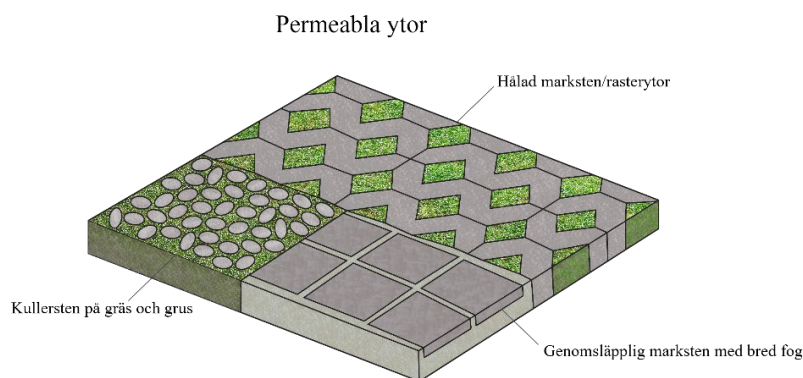
Följande dagvattensystem har som syfte att lagra vatten både under- och ovan mark. Det är så kallade halvöppna system där vattenspeglar kan finnas på ytorna innan det filtreras ner och lagras under mark. Det kan med andra ord kallas för utjämningsmagasin, en yta med kapacitet att ta emot och lagra dagvatten under en begränsad tid för att på så sätt *utjämna* höga flöden vid exempelvis skyfall (Klimatanpassning, 2018). Kombinationssystem kan vara mycket kostnadseffektiva, även om de kräver sin yta både under- och ovan mark, genom olika typer av

utformning för samma typ av system. I nästan samtliga fall innehåller kombinationssystemen någon form av växtlighet, vilket bidrar till att fördröja, rena och infiltrera dagvattnet. Utföraren kan själv bestämma vegetationen och därigenom minska anläggningskostnaderna samt kostnaden för att underhålla systemet (Edge, 2023).

3.2.1 Permeabla ytor

Genomsläppliga ytor är värdefulla i städer och tätorter där det till stora delar är hårdgjorda och ogenomsläppliga material som dominerar. Dagvatten kan enkelt filtreras ner i markprofilen och renas genom naturliga processer. Detta bidrar även till att minska risken för översvämningar. Systemet är enkelt och billigt eftersom allt som krävs är att ersätta ogenomsläppliga ytor eller anlägga permeabla ytor intill det hårdgjorda (Stockholm Stad, 2023).

Grönytor renar dagvatten från metallföroreningar och ämnen som fosfor och kväve genom att partiklar fastnar i marken och tas successivt upp av växterna som hanterar halterna. En annan positiv effekt som grönytor ger är att staden blir grönare, vilket främjar både människors hälsa och den biologiska mångfalden (Stockholm Stad, 2023). På platser där hårdgjorda material krävs för exempelvis tillgänglighet eller trafik finns dränerande hårdgjorda material att använda sig av i form av asfalt, marksten, natursten, grus för att nämna några (fig. 10). Dessa ytor kräver ett öppet förstärkningslager som åtminstone är 20% djupare än den traditionella överbyggnaden, där dagvattnet kan samlas och infiltreras med tiden (Edge, 2023). Detta system är snarlikt BGG-konstruktionen som presenterades tidigare och kan tillåta tyngre trafikclasser att passera över beläggningen (fig. 7). Systemet hanterar dagvatten på ett vertikalt plan genom infiltration vilket innebär att avledning inte är nödvändig och därför behöver inte hänsyn tas till höjdsättning. Ytan kan med andra ord projekteras helt plant utan behov av kantstöd och dagvattenbrunnar (Edge, 2023).



Figur 9, Exempel på vanligt förekommande permeabla ytor illustrerad av författaren.

Det som gäller för samtliga beläggningar är att genomsläppligheten på sikt minskar om inte ytan luckras upp eller byts ut (Stockholm Stad, 2023). Med tiden kommer infiltrationskapaciteten minska då ytorna sätts igen, därför kan det vara bra att överväga en effektiv höjdsättning så att dagvattnet kan rinna vidare utifall att skötselplanen inte beskriver att ytan ska bytas ut med tiden (Svenskt Vatten, 2011).



Bild 3, Igensatt rasteryta i centrala Kalmar. Foto: Wilma Stålhand (2024).

<u>Fördelar</u>	<u>Nackdelar</u>
Kräver ingen extra yta	Underhåll krävs vid igensättningar
Renar dagvatten från föroreningar	Beroende på ytans krav krävs djupare förstärkningslager
Bidrar till grundvattenbildning	
Höjdsättning, kantstenar, dagvattenbrunnar är inte nödvändigt	

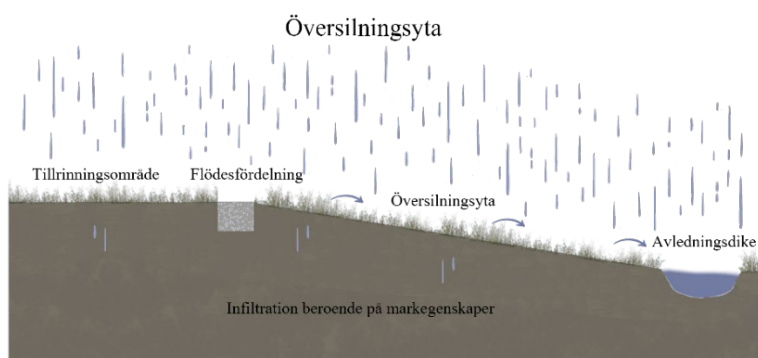
Permeabla ytor reducerar mängden dagvatten som når kommunala dagvattenledningar och minskar risken för översvämningar. Multifunktionaliteten i genomsläppliga ytor är många, exempelvis har ytorna en naturlig infiltration, vilket avlägsnar föroreningar när dagvattnet infiltreras genom marken samtidigt som grundvattenreserver fylls på. Till skillnad från ogenomsläppliga ytor i exempelvis asfalt, minskar permeabla ytor värmeöar genom att inte lagra värme samtidigt som de passar bra in i gestaltningen som exempelvis grusgångar, parkeringsplatser eller gångbanor.

3.2.2 Översilningsytor

Syftet med översilningsytor är att sprida ut och fördröja dagvatten över en hel yta i stället för att vattnet drar sig till en specifik lågpunkt, och samtidigt fånga upp partikelföroreningar. Översilningsytor kan vara anlagda eller befintliga ytor, båda beklädda med gräs eller annan vegetation (Larm & Blecken, 2019). Genom ytans svaga lutning rinner dagvattnet över ytan och filtreras ner i markprofilen, överskottsvattnet samlas upp i ett dike, damm eller ledning i andra änden av ytan (VA-guiden, u.å.c). Översilningsytor är på så sätt ofta kombinerade med andra dagvattensystem.

Undre lager är uppbyggt med dränerande material så som sand eller grus (fig. 11), vegetationen ska klara både torra och blöta förhållanden (Svenskt Vatten, 2011). Utformningen av

översilningsytor varierar beroende på hur vattnet sprider sig över ytan, en del översilningsytor har en makadamvall eller överfallsvall med inbyggda rör som hjälper vattnet att fördela sig över ytan och samtidigt minskar risken för erosion och föroreningar (Larm & Blecken, 2019).



Figur 10, Översilningsyta illustrerad av författaren med inspiration från Larm & Blecken (2019).

Växjö kommun har låtit en nyanlagd fotbollsplan i ett bostadsområde fungera som en översilningsyta. Fotbollsplanen är anlagd på ett dränerande underlag som fördröjer och infiltrerar vatten och tillåts därför svämma över vid skyfall utan att förstöra spelplanen (SMHI, 2018). Tidigare har området haft problem med skyfall som medfört översvämningar, då befintliga dagvattenledningar blivit överbelastade, lösningen har därför varit att avlasta ledningarna med översilningsytan som både bidrar till trög avledning och infiltrering innan dagvattenledningarna åter är redo att omhänderta resterande dagvattenmängd. Fotbollsplanen är utgrävd med en dränerande underlager, med två murar i sten på var sin kortsida där dagvattnet rinner längst ena murens kant i en smal kanal. Vid höga flöden översvämmas kanalen och dagvattnet rinner över fotbollsplanen mot den andra murens kortsida (SMHI, 2018).



Bild 4, Översilningsyta i form av en fotbollsplan, Växjö. Foto: Malin Engström (2018). <https://www.klimatanpassning.se/exempel/dagvattenlosningar-i-vaxjo-fordjupning-1.75382>

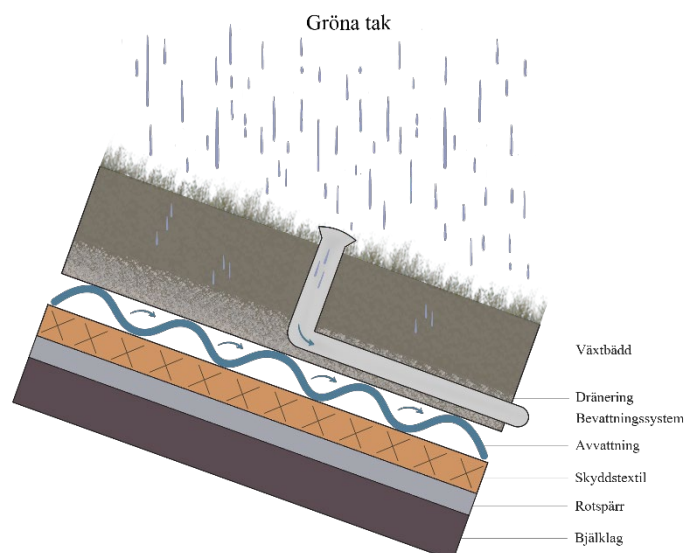
<u>Fördelar</u>	<u>Nackdelar</u>
Saktar ner vattenflöden	Risk för erosion vid allt för höga vattenflöden
Låga anläggningskostnader	Risk för föroreningsläckage vid allt för höga vattenflöden
Kräver ingen extra yta	Ytskiktet kommer med tiden sättas igen med föroreningar och behöver då bytas ut
Bidrar till grundvattenbildning	

Översilningsytor har samma multifunktionella egenskaper som permeabla ytor genom att reducera mängden dagvatten, minska risken för översvämningar, tillåta naturlig infiltrering och avlägsna föroreningar. Dessutom skyddar översilningsytor mot erosion genom att sakta ner ytavrinningen. Översilningsytor kan öka den biologiska mångfalden, exempelvis genom att skapa habitat på dessa ytor för växter och djur, vilket också ökar estetiska kvaliteter.

3.2.3 Gröna tak

Vegetationsbetäckta tak och fasader på byggnader både fördröjer och minskar volymen dagvatten som faller på hårdgjorda ytor och kan anläggas på olika sätt. Den tyska forskningsföreningen för landskapsutveckling och landskapskonstruktion (FLL) definierar tre typer av gröna tak (2018), extensiv, semi-intensiv och intensiv. Skillnaden mellan dessa handlar om nivån på drift och skötsel. Det extensiva systemet är det minst kostsamma där växterna ska etableras för att sedan sprida och klara sig själva. Exempel på växter i detta system är gräs och mossor. Det semi-intensiva systemet har en enklare uppbyggnad än det intensiva systemet med enklare och färre växter, men ett större utbud av växter än det extensiva systemet. Exempel på växter i detta system är prydnadsgräs och buskar. Det intensiva systemet kan innehålla både gräs, buskar och träd. Det krävs ett mer avancerat system för att hålla växterna vid gott tillstånd, vilket gör systemet mer kostsamt men även mer skötselintensivt (FLL, 2018).

Växtbäddens djup dimensioneras utefter vilka växter som planteras. Dräneringslagret är en förutsättning för att växterna inte ska stå i vatten och bevattningssystemet tillåter vatten att sprida ut sig över hela taket. Avvattningssystemet är till för att transportera bort överflödigt vatten till takbrunnar, men även för att hålla kvar fukten till växtrötterna och skydda undre lager från vattenskador och erosion. Skyddstextil och rotspärr används ytterligare som en skyddande barriär till bjälklaget för att förhindra att rötter och överbyggnad penetrerar och skadar byggnaden (Capener et. al., 2021).



Figur 11, Gröna tak illustrerad av författaren med inspiration från Patrik Granqvist i Grönatakhandboken (2021).

Intresset för att anlägga gröna tak och fasader har ökat då klimatanpassningar alltmer börjat implementeras i stadsbyggnadssammanhang. Dessutom kan gröna tak bidra till ett rikare växt- och djurliv, renare luft och ett behagligare klimat och högre välbefinnande för människor där grönskan är mer närvarande (Scandinavian green roof institute, u.å.). Däremot har det uppstått diskussioner om hur lagstiftningen ser ut gällande anläggningen av gröna tak. Vid nybyggnationer kan markägare ställa krav på att en viss mängd grönyta ska återställas, så kallat *grönytefaktor*, för att kompensera för tidigare gröna ytor eller klimatanpassa en ombyggnation. Gröna tak har därför blivit ett enkelt sätt för projektörer att uppnå grönytefaktorn utan att ställa krav på att systemet håller över tid. Det är viktigt att anläggningen blir rätt från början och att tillsyn sker under de första åren, annars riskerar systemet att kollapsa med växter som dör bort eller bristande tätskikt som medför vattenskador på byggnader (Engstedt, 2022).

Siegel Architecture AB står bakom byggnationen av Cykelhuset Ohboy! i Västra hamnen i Malmö. Projektet startade 2015 och blev klart 2017 och vann flera priser, bland annat årets nytänkande 2017 med bland annat motivationen att ingen detalj är för liten för att tas tillvara. Grönskan återfinns på taket såväl som på fasader och balkonger (Siegel, u.å.). Huset har ett biotoptak med en takterrass för rekreation och mot innergården finns ett våtmarkstak som kan hålla stående vatten anpassad till växter som gillar att växa i fuktiga förhållanden (Blue Green City Lab, 2024).



Bild 5 & 6, Cykelhuset Ohboy! och biotoptaket i Västra Hamnen, Malmö. Fotografier: Siegel med fotograf Ole Jais (u.å.). <https://www.siegel.nu/home/ohboy/>

<u>Fördelar</u>	<u>Nackdelar</u>
Kräver ingen extra yta	Bristande lagstiftning kring anläggning kan få stora konsekvenser
Anpassningsbart beroende på budget och läge	Hög grad på drift- och underhåll under de första åren
Ökar växt- och djurliv	
Renar luft och dagvatten med hjälp av växtlighet	
Motverkar värmeöar	

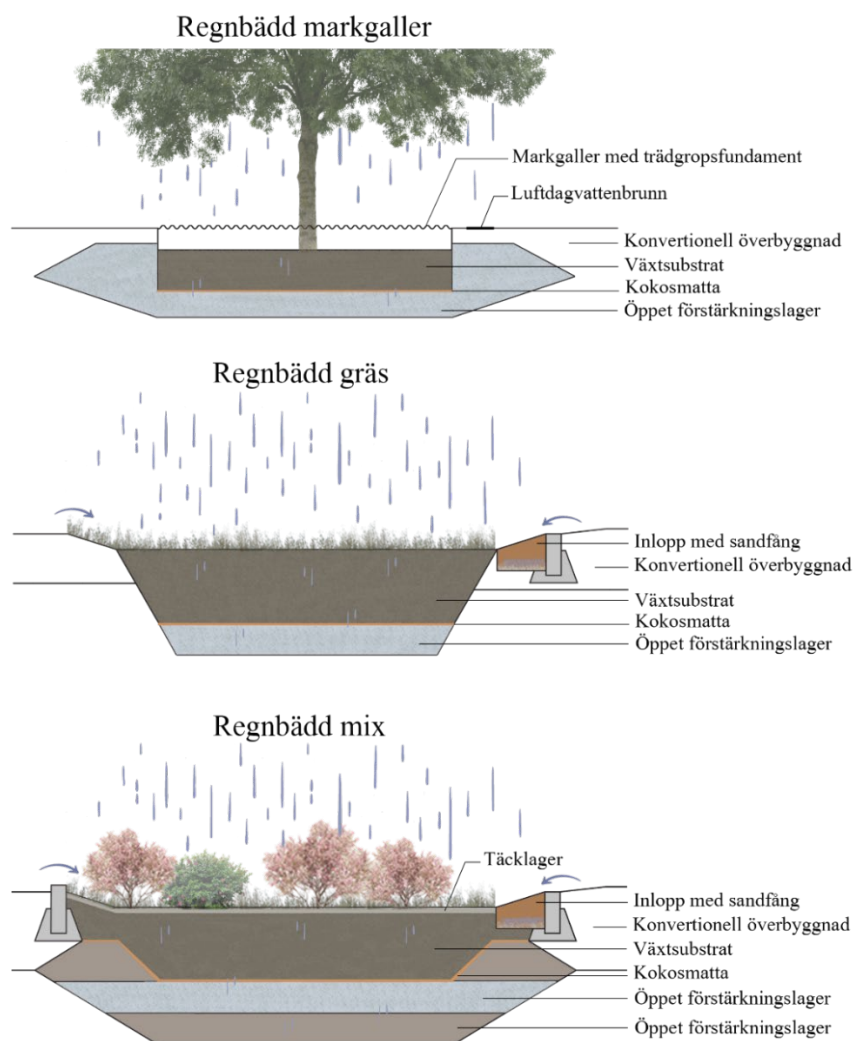
Gröna tak minskar mängden dagvatten som når kommunala dagvattenledningar genom att absorbera samt fördröja regnvatten. Multifunktionellt bidrar även gröna tak till att förbättra byggnaders isolering genom att minska behovet av nedkylning och uppvärmning. Vegetationen som gröna tak erbjuder bidrar till att förbättra luftkvalitet, minska buller från omgivningen, reducerar urbana värmeöar och ökar motståndskraften mot extremväder som skyfall. Beroende på växtval skapar gröna tak goda livsmiljöer för fåglar och insekter, vilket bidrar till den biologiska mångfalden.

3.2.4 Regnbäddar

Regnbäddar har blivit ett populärt val av dagvattenanläggning. Dels på grund av det estetiska värdet att inkludera växtlighet, men också på grund av växternas förmåga att rena dagvattnet från diverse föroreningar samtidigt som konstruktionen fördröjer dagvattnet på samma sätt som ett utjämningsmagasin (Edge, 2023). Regnbäddar kan därför ses som ett samlingsnamn under rubriken utjämningsmagasin, fast i mindre skala, då systemet både renar och fördröjer dagvatten lokalt (Svenskt Vatten, 2016).

Utformningen av regnbäddar kan se väldigt olika ut eftersom systemet måste anpassas till platsens förutsättningar så som behovet av rening, infiltrationskapacitet och grundvattennivån (VA-guiden, u.å.d). Däremot är skålstrukturen densamma (fig 12), vilket skapar en

födröjningszon för vatten att bli stående längst ner i konstruktionen innan det filtreras vidare i markprofilen. Fylls födröjningszonen upp till max avleds dagvattnet vidare via en styrbrunn. Konstruktionen behöver skilja växtsubstratet i växtbädden mot undre genomsläppliga lager genom skyddstextil så som kokosmatta, på toppen läggs ett tunt lager makadam i form av ett täcklager för att minska risken för att regnbädden eroderar, växer igen med ogräs samt gör det svårare för vatten att avdunsta. En regnbädd kan vara grässådd och i sådana fall behövs inget täcklager. Regnbäddar kan även vara helt täckt av markgaller, där själva systemet enbart ligger under mark, dessa typer av regnbäddar bidrar dock inte till någon undre vegetation (Edge, 2023).



Fixur 12, Regnbäddar illustrerad av författaren med inspiration från Edge (2023).

År 2013 valde Tyresö kommun att anlägga regnbäddar som en del av dagvattenlösningen i gatumiljöer. Dessa ska öka beredskapen vid hantering av större nederbörd och minska risken för översvämningar (Sweco, 2012). Systemet behöver justeras utefter platsens krav där behovet för rening, infiltrationskapacitet i terrassen, avståndet till grundvattennivån, befintliga dagvattenledningar och utrymme spelar stor roll. Därför tittade Tyresö kommun på tillgängliga ytor för att sedan räkna på vilken effekt växtbädden kan ha när det kommer till bland annat

kapaciteten att ta emot dagvatten. Effekten av en växtbädd visade sig kunna minska vattenflöden på vägbanorna markant vid skyfall, för att sedan föra vattnet vidare till naturmark utanför gatmiljön (VA-guiden, u.å.e). Fyra växtbäddar anlades nedsänkta i vägbanan för fordonstrafik i anslutning till en cykel- och gång överfart. Växtbäddarna blev cirka 1,3 meter breda och mellan 4–8 meter långa, där inflödet sker genom öppningar i kantstenen. I växtbäddarna finns kupolbrunnar som för dagvattnet vidare i dagvattensystemet som en säkerhetsåtgärd vid översvämning (Sweco, 2012). Systemet skapade ett mervärde både estetiskt, men även genom en ökad trafiksäkerhet vid överfarten då fordon tvingades sänka hastigheten när vägen smalnade av (VA-guiden, u.å.e).



Bild 7, Goda dagvattenexempel i Stockholms län. Växtbäddar i Tyresö kommun, Öringevägen. Foto: VA-guidens anläggningswiki (u.å). <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/nedsankt-vaxtbadd/regnbadd-i-tyreso/>

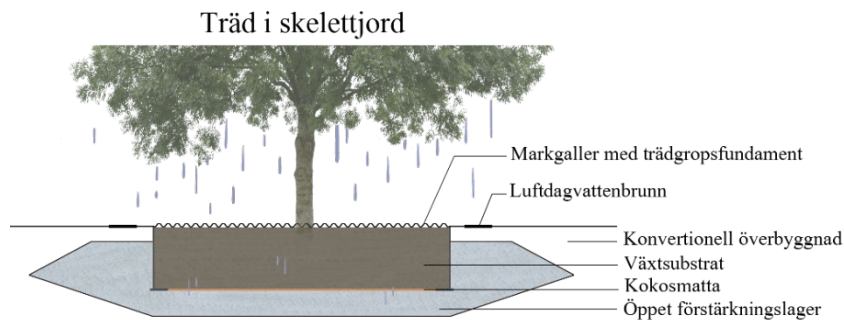
<u>Fördelar</u>	<u>Nackdelar</u>
Anpassningsbart beroende på budget och läge	Risk för erosion vid allt för höga vattenflöden
Renar dagvatten från föroreningar	Hög grad på drift- och underhåll under de första åren
Bidrar till grundvattenbildning	Kräver konsekvent drift- och underhåll från sediment samt föroreningar
Höjer estetiska värden	

Växtbäddar fungerar som naturliga filter som reducerar föroreningar genom växter och jord. Förutom att fördröja och infiltrera dagvatten, bidrar växtbäddar multifunktionellt till att höja ekologiska och estetiska värden i urbana områden. Beroende på växtval stödjer systemet pollinatörer och insekter genom en varierad vegetation som kan implementeras i miljöer där hårdgjorda ytor oftast dominerar, exempelvis vägrenar eller bostadsområden.

3.2.5 Träd i skelettjord

Skelettjordar är platsbyggda system som skapar förutsättningar för träd i hårdgjorda miljöer. Det är också det som skiljer träd i skelettjord från föregående system regnbädd med markgaller. Skelettjordar är ytligare system som ger plats för trädens rötter, medan regnbäddarna är djupare och nödvändigtvis inte system som implementeras där träd växer vanligtvis. Genom hålrum

under jorden kan trädets rötter få tillräckligt med både syre och vatten, samtidigt som systemet tillåter ytan ovan mark att användas multifunktionellt som gata med diverse funktioner (Blue Green City Lab, u.å.a). Nyttan som skelettjordar bidrar med till dagvattenhanteringen är både att fördröja och rena dagvatten genom infiltrering, sedimentering och växtupptag. Dagvattenöverskott leds vidare genom dräneringsledningar (VA-guiden, u.å.f).



Figur 13, Träd i skelettjord illustrerad av författaren med inspiration från Edge (2023).

Systemet är passande på platser där träd önskas i hårdgjord miljö, där bärlagret förstärks med makadam för att klara högre tryck från markytan. Kompost, biokol eller pimpsten blandas ner för att ge träden näring och minst två luftbrunnar placeras intill skelettjorden för att säkerställa att träden får syre genom ventilationseffekten som uppstår (Edge, 2023). Skelettjordar kan anläggas på olika sätt där flera städer har implementerat sin variant beroende på läge och förutsättningar (Blue Green City Lab, u.å.a).

Stadsträd har oftast mycket svårt att överleva i stadens hårdgjorda ytor som dessutom är begränsade på näringsämnen, vatten och syre. Det lilla utrymmet som ges till gatuträd är minimalt i jämförelse med hur träd vanligtvis växer i naturliga förhållanden (VA-guiden, u.å.g). Därför har bland annat Stockholm stad använt sig av skelettjordar för att ge träd möjligheten till ett långt liv. På Vallhallavägen i centrala Stockholm står en gammal lindallé mitt i en gatumiljö som används av fordon, parkering, gång- och cykeltrafik. Träden som planterades för 100 år sedan är viktiga för stadens mikroklimat, med stora kronor som försörjer stadsrummet med svalka. År 2015 schaktades den gamla överbyggnaden bort för att ersättas av en extra meter djup makadamzon till förstärkningslagret, där trädens rötter kan få ny tillväxt. Skelettjorden omhändertar idag dagvatten som faller på parkerings-, grön- och grusytor i stadsrummet och avlastar på så sätt stadens dagvattensystem. Samtidigt får träden vatten och har en stor kapacitet att rena dagvattnet genom infiltration och det biokolet som blandades med makadam. Trafikkontoret i Stockholm stad beräknar att ingen extra skötsel är nödvändig, eventuellt om 20 år när det översta lagret på 10 centimeter behöver förnyas med hänvisning till igensättning av föroreningar (VA-guiden, u.å.g).

<u>Fördelar</u>	<u>Nackdelar</u>
Kräver ingen extra yta	Underhåll krävs vid igensättningar
Renar dagvatten från föroreningar	Hanterar inte lika mycket dagvatten som andra system
Ger goda förutsättningar för träd i hårdgjorda ytor	Kostsammare än traditionella trädbäddar
Lätt att kombinera med andra lösningar	

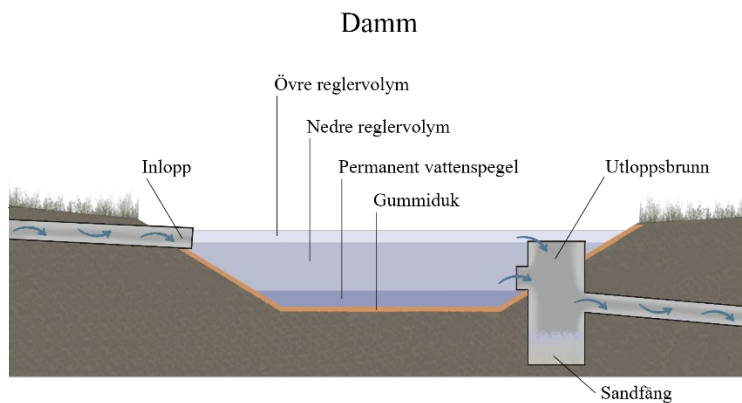
Träd i skelettjord fördröjer och renar dagvatten genom infiltration. De multifunktionella fördelarna med skelettjordar är att träden får en god, luftig jord att växa i utan påfrestningar från tryck ovan mark, vilket gör att träden kan utvecklas och leva länge. Fördelarna att kunna etablera träd i urbana eller hårdgjorda miljöer är många. Träd tar upp koldioxid från fordon och hjälper till att mildra effekterna av klimatförändringar. Dessutom bidrar träd till att förbättra luftkvaliteten, ge skugga och minska värmeöar.

3.3 Öppna dagvattensystem

Följande dagvattensystem har som syfte att lagra vatten öppet ovan mark. Det är så kallade öppna system där vatten synligt lagras innan det infiltrerar ner i marken. Dessa system är viktiga komponenter i stadsplanering eftersom att öppna stråk kan både ta emot och leda bort större vattenmängder till skillnad från dagvattenledningar (Katarzyna Wagner & Krauze, 2015). Att bygga ut VA-ledningarna för samma syfte skulle bli kostsammare och nödvändigtvis inte öka effektiviteten av uppsamling och avledning på samma sätt som öppna system gör. Däremot krävs ett större underhåll för de öppna systemen i form av rensning från sediment och igenväxt, för att de ska behålla sin effektivitet (Svenskt Vatten, 2016).

3.3.1 Damm

Dammar är mottagare av dagvatten från andra system och områden, därför är systemet alltid vattenfyllda och kan med fördel kopplas ihop med andra system. Då dammar ligger öppna ovan mark kan det utnyttjas av både djur och växter, även mindre dammar kan främja den biologiska mångfalden genom vattentillgångar under torra perioder. Däremot behöver vattnet i dammarna vara i rörelse, förslagsvis genom en pump, för att undvika igenväxt och mygg. Dammets djup bör vara minst en meter och skuggning är en viktig aspekt att ha i åtanke för att undvika algbildning (Blue Green City Lab, 2023a). Vid utformning bör samtliga sidor tätas med gummiduk för att försäkra en permanent vattenspegel. Om dammen riskerar att torka ut helt kan det behövas tillsättas vatten (Svenskt Vatten, 2011).



Figur 14, Damm illustrerad av författaren med inspiration från Ekologigruppen (2017).

Dammar blir mer skötselkrävande desto mer dagvatten som systemet tar emot. Eftersom dagvattnet oftast är förorenat av diverse partiklar och näringsämnen kommer dessa fastna i dammen genom sedimentering eller på inlagda filter i in- och utloppen och behöver kontinuerligt bytas ut (Våtmarksguiden, u.å.).

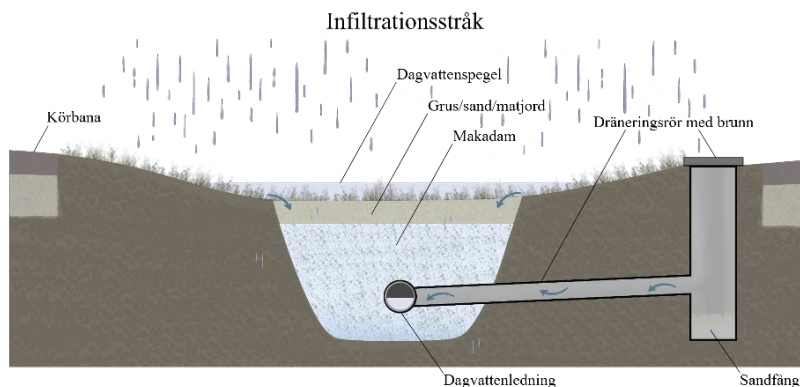
Miljökonsulterna Ekologigruppen (2017) fick i uppdrag att hitta en dagvattenlösning som både fördröjer och renar dagvattnet från västra Lunds område. Tidigare förde dagvattnet med sig föroreningar från industrimark, åkermark, bostadsområden och vägar ut i Höje å som leder ut i Öresund. Ekologigruppen (2017) hittade en lämplig plats i området för en dagvattendamm på en kommunalägd åkermark. Dammen utformades i två volymer, en grundvolym med permanent vattenspiegel och en övre buffertvolym vid höga flöden. Behöver vattenvolymen utvidgas kan utloppsbrunnen höjas upp. Uträkningar på dammens reningseffekt visade att systemet minskar samtliga föroreningar till den grad att dessa hamnar under det nationella gränsvärdet för utsläpp (Ekologigruppen, 2017).

<u>Fördelar</u>	<u>Nackdelar</u>
Renar dagvatten effektivt från föroreningar	Underhåll krävs vid igensättningar
Främjar biologisk mångfald	Mer passande system att tillämpa utanför tätorter
Tar emot stora volymer dagvatten	
Höjer estetiska värden	

Dammar minskar risken för översvämningar, genom att hantera stora mängder dagvatten. Genom sedimentering renas vattnet i dammar från föroreningar. De ekologiska fördelarna med dammar är att de skapar goda livsmiljöer för både växter och djur samtidigt som mikroklimatet förbättras genom avdunstning och kylande effekter. Dammar ökar även estetiska värden och rekreativvärden för människor.

3.3.2 Infiltrationsstråk

Infiltrationsstråk är effektiva system som både samlar, fördröjer och leder bort dagvatten, precis som krossdike och svackdike gör. Det som särskiljer infiltrationsstråk från de andra systemen är att det har en ökad kapacitet att infiltrera och leda bort dagvatten. Utformningen på infiltrationsstråk varierar men oftast sträcker sig stråket långt med en smal, grund kanal i makadamfylld botten. Under marken ligger ett dräneringsrör anslutet till dagvattennätet och överbyggnaden är täckt med grus, sand och matjord till önskad plantering (Blue Green City Lab, 2023b).



Figur 15, Infiltrationsstråk illustrerad av författaren med inspiration från Blue City Lab (2023b).

Infiltrationsstråk kan enkelt kopplas ihop med andra system så som översvämningssytor och dammar för att lokalt omhänderta dagvatten. Vegetationen kan varieras beroende på önskat uttryck och fångar upp föroreningar samtidigt som de estetiska värdena höjs (Blue Green City Lab, 2023b). Det är däremot viktigt att underhålla infiltrationsstråk med jämna mellanrum för att inte riskera igensättning, detta gäller även snöröjning som för med sig fina partiklar som kan sätta igen systemet (Svenskt Vatten, 2016–05).

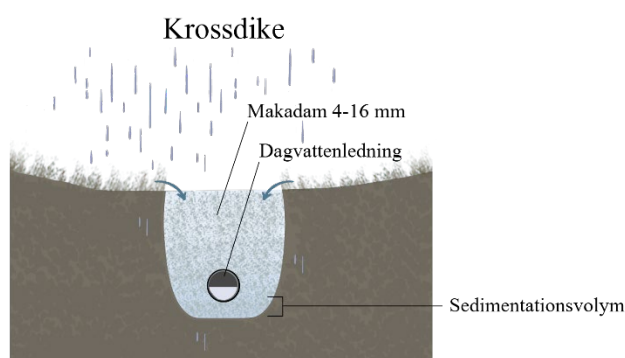
Fördelar	Nackdelar
Renar dagvatten från föroreningar	Underhåll krävs vid igensättningar
Lätt att kombinera med andra lösningar	
Infiltrerar/avleder dagvatten bättre	
Höjer estetiska värden	

Infiltrationsstråk tar effektivt hand om ytavrinningen som bildas vid skyfall, genom att samla in och infiltrera dagvatten. Detta avlastar kommunala dagvattenledningar samtidigt som systemet filtrerar dagvattnet och renar det från föroreningar. Multifunktionaliteten i infiltrationsstråk inkluderar även växtlighet, beroende på vilka växter som planteras kan

systemet bidra till biologisk mångfald och implementeras i urbana områden som ett ekologiskt tillskott till omgivande hårdgjorda ytor.

3.3.3 Krossdike

Krossdiken kan både fördröja, avleda och bidra till att rena dagvatten genom sedimentation. Utformningen kan variera efter önskemål men systemet anläggs vanligtvis intill vägbanor, då krossdiken är mindre utrymmeskrävande än svackdiken. Som de andra dagvattensystemen ovan mark kan även krossdiken med fördel kombineras med andra dagvattensystem för att öka effektiviseringen av dagvattenhantering (Stockholm Vatten och Avfall, u.å.c). Systemet är kostnadseffektivt i jämförelse med andra dagvattensystem. Dessutom kan krossdiken bidra till grundvattenbildning utifall att marken har god genomsläpplighet. Då utformas systemet med öppen botten så vattnet kan infiltrera ner i markprofilen. Är marken inte lämpad för detta kan systemet tätas och dagvattnet kan då ledas vidare genom dräneringsrör till dagvattennätet (RISE, u.å), likt ett avsättningsmagasin fast ovan mark. Krossdiken som system är relativt lättskötta, det är viktigt att kontrollera så att systemet inte är igensatt av partiklar och föroreningar. Ju mer föroreningar i vattnet, desto oftare bör systemet kontrolleras. Utöver det bör eventuell ogrärensning ske vid behov (Larm & Blecken, 2019).



Figur 16, Krossdike illustrerad av författaren med inspiration från WRS för Stockholm Vatten (u.å).



Bild 8, Krossdiket avleder dagvatten från parkeringsytan via öppningar i kantstenen. Foto: WRS för Stockholm Vatten (u.å). https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/md_h.pdf

<u>Fördelar</u>	<u>Nackdelar</u>
Lätt att kombinera med andra lösningar	Underhåll krävs vid igensättningar
Infiltrerar/avleder dagvatten	Låga estetiska värden
Låga anläggningskostnader	
Yttadseffektivast av de öppna systemen	

Krossdiken samlar in och infiltrerar stora mängder dagvatten utan att ta mycket mark i anspråk. Systemet är inte bara yteffektivt utan även slitstarkt på grund av makadammet som tillåter dagvatten effektivt filtrera ner i markprofilen. Makadammet ger krossdiken ett naturligt intryck som smälter in i gestaltningen på ett naturligt sätt. Multifunktionellt renas dagvattnet i systemet genom sedimentering, och är lämpligt att implementera där exempelvis vegetationsbeklädda dagvattenlösningar inte fungerar, exempelvis på parkeringsytor eller skolgårdar där människor oftast rör sig intill systemet och kan orsaka packningsskador.

3.3.4 Svackdike

Precis som infiltrationsstråk så är svackdiken vanligtvis långa, smala och vegetationsbeklädda i sin utformning, även om de även kan utformas på andra sätt. Det som skiljer systemen åt är att svackdiken saknar dräneringslagret av makadam i botten (Blue Green City Lab, u.å.b). Svackdiken är därför väldigt enkla system att implementera. Precis som infiltrationsstråk kan svackdiken med fördel kombineras med vegetation, då växtligheten minskar risken för erosioner (Edge, 2023). Lutningen på svackdiken ger systemet ett bredare uttryck liknande översilningsytor fast lutning sker från två håll i svackdiken, vilket gör reningseffekten mer effektiv. Desto längre lutningen är i ett svackdike, desto effektivare blir reningseffekten, då vattnets flödes hastighet saktas ner och hinner renas. Rening av dagvatten hanteras på samma sätt som i de andra systemen genom sedimentering och infiltration i mark och vegetation. Genom sin enkla utformning är svackdiken ett av de enklaste dagvattensystemen. Trots det gör systemet stor nytta för dagvattenhanteringen då svackdiken kan ersätta dagvattenbrunnar och avlasta dagvattennätet (Larm & Blecken, 2019).



Figur 17, Svackdike illustrerad av författaren med inspiration från VA-guiden (u.å.h).

Intill en parkeringsplats i Spånga är ett svackdike anlagt för att omhänderta allt dagvattnet som faller på parkeringsytan med medföljande föroreningar. En upphöjd dagvattenbrunn har placerats i svackdiket för att leda dagvatten vidare till dagvattennätet vid extrema regnmängder. Det är viktigt att svackdiket tillåter infiltration så att inte vatten blir stående för länge i systemet. Om jorden är ogenomsläpplig kan ett dräneringsrör sättas in i botten på svackdiket (VA-guiden, u.å.h).



Bild 9, Goda dagvattenexempel i Stockholms län. Svackdike i Spånga intill parkeringsyta. Foto: VA-guidens anläggningswiki (u.å.). <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/svackdike/svackdike-i-spanga/>



Bild 10 & 11, Andra exempel på svackdiken. Foto: Blecken, Godecke för Svenskt Vatten (2019). <https://www.svensktvatten.se/contentassets/c8abaf832f154888aa018c23752bf5a9/svu-920.pdf>

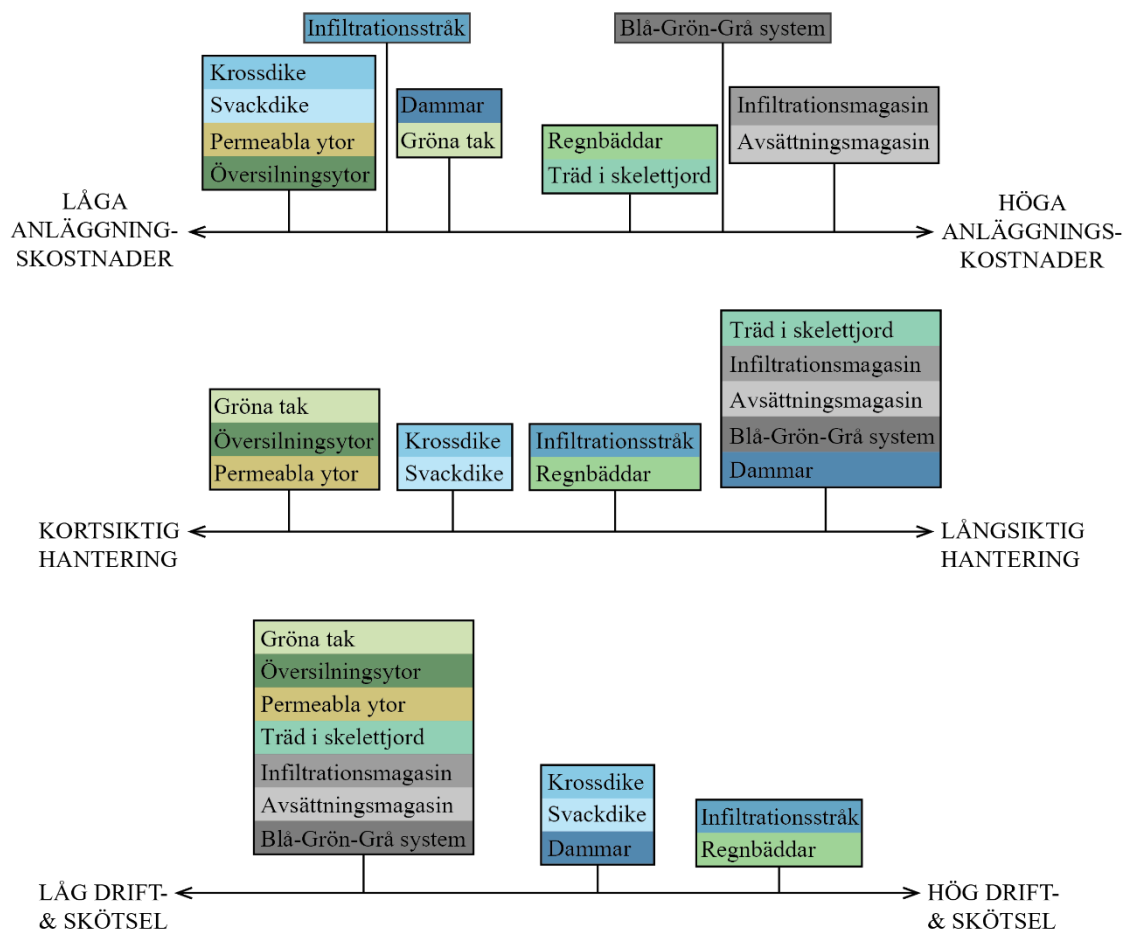
<u>Fördelar</u>	<u>Nackdelar</u>
Renar dagvatten från föroreningar	Underhåll krävs vid igensättningar
Lätt att kombinera med andra lösningar	
Infiltrerar/avleder dagvatten	
Höjer estetiska värden	

Svackdiken omhändertar dagvatten på ett effektivt sätt, minskar översvämningsrisker och avlastar kommunala dagvattenledningar. Infiltrationen renar dagvattnet på föroreningar,

tillsammans med vegetationen som även fångar upp sediment samt bidrar till en grönare omgivning. De multifunktionella fördelarna med svackdiken är många, vegetationen bidrar till biologisk mångfald där systemet kan implementeras i parker så väl som i gatumuljör.

3.4 Sammanställning

I följande avsnitt presenteras en sammanställning baserat på de dagvattensystem som tagits upp. Analysen berör respektive system ur ett ekonomiskt perspektiv, ur ett tidsmässigt hållbart perspektiv samt kravnivån på drift och skötsel genom två tabeller, med stöd av den informationen som behandlats kring varje dagvattenlösning tidigare i kapitlet. Analysen är sammanställd i illustrationen nedan, och förklaras närmare i detta avsnitt.



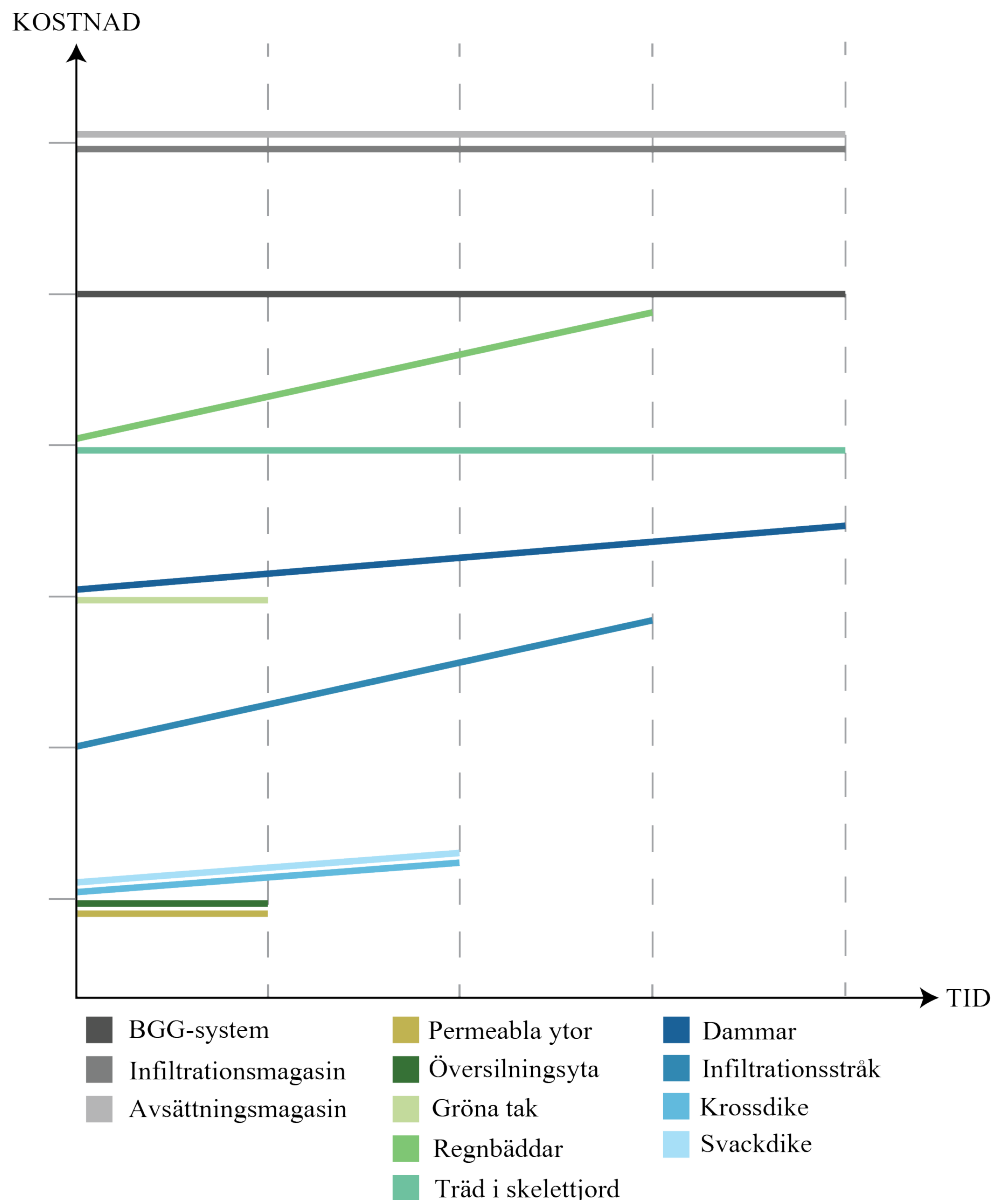
Analys 1, Översiktsbild av dagvattensystem. Slutna system är färglagda i gråa nyanser, halvöppna system i gröna nyanser och öppna system i blåa nyanser. I sammanställningen blir det tydligt att slutna och öppna systemen ligger nära varandra på de olika skalorna, medan halvöppna system är mer utspridda längst med skalorna.

Det vi kan urskilja från *analys 1: Översiktsbild av dagvattensystem* är hur olika dagvattensystem förhåller sig till varandra och jämföra kategorierna slutna, halvöppna och öppna system med varandra. De slutna systemen är överrepresenterade gällande höga anläggningskostnader, i jämförelse med de andra systemen. Deras uppbyggnad bygger främst

på tekniska funktioner och drar därför mindre nytta av det befintliga ekosystemet. Detta skapar en trygghet i de slutna systemen då störningar i ekosystemet inte påverkar dagvattenhanteringen. Slutna system har en långsiktig hantering med låga drift- och skötselkrav, vilket är en fördel i jämförelse med övriga system. Depietri och McPhearson (2017) beskriver slutna system som de mest anpassade till den byggda miljön genom deras robusta struktur, där tryck från ovan mark inte påverkar effektiviteten gällande omhändertagande av dagvatten. Den långsiktiga hanteringen av slutna system har en positiv långsiktig effekt på ekosystemet och nyttjar en naturlig infiltrering för att skapa motståndskraft mot skyfall.

De halvöppna systemen har den största spridningen i analysens samtliga avseenden. Detta beror på att halvöppna system är de mest anpassningsbara gällande dess utformning, i jämförelse med systemen i de andra kategorierna. Regnbäddar är enligt analysen relativt kostsamma att anlägga, de har en relativt långsiktig hantering men är även en av de mest drift- och skötselkrävande systemen i analysen. Däremot går systemet att anpassa så att drift- och skötselkravet reduceras genom att plantera mindre skötselkrävande växtlighet. Regnbäddar är system med möjlighet att skapa höga estetiska värden genom växtlighet, och beskrivs därför som skötselintensiva. Samma resonemang gäller för samtliga halvöppna system där växtlighet innefattas. Gröna tak är ett exempel på ett halvöppet system som enligt analysen har låga krav på drift och skötsel, men detta kan variera beroende på vad som planteras. Ett grönt tak med planterade träd är betydligt mer skötselkrävande jämfört med om taklökar planteras, trots att gröna tak vanligtvis anläggs med mindre skötselkrävande växtlighet som inte innefattar träd och buskar.

De öppna systemen är utformade för att med högsta effektivitet samla in och avleda dagvatten ovan markytan. Systemen utgör ett estetiskt inslag i gestaltningen och skapar möjlighet för biologisk mångfald. Nackdelen med de öppna systemen är att vattenspegeln ovan mark är mer utsatt för föroreningar och nedskräpningar, vilket leder till att kravet på systemens drift och skötsel blir därför högre i jämförelse med systemen i de andra kategorierna, vilket leder till högre kostnader för underhåll. Öppna system har dessutom en långsiktig livslängd, vilket gör att de öppna systemens totala kostnad över tid kan överstiga anläggningskostnaden.



Analys 2, Kostnad över tid. Analysen visar dagvattensystem indelat utifrån kostnad (lodrät axel), tid (horisontell axel), drift- och skötselkrav där linjernas lutning visar intensiteten på systemets tillsyn, vilket ökar kostnaden på systemet med tiden. Något att ha i åtanke är att tabellen inte tar hänsyn till estetiska värden, därför kan en del system anses vara orimligt kostsamma vid första anblick, men har sina förklaringar i utformningen.

I *analys 2: Kostnad över tid* illustreras en jämförelse över de olika dagvattenlösningarna gällande kostnad, tid och skötselkrav. Slutna system är lämpliga när yta ovan mark behöver frigöras och ska utsättas för höga tryck, exempelvis vägbanor, parkeringsplatser, eller intill storskalig bebyggelse som exempelvis handelsområden. För att uppnå maximal nytta av de slutna systemen bör de ligga kvar tills dess livslängd har passerat, då anläggningskostnaden är hög och implementeringen av systemen under mark omfattande. Platsen ska därför vara permanent, och inte bli ett föremål för ombyggnationer i närliggande framtid. Sörensen et. al (2016) konstaterar att slutna system inte bidrar till estetiska kvaliteter på allmänna platser, eftersom systemen ligger gömda under mark. Visuella och estetiska kvaliteter är exempel på inriktningar som inte värderas i denna analys, som fokuserar på dagvattensystem utifrån deras

förmåga att skapa en god och långsiktig hållbar dagvattenhantering. Litteraturstudien tar upp betydelsen av multifunktionalitet för att parallellt lösa flera utmaningar på samma yta, där en del av multifunktionaliteten kan ligga i att öka estetiska eller värden, som en funktion. Träd i skelettjord har en liknande uppbyggnad som ett BGG-system, med samma strukturella uppbyggnad under mark. Kostnaden för skelettjordar ligger därför runt samma nivå som de slutna systemen. Träd i skelettjord bidrar, till skillnad från ett BGG-system, till gestaltningen med kvaliteter till den allmänna platsen genom att vara ett halvöppet system med vegetation. Ska ett av dessa system implementeras är det värt att överväga en kombination av dessa för att komplettera BGG-systemets begränsade förmåga att bidra till estetiska kvaliteter. Kombinationslösningar som slutna system tillsammans med halvöppna system är exempel på lösningar som kompletterar varandra, då halvöppna system bidrar till en god visuell grönska medan slutna system bidrar till dagvattenhantering på ytor som kräver hårdgjorda överbyggnader där andra system inte kan implementeras.

Infiltrationsstråk och regnbäddar är två system som sticker ut i analysen med drastiskt ökade kurvor över tid. Detta beror på att systemen är skötselintensiva, vilket symboliseras av att kostnaderna ökar över tid eftersom de kräver regelbundna skötselinsatser. Regnbäddar är specifikt anpassade för att höja estetiska värden i det offentliga rummet. Systemets utformning gör det möjligt att plantera växtlighet som vanligtvis har svårt att etablera sig bland hårdgjorda miljöer. Dagvattensystem är, som tidigare nämnt, anpassningsbara i sin utformning. Exempelvis kan de mer skötselintensiva systemen anpassas i sin utformning för att minska skötselkravet och därmed reducera kostnaden över tid. Att välja växtlighet med låga skötselkrav är en lösning för att reducera kostnaden över tid, utan att reducera systemets effektivitet gällande hantering av dagvatten. Däremot är det viktigt att poängtera att samtliga dagvattensystem kräver en viss typ av drift och underhåll för att behålla sin effektivitet, exempelvis kommer systemens in- och utlopp kräva en kontinuerlig tillsyn för att upptäcka eventuella igensättningar (Feltelius, 2020).

Permeabla ytor och översilningsytor har enligt analysen den lägsta anläggningskostnaden. Dessa system är enkla i sin utformning och tacksamma att implementera i en befintlig struktur genom att byta ut markens topplager. Nackdelen med dessa system är att de har en kort livstid, vilket innebär att systemen kontinuerligt behöver ersättas för att behålla sin funktion och därmed genereras en ny anläggningskostnad. Kostnaden för kortlivade system, exempelvis permeabla ytor och översilningsytor, ökar därför med tiden om strategin är att få till en långsiktig hållbar dagvattenhantering. Litteraturstudien har belyst betydelsen av en långsiktig hållbar dagvattenhantering. I valet av dagvattenlösningar är det inte alltid tillräckligt att välja lösningar med längst livslängd, även andra parametrar som effektivitet, platsens förutsättningar och visuella värden är också viktigt att ta hänsyn till. Olika dagvattensystem kan kombineras och samspela med varandra. Ett kortlivat system med översilningsyta kan täppas igen och förlora kapaciteten att infiltrera dagvatten, men kompletteras systemet med ett exempelvis ett infiltrationsstråk kan livslängden på en översilningsyta förlängas, exempelvis om dagvattnet hinner renas från partiklar i ett annat system innan det når översilningsytan. Det är svårt att avgöra hur kort eller långlivat ett system egentligen är, det beror på hur mycket dagvatten som

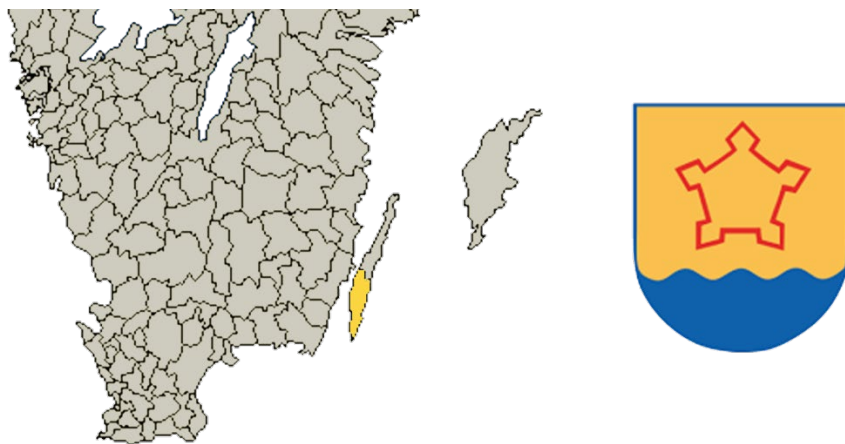
systemet ska omhänderta och hur mycket partiklar som finns i dagvattnet när det når systemet. Flera system som arbetar parallellt och hjälps åt med dagvattenhanteringen har mindre påfrestningar på det enskilda systemet, vilket både kan förlänga livslängden och öka den totala effektiviteten.

Sammanfattningsvis har dagvattenlösningar stor möjlighet att vara multifunktionella, eftersom de inte enbart hanterar dagvatten. Andra funktioner som estetik och upplevelsevärden kan öka med hjälp av dagvattenlösningar. Sådana aspekter är något att ha i åtanke och ta hänsyn till vid planering av offentliga rum, där människor ska vistas. I arbete med dagvattenlösningar är det viktigt att specificera utformningen för dagvattenlösningarna och vilka funktioner de ska tillföra platsen, för att uppnå multifunktionalitet (Svenskt Vatten, 2011), exempelvis hur mycket resurser kan läggas på systemen, hur långsiktig hanteringen ska vara samt vilken skötselnivå som är rimlig på platsen.

4. Mörbylånga kommun

I arbetets tidigare delar kan vi konstatera att risken för översvämningar ökar. En följd av klimatförändringar är mer intensiva skyfall, som i kombination med mer hårdgjorda ytor i tätorter med befolkningstillväxt blir en situation som kräver åtgärder.

Följande del av studien kommer att undersöka möjligheten till att implementera multifunktionella dagvattenlösningar i en verklig kontext. Mörbylångas dagvatten- och skyfallsplan från 2023 jämförs med den äldre VA-planen från 2014 som tillsammans med grönstrukturplanen från 2019 redogör utgångsläget i kommunen med fokus på Färjestadens dagvattenhantering. Vid arbete med dagvattenhantering har litteraturstudien belyst betydelsen av att undersöka befintliga marklutningar och jordmånen, för att ta reda på dagvattnets naturliga flöde tillsammans med vilken kapacitet marken har att infiltrera dagvatten. Detta kommer studeras i avsnittet med hjälp av en skyfallsanalys från konsultfirman Tyréns och jordartskarta från SGU, för att göra konstateranden och dra slutsatser som stödjer förslagen i platsstudien i avsnitt 5.



Figur 18, Mörbylånga kommuns placering i Sverige med tillhörande kommunvapen. Illustrerad av författaren.

4.1 Vattenplanering i Mörbylånga kommun

Under det senaste decenniet har Mörbylånga kommun haft en kraftig befolkningsökning, främst kring tätorten Färjestaden. Trenden förväntas fortsätta framöver, något som lett till flera omfattande byggprojekt av nya bostadsområden i anslutning till kommunens tätorter (Ölandsbladet, 2022). I byggnadsprojekt där fokuset handlar om att expandera tätorter finns en generell risk att dagvattenfrågan bortprioriteras. Av den anledningen är det viktigt att hantera

dagvattenfrågan på en övergripande nivå i den kommunala samhällsplaneringen (Svenskt Vatten, 2016).

I plan- och bygglagen framkommer att kommunens översiktsplan ska innehålla en riskanalys över klimatrelaterade händelser, vilket inkluderar översvämningar, samt en beskrivning av förebyggande åtgärder (SFSb, 2010:900). Detta innebär att kommuner enligt lag ska ta hänsyn till dagvattenfrågor, samt göra en utvärdering av risker till följd av kraftigt skyfall. Mörbylånga kommun har en VA-plan från 2014, som visar att många av kommunens VA-ledningar anlades under den senare delen av 1900-talet, där medelåldern på infrastrukturen är ca 40 år gammal. Renoveringsbehovet av flertalet VA-ledningar i kommunen är stort. Mörbylångas dagvatten- och skyfallsplan (2023) är en uppdaterad version av kommunens VA-plan (2014) och ett fördjupat tillägg till kommunens översiktsplan. Kommunen skriver att regnvatten traditionellt sett har omhändertagits genom dagvattenledningar, men också att dagens situation kräver mer komplexa system för hantering av dagvatten. Potentialen i nya ledningar, öppna dagvattenanläggningar, översvämningssytor och regnbäddar presenteras i dagvatten- och skyfallsplanen (2023) som lösningar på ett förändrat klimat där skyfall förväntas öka i framtiden. Kommunen ser grönblåa system som en multifunktionell lösning där dagvatten hanteras effektivt samtidigt som systemen renar vattnet och minskar mängden föroreningar i naturen (Mörbylånga kommun, 2023).

Den största tätorten i Mörbylånga kommun är Färjestaden, det är också här som det aktuella studieområdet Färjestadens låg- och mellanstadieskola ligger. Kommunen har låtit konsultföretaget Tyréns ta fram en rapport över tätorten med fokus på hur väl rustad Färjestaden är vid ett 100-årsregn (Tyréns, 2020). Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (2023) beskriver ett 100-årsregn som ett kraftigt skyfall som sannolikt uppstår en gång per sekel. Enligt sannolikhetsberäkningar är risken för ett 100-årsregn endast 1% per år, men med tiden ackumuleras risken att händelsen inträffar. Det innebär att all ny bebyggelse som etableras där den förväntade livslängden är 100 år eller mer, löper stor risk för att någon gång behöva utstå ett extremt kraftigt regn. Därför rekommenderar bland annat Boverket en utvärdering av kommunernas situation vid ett 100-årsregn, för att identifiera platser med stor skyfallsrisk (MSB, 2023).

Rapporten från Tyréns visar att det finns flera områden i Färjestaden där dagvattnet uppnår en höjd på över fem meter vid ett 100-årsregn, något som kommunen vill förebygga genom bland annat hållbara dagvattenlösningar (Mörbylånga kommun, 2023). I Mörbylångas grönstrukturplan gällande Färjestaden (2019) beskrivs möjligheten att pumpa ut dagvatten i Kalmarsund, men att detta kan medföra att ytvattnet i Kalmarsund inte kan uppnå god ekologisk status. Idag uppnår ytvattnet endast en måttlig statusklassning till följd av övergödning, därför har kommunen beslutat i grönstrukturplanen (2019) att dagvatten bör endast pumpas ut från tätorten till Kalmarsund som sista lösning. Idag omhändertas majoriteten av dagvattnet i Färjestaden genom slutna ledningssystem med utlopp längs med kusten.

Färjestadens placering vid kusten gör tätorten synnerligen känslig för stora vattenflöden som tar sig in i ledningssystemen och orsaka översvämningssproblematik (Mörbylånga kommun, 2019), något som hände 2014 vid Ölands Köpstad när ett kraftigt skyfall skadade bebyggelse (Barometern, 2014). I kommunens VA-plan (2014) framgår det att Färjestaden har omfattande problematik med äldre dagvattenledningar som är i behov av stora upprustningar. Vidare tar VA-planen (2014) upp att transportereringen av dagvatten ut till Kalmarsund är bristande. Dagvattnet tvingas på flera ställen flöda genom tätorten ovan mark för att ta sig till Kalmarsund, en riskfylld transporterering där dagvatten kan fastna i känsliga lågpunkter och skada

infrastruktur. Vilken betydelse detta har för Färjestadens låg- och mellanstadieskola fördjupas i kommande avsnitt där redovisningen av rapporten gjord av Tyréns (2020) studeras närmare utifrån Färjestadens låg- och mellanstadieskola med en beskrivning av platsens potential att implementera hållbara dagvattenlösningar.

4.2 Färjestadens låg- och mellanstadieskola

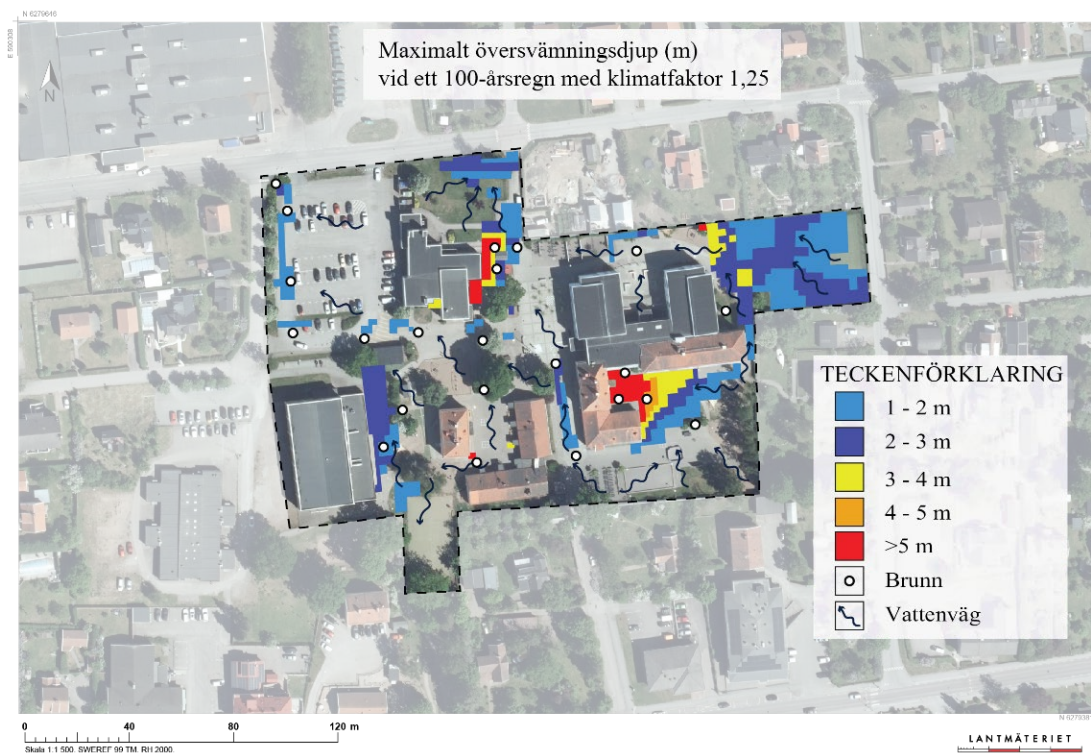
Färjestadens låg- och mellanstadieskola ligger centralt i tätorten omgiven av villor. På ortofotot nedanför ser vi ett vitmarkerat utsnitt över skolans område. Bebyggelsen närmast skolområdet är gles med tillhörande gröna trädgårdar. Detta ger goda möjligheter för dagvattnet att omhändertas lokalt inom omgivande fastighetsgränser istället för att flöda in på skolområdet. Färjestadens låg- och mellanstadieskola har, till skillnad från sin närmaste omgivning, stora hårdgjorda ytor i form av asfalt. Detta försluter marken och förhindrar naturlig infiltrering vid nederbörd. Skolområdet behöver en effektiv lokal dagvattenhantering för att omgivande fastigheter inte ska bli negativt påverkade av höga vattenflöden från de hårdgjorda ytorna under kraftiga skyfall.



Karta 1, Ortofoto över Färjestadens centrala delar med Färjestadens låg- och mellanstadieskola markerat med vitstreckad linje. Digitaliserad av författaren med underlag från © Lantmäteriet (2024).

I nära anslutning till skolans område ligger en större lagerlokal tillhörande företaget *Kalmar – Ölands trädgårdsprodukter*. Strax öster om lagerlokalen, tvärs över skolans område i norr, ligger en mindre återvinningscentral och längre västerut ligger Ölands Köpstad. Dessa strukturer utmärker sig då byggnaderna är storskaliga och omges av större hårdgjorda ytor för parkeringar och vägbanor. Dagvatten som faller inom dessa områden har ingen tydlig lokal

negativ påverkan på Färjestadens låg- och mellanstadieskola. Tack vare en naturlig marklutning mot kusten samt området *Dämmet*, rinner dagvattnet bort från skolans område. Dämmet är det största naturområdet som återfinns i Färjestadens centrala delar med funktionen att fördröja och rena Färjestadens dagvatten i de flertalet dammar som Dämmet utgör. Genom sedimentering renas dagvattnet från partiklar, exempelvis kväve och fosfor, innan dagvattnet rinner vidare ut i Kalmarsund (Mörbylånga kommun, 2023). Trots den effektiva dagvattenhanteringen som Dämmet utgör i Färjestaden får dammarna omhändertata regnvatten från flera storskaliga strukturer i omgivningen, där Ölands köpstad och Kalmar – Ölands trädgårdsprodukter är några av dem. Dämmet behöver avlastning i form av andra lokala dagvattenlösningar, då transportereringen av dagvatten till kusten även visat sig bristande i Mörbylångas VA-plan (2014). Rapporten från Tyréns (2020) visar att Färjestadens låg- och mellanstadieskola har flera kritiska punkter där dagvatten samlas och skapar översvämningssituationer vid 100-årsregn. Kartan nedan visar hur dagvatten naturligt samlas i lågpunkter vid kraftigt regn och fastnar mellan hårdgjorda strukturer, med begränsad möjlighet för regnvatten att rinna vidare till omgivande ytor där vattnet kan infiltreras.



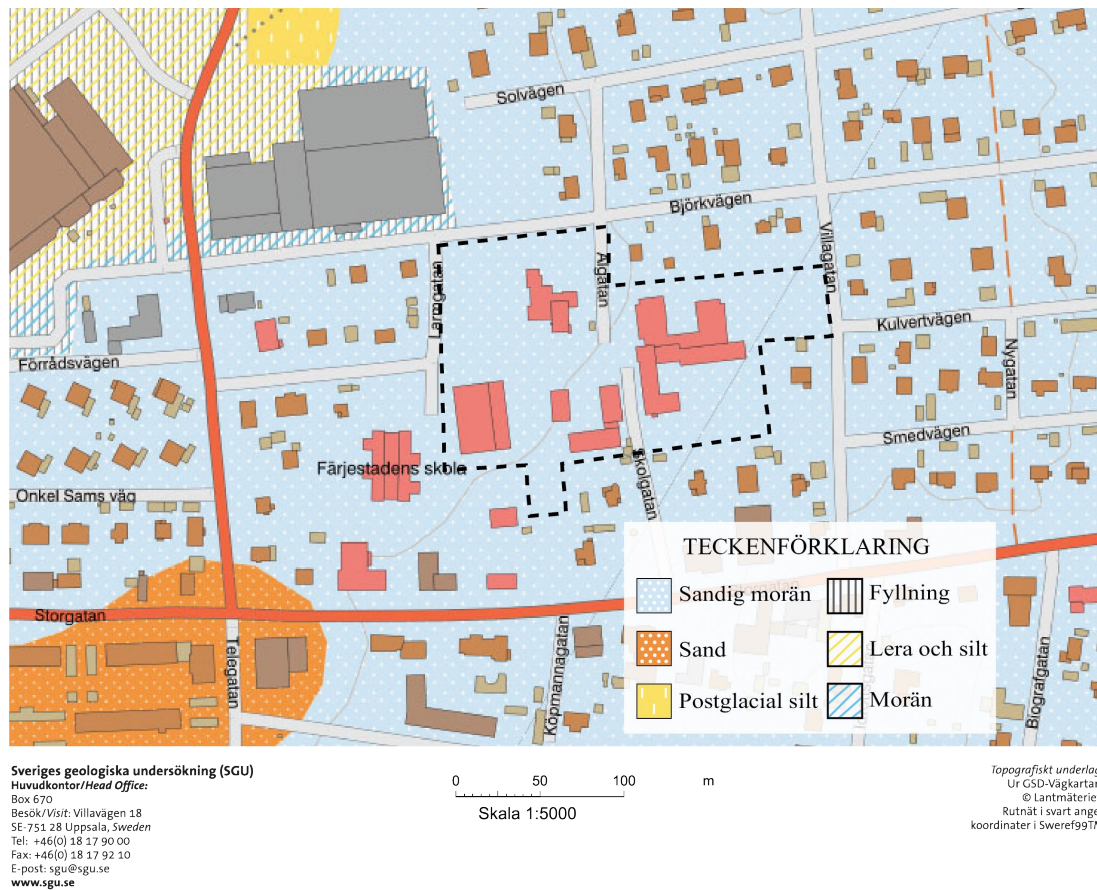
Karta 2, Översvämningsskarta över Färjestadens låg- och mellanstadieskola, med maximalt översvämningssdjup (m) under ett 100-årsregn med 25% ökning av nederbörden. Digitaliserad av författaren med underlag från Tyréns skyfallsanalys (2020), © Lantmäteriet (2024) samt inhämtad information om lutningar (vattenvägar) och brunnar från platsbesök februari 2024.

Vid genomförandet av skyfallsanalysen har Tyréns valt klimatfaktor 1,25 för att räkna ut maximala översvämningssdjup vid ett 100-årsregn. Klimatfaktor är en uträkningsmetod för att undersöka hur stora översvämningarna blir i framtiden. Måttet innebär att översvämningssdjupet står i förhållande till att nederbörden blir 25% mer intensiv i framtiden (SMHI, 2024). Klimatfaktor 1,25 är Sveriges nuvarande standardmått, framtaget av Svenskt Vatten, och används vid för dimensionering av anläggningar som har en livslängd till slutet av århundradet.

Standardmättet kan förändras i takt med att nya klimatmodeller tas fram som bättre beskriver hur nederbörden påverkas av klimatförändringar (Svenskt Vatten & SMHI, 2020).

Vatten tenderar att samlas vid lågpunkter. Dessa ligger enligt översvämningsskartan i anslutning till byggnadskroppar och vägbanor på hårdgjord mark där möjligheten till infiltrering är begränsad. I bilden ovan skiftar färgen beroende på lågpunkternas utsatthet samt översvämningdjup, från blåa markeringar med ett maximalt översvämningdjup på en till tre meter, till gul-röd-orangea områden där det maximala översvämningdjupet går från tre till över fem meter. Vattenvägarna syns som mörkblåa pilar i översvämningsskartan och visar åt vilket håll marken lutar över området och hur dagvattnet rinner. Genom att förstå varifrån dagvattnet kommer och följa vatteninlopp tillbaka till källan, kan lokala dagvattenlösningar implementeras närmast källan och förhindra att dagvatten rinner in på andra områden och skapar översvämningssproblematik. Studien utgår från Färjestadens låg- och mellanstadieskola, även om skolan delvis också tar emot dagvatten från omgivande vatteninlopp är syftet med en lokal dagvattenlösning att förhindra att dessa tar sig vidare i tätorten och skapar översvämningar på andra platser. Dagvattnet ska omhändertas på platsen där huvudfokus är att lösa dagvattenhanteringen på de kritiska punkterna som visas i kartan med data från rapporten (Tyréns, 2020). De svarta markerade punkterna i kartan symboliserar befintliga dagvattenbrunnar som återfinns på skolområdet. Brunnarna är naturligt placerade runt lågpunkterna och längs med vatteninloppen som ett försök att samla upp och avleda dagvattnet till kommunens VA-nät. Rapporten visar att brunnarnas kapacitet att avleda dagvatten inte är tillräcklig vid ett 100-årsregn då översvämningdjupet på vissa platser uppgår till ett djup på fem meter (Tyréns, 2020).

För att kunna använda lämpliga dagvattenlösningar på platsen krävs det en kunskap om markens förmåga att ta emot och infiltrera dagvatten naturligt. Flertalet av de dagvattenlösningar som presenterats i tidigare kapitel förlitar sig på naturliga processer där framför allt infiltrering är en viktig del av systemets uppbyggnad. Litteraturstudien har visat att förmågan att infiltrera vatten beror på vilken markprofil platsen är uppbyggd på där genomsläppliga marktyper som sand ger en effektiv infiltrering, medan tätare marktyper som lera har en förslutande effekt och begränsar infiltrering. För att skapa en överblick på hur de geologiska förutsättningarna ser ut över Färjestadens låg- och mellanstadieskola har följande karta tagits fram med hjälp av Sveriges geologiska undersökning (2024).



Karta 3, Jordartskarta i de centrala delarna av Färjestaden med fokus på Färjestadens låg- och mellanstadieskola. Utsnittet visar att jordmånen skiftar i tätorten där morän, sand, silt och lera är representerade. Sandig morän är däremot dominerande i kartans utsnitt och den representerande jordmånen för Färjestadens låg- och mellanstadieskola som är markerat i streckad linje. Kartunderlag från © Lantmäteriet (2024) med geologisk information från © SGU (2024).

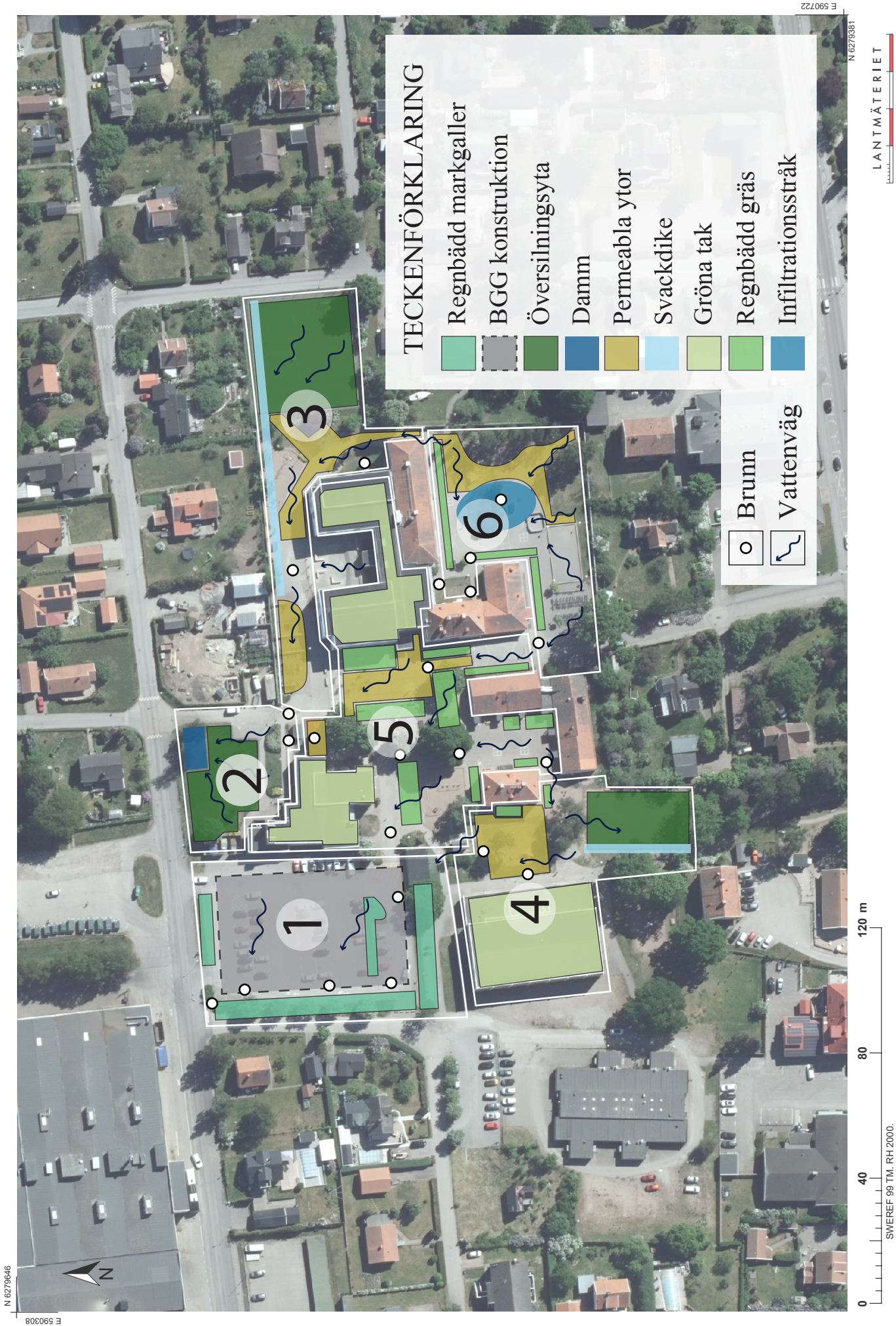
Den ljusblåa nyansen med vita prickar som dominerar i området enligt kartan, indikerar att jordmånen över Färjestadens låg- och mellanstadieskola består av sandig-morän. Denna typ av morän är Sveriges vanligaste jordmån och nyttjas mest till skogsodling (SGU, 2020). Färjestadens låg- och mellanstadieskola kan därför ses som ett vanligt typexempel i Sverige. Sandig-morän har en lägre genomsläpplighet än exempelvis finsand, men är desto mer genomsläpplig i jämförelse med andra moräntyper så som ler-morän (Stendahl, 2020). Skolgården har alltså en naturlig infiltrationsförmåga vilket gör det möjligt att välja dagvattensystem som förlitar sig på naturlig infiltration.

5. Platsstudie

För att uppnå en hållbar dagvattenhantering och skapa en multifunktionell yta behöver platsens befintliga strukturer undersökas, något som tidigare avsnitt redogjorde för. Skyfallsanalysen som pekade ut riskområden tillsammans med markens befintliga lutningar och kunskap kring jordmånen över den valda platsen, konstaterar vart dagvattenlösningar behövs och vilka som är lämpliga att använda sig av. Jordmånen över Färjestadens låg- och mellanstadieskola tillåter infiltration, vilket öppnar upp möjligheten att använda system som förlitar sig på naturlig infiltrering.

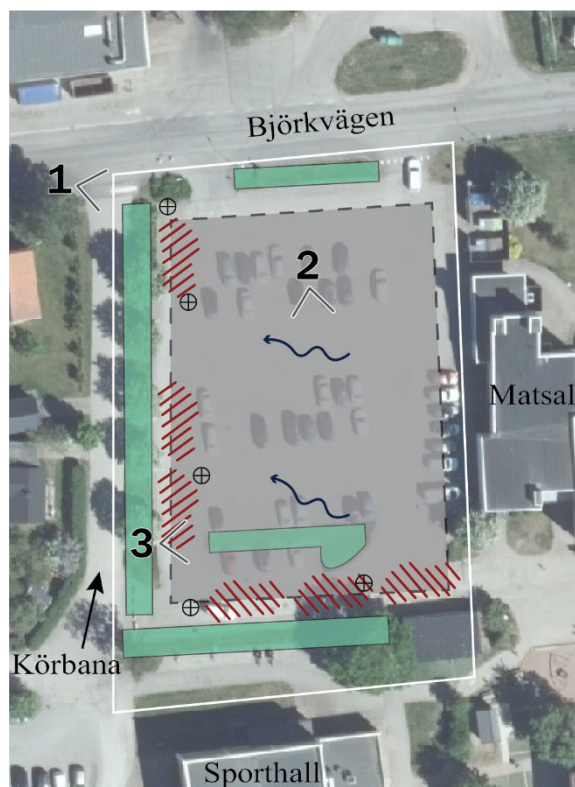
För att skapa en förståelse för Färjestadens låg- och mellanstadieskola, och enklare förklara platsstudien har fokusområdet delats upp i sex delområden, som visas i sin helhet i figuren nedan. Varje delområde har sin egen funktion och är rubricerade utefter detta. I varje avsnitt presenteras delområdets förutsättningar och problematiker kopplat till dagvatten, tillsammans med fotografier tagna vid platsbesöket som ägde rum i februari 2024. Översvämningsanalysen med riskområden, placering av dagvattenbrunnar samt vattenvägar från föregående avsnitt är en del av de underlag som presenteras för varje delområde, där slutsatser kan göras gällande dagvattenproblematiker för den befintliga strukturen. Platsstudien handlar om dagvattenplanering med multifunktionella lösningar, där lämpliga dagvattenlösningar har valts ut och applicerats över varje delområde beroende på funktion och lokalisering av riskområden. Samtliga delområden har sina specifika dagvattenstrategier för att lokalt underlätta för en god dagvattenhantering och är färgkodade enligt teckenförklaringen i figur 19 (nästa sida).

Platsstudien utgår från den befintliga strukturen, vilket innebär att funktionerna på Färjestadens låg- och mellanstadieskola inte har ändrats. Detta innebär exempelvis att skolans nuvarande parkeringsplats, byggnader, skolgårdar och marklutningar har behållit sina ursprungliga funktioner och platser. Däremot har alla delområden i studien tilldelats ytterligare multifunktionella användningsområden utöver deras nuvarande funktioner, genom olika typer av dagvattensystem. På så sätt fyller delområdena flera syften utan att förändra den befintliga strukturen.





Figur 19. Kartan visar olika dagvattenåtgärder med ungefärlig placering för Färjestadens låg- och mellanstadieskola. De vita prickarna symboliserar befintliga dagvattenbrunnar inom området, de mörkblå pilarna visar riktningen som dagvattnet rinner mot. Illustrerad av författaren med grundkarta från © Lantmäteriet (2024).


5.1 Område 1: Parkeringen



TECKENFÖRKLARING

 Riskområde för översvämning

 Befintlig brunn

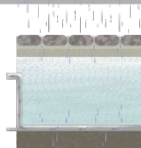
 Vattenväg

DAGVATTENLÖSNINGAR

 Träd i skelettjord



 BGG konstruktion



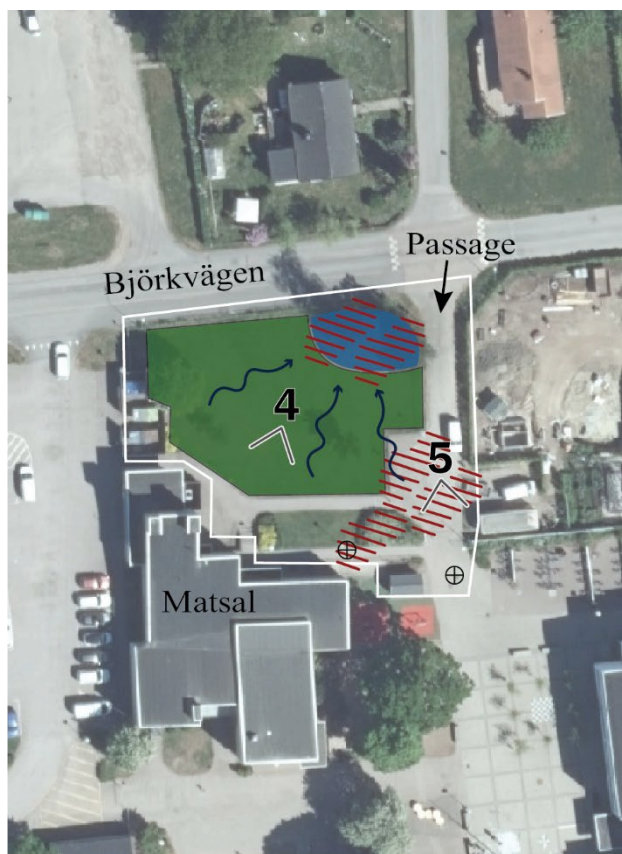
Område 1: Parkeringen består av en stor parkeringsyta i asfalt med kompletterande mindre trädplantering som avgränsar parkeringen mot körbanan i väst och mindre gräsytor som ramar in parkeringen mot Björkvägen i norr och sporthallen i söder. Den befintliga utformningen skapar översvämningsproblematiker längs den västra och södra delen där lågpunkterna är placerade. Den upphöjda täta fogen runt planteringsytorna är i betong, vilket gör det omöjligt för dagvattnet att rinna in till vegetationen och filteras ner i marken, som bild 3 visar. Risken för översvämning i område ett anses därför vara stor, med hänsyn till hur vattenvägarna från de angränsade *område 4: Idrottsplatsen*, i syd, och *område 5: Centrala skolgården*, i öst, rinner mot området.

Den stora parkeringen fyller en viktig funktion på området och bör därför bevaras, ett slutet dagvattensystem är därför att föredra. BGG-system hade tillåtit funktionen vara kvar och samtidigt skapat en effektiv och långsiktigt hållbar dagvattenhantering över området. Systemet

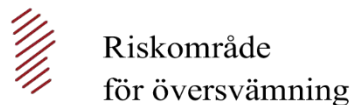
tar inte upp yta ovanför mark, vilket gör att parkeringsytan och körbanan tillåts ha samma areal efter implementering, utan att minimera antalet parkeringsplatser med hänsyn till skolan som samhällsfunktion. BGG system är ett av de dyraste systemen att anlägga, för att göra det mer kostnadseffektivt och skapa en multifunktionell lösning i område ett bör systemet därför kompletteras med träd i skelettjordar som kan bidra till välmående grönska till den stora och hårdgjorda parkeringsytan. De befintliga dagvattenbrunnarna i området kan kopplas till systemen och fungera som in- och utlopp där dagvatten leds in och renas för att sedan infiltreras i konstruktionen innan resterande vattenmängd leds till kommunala dagvattenledningar. Dagvattnet kan utnyttjas av träden i skelettjordarna, som dessutom får ett luftigt förstärkningslager med plats för växtrötter och en god källa till syre. Skelettjordarna är placerade likt de befintliga gräsytona i kanterna av parkeringen, enligt figuren ovan. Genom att anlägga trädplanteringarna med öppna fogar kan dagvatten rinna intill planteringarna och omhändertas av båda systemen.

De föreslagna dagvattenåtgärderna för *område 1: Parkeringen* kommer göra det möjligt att plantera fler träd på platsen. Skelettjordarna ger en god miljö för växtlighet att kunna etablera sig och må bra under sin livslängd. BGG systemet erbjuder detsamma med ett luftigt förstärkningslager i stor volym. Båda dagvattensystemen har en lång livslängd, vilket innebär att vegetationen som planteras kommer kunna nå adult fas. I en hårdgjord urban miljö begränsas trädens livskvalitet vilket gör att mycket växtlighet dör av uttorkning eller packning, det föreslagna dagvattenåtgärderna kommer göra det möjligt att få välmående vegetation över parkeringen trots den hårdgjorda omgivningen. Möjligheten att skapa och utöka fler växtbäddar över parkeringen kommer ge området andra rumsligheter, beroende på placering. Området kring parkeringen kan utveckla en större taktäckning och erbjuda parkerade bilar och besökare skugga under varma dagar.

5.2 Område 2: Norra entrén



TECKENFÖRKLARING



Riskområde
för översvämning

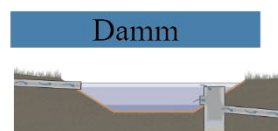


Befintlig brunn



Vattenväg

DAGVATTENLÖSNINGAR



Område 2: Norra entrén är placerat i utkanten och är en passage till och från skolområdet för elever som cyklar eller går på gatan intill i öst. Området har en större gräsyta med ett fåtal uppvuxna träd som angränsar till Björkvägen i norr och skolans matsal i söder. Den befintliga utformningen gräsytan tillåter dagvatten att infiltrera genom markytan, däremot finns det tydliga vattenvägar som rinner in från angränsande områden och skapar stora riskområden på passagen och längst Björkvägen. Bild 5 visar hur dagvattnet olägligt samlas i mitten på passagen på väg in mot skolområdet.

Den befintliga gräsytan och områdets naturliga lutning skapar möjligheter att implementera en översilningsyta. Översilningsytor är kortlivade, vilket innebär att topplagret kommer behöva bytas ut med tiden. För att komplettera det kortlivade systemet föreslås en mindre damm anläggas i ena hörnet mot Björkvägen. Dammar är effektiva på att samla upp, rena och fördröja

dagvatten. Systemet hade, i och med den föreslagna placeringen, renat dagvatten som faller på Björkvägen och därmed även bidragit till omgivande miljöer. En damm anses lämpligt eftersom det ligger avskilt från byggnader på en redan befintlig gräsyta med en naturlig lutning ifrån skolområdet där barn inte ska vistas utifrån säkerhetssynpunkt. Dammar som system behöver skuggning för att alger inte ska börja växa. Det finns ett uppvuxet träd intill dammens placering som kan bidra till skuggning av systemet, ändå bör fokus riktas mot att skapa mervärden. En möjlighet hade varit att plantera fler träd i området för att förbättra den befintliga funktionen, öka biologisk mångfald och använda området med dammen som dagvattensystem som exempel för pedagogiskt lärande i skolan.

De föreslagna dagvattenåtgärderna för *område 2: Norra entrén* syftar till att omvandla en idag obrukad yta till en värdefull plats för kunskapsutveckling. Genom att integrera två öppet synliga dagvattensystem kan *Norra entrén* utformas som en samlingsplats för elever i utbildningssyfte. Det biologiska och rekreativa värdet kommer att öka, vilket ger området en mer betydelsefull funktion än tidigare.

5.3 Område 3: Norra skolgården



Område 3: Norra skolgården är en del av elevernas skolgård med en större spelplan i konstgräs i öst som angränsar till Villagatan, och två mindre lekytor med plastmatta och sand som underlag intill spelplanen. Resterande del av området är avsmalnat med en cykelparkering intill staketet som gränsar till villor i norr och skolans största sammanhängande byggnad i syd. Det finns stora risker för översvämning över hela området, där dagvattnet rinner vidare mot *område 2: Norra entrén*. Riskområdena ligger i anslutning till skolans största byggnad och bör därför förebyggas med hjälp av olika dagvattensystem.

Den befintliga spelplanen i öst utgör en god möjlighet att implementera en översilningsyta. Översilningsytor behöver ett kompletterande avledningssystem i nära anslutning, det vill säga en damm, ett dike eller en dagvattenledning som kan samla upp och transportera bort överskottsvatten. I detta fall har översilningsytan kompletterats med ett svackdike då spelplanen är stor nog att ha ett avledningssystem som tar en större yta i anspråk, men som tillåter spelplanen att behålla sin stora utbredning. Svackdiken har ett dräneringsrör kopplat till sig med




en brunn som hindrar dagvattnet att svämma över systemet. Den befintliga brunnen som ligger i nära anslutning till det föreslagna svackdiket kan utnyttjas till detta om gestaltningen anpassas. Svackdiket leder längst staketet i norr till cykelparkeringen i väst där en permeabel yta föreslås. Cykelparkeringen visas i bild 6, där försök gjorts att etablera vegetation i mindre växtbäddar. Med hjälp av en permeabel yta kan vegetation återplanteras samtidigt som risken för översvämning kring cykelparkeringen och närliggande bebyggelse i norr minskar. Den permeabla ytan fortsätter längst med skolans fasad i öst, där ytterligare riskområden återfinns. Det är viktigt att poängtera att permeabla ytor inte är långlivade, slitlagret kommer därför behöva bytas ut för att förhindra igensättning. För tillgänglighetens skull, med hänsyn till elever som cyklar till skolan samt utryckningsfordon, har permeabla ytor inte föreslagits över hela området.

De föreslagna dagvattenåtgärderna för *område 3: Norra skolgården* kommer att motverka ansamlingar av dagvatten inom området samt vid skolans entré, där elever oftast rör sig. Området präglas idag av ett storskaligt och monotont uttryck, dominerat av skolbyggnaden, spelplanen och asfaltbeläggningen. Permeabla ytor är mer detaljrika och ger ett naturligt intryck som bryter av mot asfalten och minskar det storskaliga intrycket i området. Permeabla ytor ökar chansen att etablera vegetation, exempelvis kring cykelparkeringen, vilket tillför estetiska värden och förstärker den småskaliga känslan ytterligare med buskar och klätterväxter.

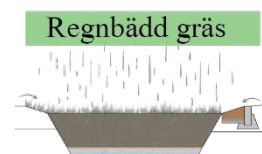
5.4 Område 4: Idrottsplatsen



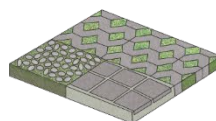
TECKENFÖRKLARING

-  Riskområde för översvämning
-  Befintlig brunn
-  Vattenväg

DAGVATTENLÖSNINGAR



Permeabla ytor



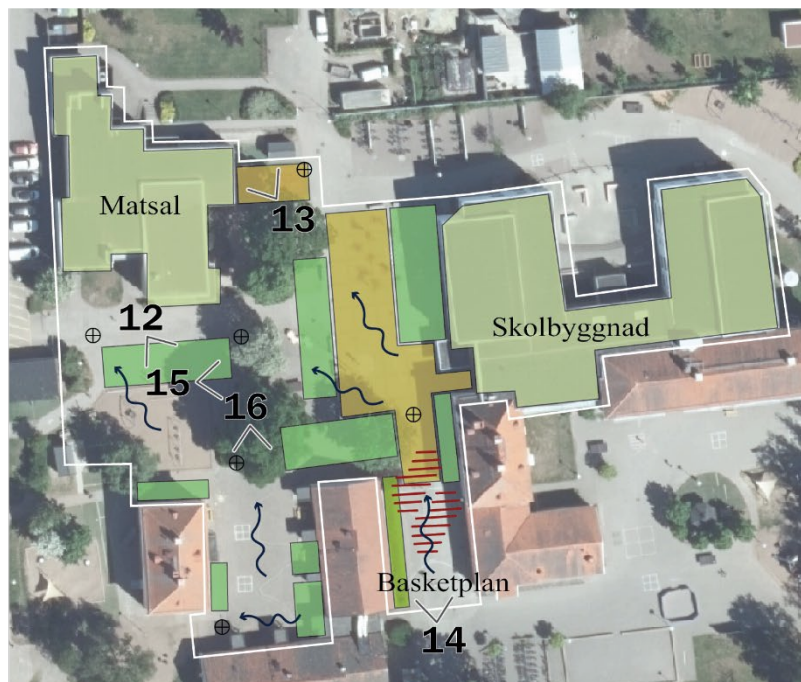
Område 4: Idrottsplatsen består av skolans sporthall i väst samt en större spelplan i syd med konstgräs och två mindre lektytor med plastmatta och sand som underlag i öst, med omgivande asfalt och ett antal större träd. Den befintliga lutningen leder mot skolans sporthall där riskområdena återfinns.

Den befintliga spelplanen gör det möjligt att implementera en översilningsyta i området, tillsammans med ett kompletterande svackdike, på samma sätt som i föregående *område 3: Norra skolgården*. Däremot har området ingen befintlig lämplig dagvattenbrunn att utnyttja som dräneringsrör till svackdiket. Möjligheten finns att överväga ett infiltrationsstråk som kan kopplas till den befintliga brunnen, som återfinns intill skolans sporthall norr om det föreslagna

svackdiket. Vidare föreslås permeabla ytor och regnbäddar med gräs till de mindre lekytorna och intill husfasaderna i öst där riskområdena är utpekade. Dessa system ska avlasta dagvattenlösningarna i området och begränsa dagvatten från att rinna intill huskroppen, samtidigt som lekvärdet i området ökar med naturliga material och mer grönska som bidrar till estetiska kvaliteter. Regnbäddar är enligt analysen kostsamma att anlägga, däremot är systemet en effektiv komponent i dagvattenhanteringen och kan bidra med estetiska kvaliteter på skolgården som i dagsläget är dominerat av hårdgjorda ytor och lite tillgång till naturliga markmaterial. När det kommer till kravet på skötsel och drift för systemet har det tidigare diskuterats att kravet beror till stor del på valet av vegetation. Regnbäddar med gräs är mindre skötselkrävande, även om möjligheten att utveckla vegetationen vidare behålls. Skolans sporthall är storskalig med ett platt tak, som bild 11 visar. Detta skapar goda möjligheter att implementera gröna tak för att utnyttja ytor multifunktionellt.

De föreslagna dagvattenåtgärderna för *område 4: Idrottsplatsen* bidrar till att öka inslaget av grönska i området. Denna åtgärd främjar inte bara den biologiska mångfalden genom att skapa bättre förutsättningar för växt- och djurliv, utan förbättrar även utemiljön för eleverna. Den ökade grönskan bidrar till en mer inbjudande och varierad lekmiljö, vilket uppmuntrar elevernas aktivitet och rekreation under raster.

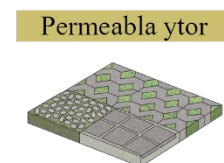
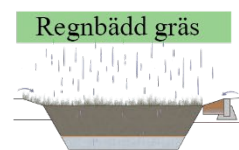
5.5 Område 5: Centrala skolgården



TECKENFÖRKLARING

-  Riskområde för översvämning
-  Befintlig brunn
-  Vattenväg

DAGVATTENLÖSNINGAR

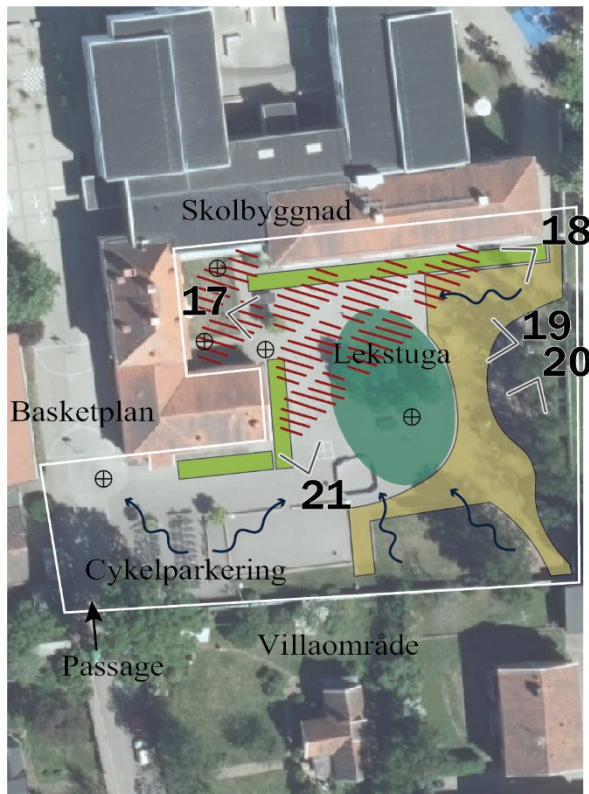


Område 5: Centrala skolgården ligger omsluten av de andra områdena, mellan skolbyggnader och utgör den större delen av skolgården. I jämförelse med de övriga områdena så har den centrala skolgården minst antal identifierade riskområden. Det betyder nödvändigtvis inte att området besitter en god befintlig dagvattenhantering. En förklaring till detta kan ha att göra med att lågpunkterna strategiskt är placerade utanför området och att den centrala skolgården ligger på en upphöjning för att inte riskera översvämningar i mitten av skolområdet. För att inte lägga dagvattenproblematiken på ett annat närliggande område bör området utvecklas med hjälp av olika dagvattenlösningar.




Det finns stora byggnader inom området, skolans matsal i norr samt skolans största sammanhängande byggnad i väst. Båda byggnaderna har platta tak, likt skolans sporthall i område 4: *Idrottsplatsen*, där gröna tak passar som dagvattenlösning. I bild 14 visas en basketplan som ligger mellan skolans två byggnader, där är även riskområden identifierade men saknar förslag på dagvattenlösningar. Detta beror ett hänsynstagande till den befintliga basketplanen, där en permeabel yta hade försämrat basketplanens funktion. Föreslagna dagvattenlösningar ligger därför längs med vattenvägarna, där permeabla ytor och regnbäddar i gräs föreslås som lämpliga dagvattensystem för området. Syftet med dessa åtgärder är att skydda husfasader mot vattenskador, med tanke på de flertalet vattenvägar som flödar genom området som främst kommer ifrån riskområdet i syd. Ett annat syfte med dessa dagvattenlösningar är att skapa en trivsammare och grönare utemiljö för eleverna på skolan och minska andelen hårdgjorda ytor.

De föreslagna dagvattenåtgärderna för område 5: *Centrala skolgården* innebär en möjlighet att skapa en mer varierad och trivsam utemiljö. Åtgärderna inkluderar införandet av permeabla ytor, vilket inte bara förbättrar dräneringen utan också bidrar till att bryta av skolgårdens nuvarande hårda och enformiga karaktär, som domineras av asfalt och stora byggnadsstrukturer. Nya inslag av grönska introduceras i form av regnbäddar. Vegetationen tillför ett mjukare och mer dynamiskt uttryck samtidigt som den gynnar den biologiska mångfalden genom att skapa nya livsmiljöer för växt- och djurliv. En grönare skolgård skapar en bättre utemiljö för eleverna, där variationen i utformningen inspirerar till lek, aktivitet och gemenskap under raster. Den *Centrala skolgården* får därmed inte bara en praktisk funktion, utan blir också en mer attraktiv och användbar del av skolans utomhusmiljö.

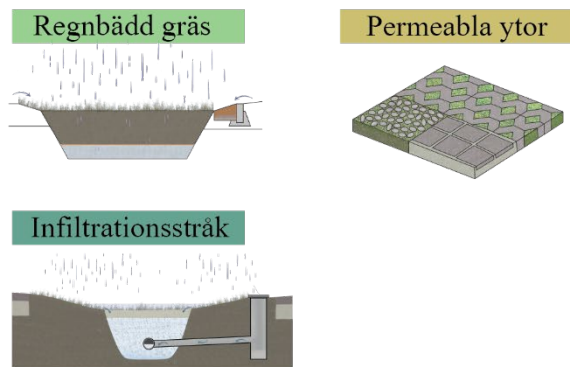
5.6 Område 6: Södra skolgården



TECKENFÖRKLARING

-  Riskområde för översvämning
-  Befintlig brunn
-  Vattenväg

DAGVATTENLÖSNINGAR



Område 6: Södra skolgården är en mindre del av skolgården och ligger i den sydöstra delen av skolområdet, angränsat till villor i syd och i öst. skolans största sammanhängande byggnad återfinns i området, tillsammans med riskområden som har en stor spridning längs husets fasader. Vattenvägarna leder mot byggnaden, där dagvattenmängder tenderar att fastna intill huskroppen med få möjligheter till naturlig infiltrering. Därför ska fokuset riktas mot att begränsa vattenvägarna för att minimera mängden dagvatten som når huskroppen.

Infiltrationsstråk är en av de mest effektiva dagvattenlösningarna. Av alla system är infiltrationsstråk mest lämpligt för den södra skolgården, men tanke på riskområdenas utbredning. Trots att infiltrationsstråk tillhör kategorin öppna system, har infiltrationsstråk ingen permanent vattenspiegel, även om vatten ansamlas temporärt på ytan under kraftiga skyfall. Den befintliga dagvattenbrunnen som ligger inom det föreslagna dagvattensystemet ska begränsa dagvattnet från att bilda en vattenspiegel. Utifrån ett säkerhetsperspektiv ska det inte finnas några problem att implementera ett infiltrationsstråk på skolgården. På bild 20 ser vi den föreslagna placeringen av infiltrationsstråket. Det finns en liten lekstuga inom området, som bör sparas och inkluderas i systemet med hänsyn till platsens funktion där leken är viktig. Infiltrationsstråket har en stor utbredning över området och bör också ha det med tanke på platsens riskområden och att skolgården består till stora delar av hårdgjorda ytor, där naturliga markmaterial kan bidra med lekkvaliteter. Som komplement föreslås även permeabla ytor och regnbäddar i gräs som lösningar. De permeabla ytorna ligger längst med problematiska vattenvägar, medan regnbäddarna säkrar upp fasaden ytterligare genom att samla in och omhänderta dagvatten som annars hade fastnat längs huskroppen. På bild 18 respektive 21 ser vi de befintliga växtbäddarna, där vegetationen är dåligt etablerad. Regnbäddar är system som ger goda möjligheter för vegetation att etableras, samtidigt som de ger skolgården ett ökat visuellt värde.

De föreslagna dagvattenåtgärderna för *område 6: Södra skolgården* kommer att omvandla området till en mer funktionell och visuellt tilltalande del av skolgården. Dagvattenlösningarna ger flera funktionella och estetiska förbättringar. Hårdgjorda ytor ersätts delvis med lösningar som bidrar till naturlig infiltration samt bidrar till grönska. Detta ger området ökade estetiska och biologiska värden med mer inbjudande karaktär, där växter som etableras i regnbäddarna tillför ett visuellt värde och skapar en mer trivsam miljö. Tillsammans säkerställer dessa åtgärder att den södra skolgården blir en mer långsiktigt hållbar, säker och attraktiv del av skolområdet.

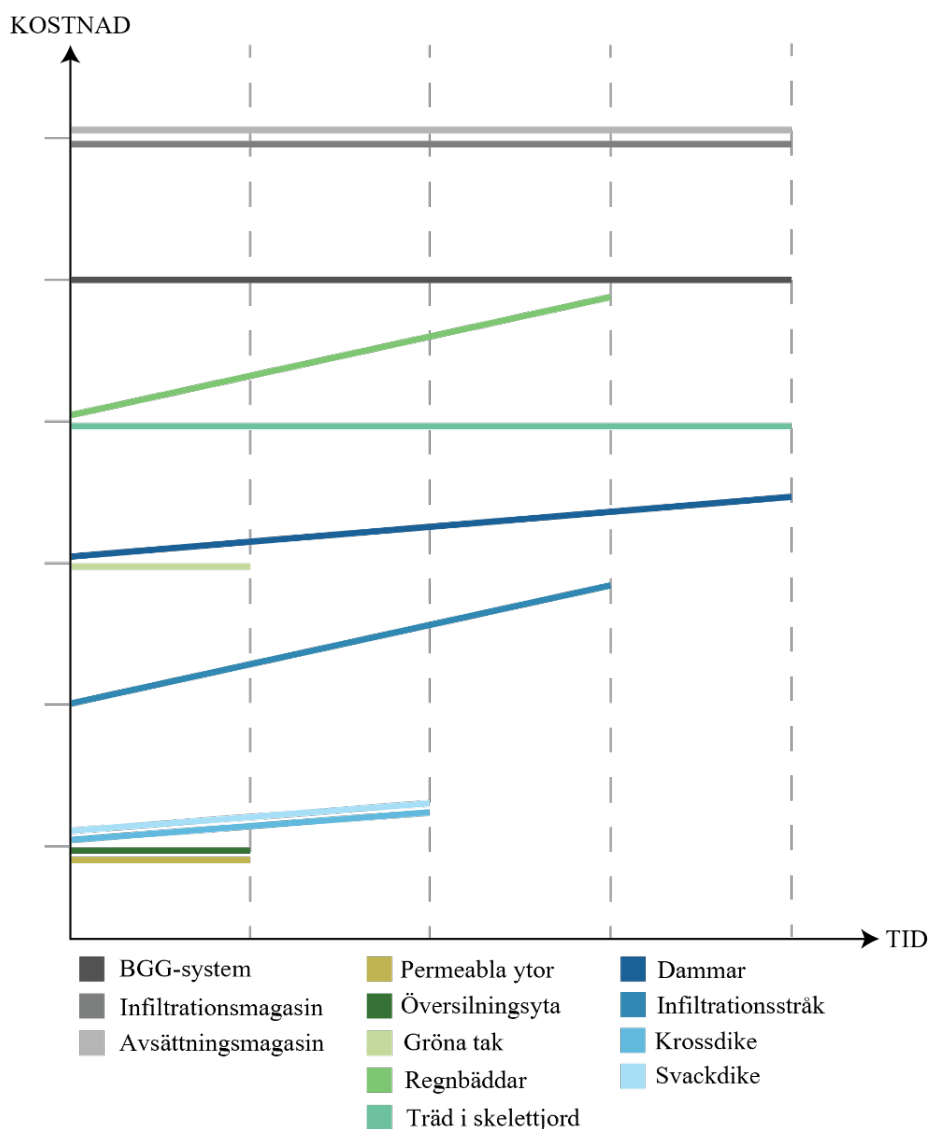
6. Diskussion

Arbetet har behandlat metoder som lämpar sig att användas i urbana miljöer för att skapa en motståndskraft till pågående och kommande klimatförändringar. Dagvattenlösningarna som tagits upp är lämpade att använda i stadsmiljö och är erkända sedan tidigare av forskning och används i olika delar av Sverige som exemplen från avsnitt 3. *Dagvattenlösningar* har visat. Det som gör systemen speciellt effektiva vid extrema skyfall är deras förmåga att återskapa naturens egen process att omhänderta dagvatten genom att samla upp, avleda, fördröja och infiltrera tillbaka vattnet i kretsloppet (Sörensen et. al, 2016). Systemens kapacitet att ta emot dagvatten avlastar de traditionella dagvattenledningarna i urbana miljöer, då dessa är begränsade i sin dimensionering att klara av extremväder som väntas i framtiden (Katarzyna Wagner & Krauze, 2015).

Traditionell samhällsbyggnad domineras av grå lösningar, exempelvis rör- och tunnelsystem för dagvatten, som är utformade för att hantera höga vattenflöden och snabbt transportera bort regnvatten från bebyggda miljöer för att undvika översvämningar. Dessa lösningar är i första hand monofunktionella, eftersom de endast hanterar ett behov, vattenavledning (Sörensen et. al, 2016). Därmed saknar grå lösningar förmågan att bidra till ekologiska eller sociala funktioner (IPCC, 2022) som är avgörande för att uppnå multifunktionalitet (Lovell & Taylor, 2013). Blågröna dagvattenlösningar är anpassade till att samla in dagvatten, skillnaden är att dessa utnyttjar regnvattnet till exempelvis bevattning av omgivande vegetation eller för att skapa vattenspeglar i utemiljöer. Dessa lösningar är grundade i naturliga processer, exempelvis infiltrering och sedimentering, vilket innebär att implementeringen av sådana lösningar i byggd miljö gör samhällen mer klimatanpassade (Katarzyna Wagner & Krauze, 2015) och kan dessutom bidra multifunktionellt med ekosystemtjänster, exempelvis temperaturreglering, vattenutjämning och vattenrening. Andra multifunktionella fördelar med blågröna lösningar att de skapar viktiga biotoper för biologisk mångfald och ger rekreativa utemiljöer till människor. Trots att grå lösningar inte bidrar till multifunktionalitet på samma sätt som blågröna lösningar (Sörensen et. al, 2016) är dessa viktiga strukturer då de är anpassade till byggd miljö och klimatrelaterade händelser, exempelvis skyfall (Depietri & McPhearson, 2017). Därmed kompletterar blå-grön-grå lösningar varandra och skapar en stark motståndskraft till framtidens extremväder.

I avsnitt 3.4 *Sammanställning*, särskiljs de slutna dagvattensystemen som mer tekniskt uppbyggda som förlitar sig mer på grå strukturer, exempelvis dräneringsrör och betongmagasin, och drar därför mindre nytta av naturliga processer, exempelvis infiltration och transpiration, i jämförelse med halvöppna och öppna dagvattenlösningar. Trots att de slutna

dagvattensystemen har liknelser med grå lösningar, nyttjas naturliga processer, exempelvis sedimentering och rening av dagvatten, men till skillnad från de andra systemen bidrar inte slutna system till att öka estetiska värden (Sörensen et. al, 2016) i och med att de är nedgrävda under mark. Argumenten för att använda slutna system är fortsatt starka, deras robusta uppbyggnad, anpassade till urbana miljöer med en långsiktig hantering av dagvatten samt låga skötselkrav gör systemen lämpliga att tillämpa. Kombinationen av olika lösningar har visat sig vara det effektivaste sättet att reducera översvämningar kopplat till skyfall (Depietri & McPhearson, 2017; Tang et. al, 2021). Genom att studera *Analys 2* från avsnitt 3.4 *Sammanställning* och plocka ut valda dagvattenlösningar som används i avsnitt 5. *Platsstudie*, kan vi se hur kombinationen av olika system kan dra nytta av varandra på Färjestadens låg- och mellanstadieskola, för att skapa fler funktioner till skolgården.



Analys 2, Kostnad över tid. Analysen visar dagvattensystem indelat utifrån kostnad (lodrät axel), tid (horisontell axel), drift- och skötselkrav där linjernas lutning visar intensiteten på systemets tillsyn, vilket ökar kostnaden på systemet med tiden. Något att ha i åtanke är att tabellen inte tar hänsyn till estetiska värden, därför kan en del system anses vara orimligt kostsamma vid första anblick, men har sina förklaringar i utformningen.

Genom att kombinera dagvattenlösningar minskas kostnaderna att genomföra separata implementeringar. Kombinationen av olika system ger en längre hållbarhet då fler dagvattensystem hjälps åt att hantera sediment och partiklar som är en vanlig orsak till att vissa lösningar, exempelvis översilningsytor eller permeabla ytor, snabbare tappar sin funktion, som vi ser i *Analys 2* ovan. BGG systemet skapar förutsättningar för andra funktioner att ta plats ovan markytan, något som gynnas platsanalysen för *Område 1: Parkeringen*, där parkeringsvolymen inte behöver kompromissas för att få till en långsiktigt hållbar dagvattenhantering. Översilningsytorna används på liknande sätt för *Område 2: Norra entrén*, *Område 3: Norra skolgården* samt *Område 4: Idrottsplatsen*. Gräsytor och spelplanerna behåller sina ursprungliga funktioner men fungerar samtidigt som dagvattenlösningar. Likaså skapar de gröna taken i *Område 4: Idrottsplatsen* och *Område 5: Centrala skolgården* en god dagvattenhantering, samtidigt som nya livsmiljöer för fåglar och insekter bildas utan att påverka dagens utformning.

I *Område 5: Centrala skolgården* samt *Område 6: Södra skolgården*, förändras gestaltningen som mest. Den nuvarande strukturen med asfaltdominerade ytor har låga drift- och skötselkrav eftersom dessa är enkla att sköta. Asfalten behöver inte rensas från ogräs, snöröjning och grusning kan ske utan hinder av flertalet materialbyten. Materialet är dessutom långsiktigt hållbar och ger släta ytor för skoleleverna att leka på, men bidrar med få funktioner. De föreslagna dagvattensystemen är genomsläppliga i naturliga material, som permeabla ytor och regnbäddar. Dessa ger utökade funktioner till skolgården genom att skapa möjligheter för både lärande och lek. Implementeringen kommer att bidra med nya livsmiljöer för pollinatörer och andra djur, där eleverna får möjlighet att studera den biologiska mångfalden på nära håll och lära sig om vikten av insekter i utomhusmiljöer. Plantering av ny vegetation som träd och buskar ger skugga och svalka under varma dagar och skapar en isolerande effekt med vindskydd under kalla dagar till skolbarnen som vistas utomhus under sina raster. Utöver att förebygga värmeöar kommer vegetationen ge Färjestadens låg- och mellanstadieskola en mer lekfull och inbjudande utomhusmiljö som främjar kreativitet, sociala interaktioner, lek och rörelse.

Dammen i *Område 2: Norra entrén*, svackdiket i *Område 3: Norra skolgården* och i *Område 4: Idrottsplatsen* samt infiltrationsstråket i *Område 6: Södra skolgården* kommer kunna användas i pedagogiskt lärande om vattnets kretslopp, undervisning om ekosystem och öka medvetenheten kring vattenhantering och ekosystemtjänster som stärker barns koppling till naturen, samtidigt som vatten blir ett lekfullt inslag i skolmiljön. Öppna dagvattensystem bidrar, liksom de andra systemen, till den biologiska mångfalden genom att skapa habitat för insekter, fåglar och andra arter. Variationen av vegetation, vatten och material kommer att göra skolgården visuellt tilltalande, inte bara för eleverna på Färjestadens låg- och mellanstadieskola utan även för skolpersonal och förbipasserande som kan njuta av skolgårdens nya funktioner där estetiska, sociala och rekreativa värden står i centrum.

Det är viktigt att poängtera att bara för att en del system i *Analys 2* visar på höga anläggningskostnader, kortsiktig livslängd eller höga drift- och skötselkrav betyder inte det att kommuner kan spara pengar genom att låta bli att implementera dagvattensystem i praktiken.

Kostnaden som uppstår efter översvämningar eller de negativa följderna av att besitta en bristande dagvatteninfrastruktur är betydligt högre i slutändan, jämfört med kostnaden att bygga och sköta om dagvattensystem. Problematiken börjar när vi inte kan beräkna oss till en kostnad för system vi i vanliga fall tar för givet, så som ekosystemtjänster och när naturen själv tar hand om dagvattnet. Därför är det viktigt att läsaren bara ser till systemen i relation till varandra och inte jämför dessa med passivitet. En annan viktig tänkvärd aspekt är att varje system bör utformas efter platsens förutsättningar, aldrig tvärt om. Implementeras ett system med brister redan från början kommer kostnaderna för systemet att öka onödigt mycket, få dåligt rykte och inte bidra till någon nytta. Därför är det betydande att ha goda kunskaper om dagvattenhantering redan innan systemen övervägs i kommunal planering. Varje plats är unik och har sina specifika möjligheter och utmaningar, det är därför dagvattensystem är anpassningsbara så att fler ska kunna nyttja dem i sin planering.

Geologiska kunskaper kring markförhållanden är något som återkommer för varje dagvattensystem, då alla system inte är lämpliga att användas på platser där marken är ogenomsläpplig och därför inte tillåter infiltration (Martínez et. al, 2021). Dagvattensystemen som har presenterats i arbetet är anpassningsbara i sin utformning beroende på den specifika platsens förutsättningar. Detta innebär att platser som visat sig ha en ogynnsam tät berggrund för magasinering kan med hjälp av systemen ändå uppnå en god vattenmagasinering med hjälp av slutna system som håller kvar vattnet där infiltrering inte är möjlig (Larm & Blecken, 2019).

Vidare har ett urval av de mest relevanta dagvattensystem tagits upp och beskrivits i arbetet med hänsyn till den valda platsen i Färjestaden, Mörbylånga kommun, med de källor som ansetts lämpliga. Beskrivningen av samtliga dagvattensystem är inte tekniskt förklarade utan övergripande konkretiserade för att ligga till grund till platsstudien. Detta gör att arbetets slutprodukt landat i en förstudie till ett designförslag. Om dagvattensystem ska implementeras i gestaltningen är det viktigt att redan i planeringsstadiet beskriva på vilket sätt systemet ska lösa dagvattenhanteringen och sätta tydliga mål för hur dessa ska fungera multifunktionellt. Lovell och Taylor (2013) tar upp styrkorna med planering och design som en strategi för att rusta sig mot klimatförändringar och råda bot på skyfallsproblematiken. Författarna förespråkar integrationen av ekologiska, ekonomiska och sociala värden för att skapa multifunktionalitet. Att sätta upp mål för multifunktionell planering och göra en prioriteringsordning är en god strategi för att skapa långsiktig hållbarhet. Exempel på mål kan vara att implementera mer grönstruktur, sänka hastigheter på vägar eller öka platsens estetiska värden. En satt budget och en tydlig beskrivning på hur drift- och underhåll ska gå till är avgörande för att nå målbilden då dagvattensystem kräver kontinuerlig tillsyn, både för att hantera dagvatten men även för att kunna bidra till estetiska kvaliteter.

Slutligen har den befintliga utformningen med materialval över Färjestadens låg- och mellanstadieskola visat en stor andel hårdgjorda ytor och mikroplastmaterial. Dessa material är inte något att förespråka, med vissa undantag för vägbanor ur tillgänglighetssynpunkt. Med den multifunktionella strategin att arbeta med grå-grön-blå lösningar, som förts fram i platsstudien, vill jag lyfta de positiva sidorna i att utveckla grönytor med hjälp av vegetation och uppmuntra

till att användningen av permeabla ytor för att hantera dagvatten på lång sikt. Däremot har den befintliga strukturen i platsstudien bevarats utifrån de funktioner som finns idag och inte kommit med förslag till omgestaltning av utan matchat dagvattensystem utefter de befintliga materialen med fokus på att infiltrera och lokalt fördröja dagvatten utifrån ett långsiktigt perspektiv. Vid en eventuell omgestaltning önskar jag se mindre hårdgjorda, miljöskadliga ytor på skolgården, alternativt permeabla materialval och andra dagvattensystem som jobbar med det naturliga kretsloppet, på samma sätt som lösningarna i platsstudien gör. Den höga efterfrågan på urbana ytor försvårar planering och arbete till klimatanpassning (Sörensen et. al, 2016). Det finns många intressen att tillgodose på varje yta, inte minst i kommunal planering. Att arbeta med multifunktionella lösningar är därför en strategisk metod att använda sig av för att tillgodose fler behov med utgångspunkt att lösa skyfallsproblem på längre sikt.

Hårdgjorda ytor och mikroplaster är exempel på material vi är vana vid att se i landskapet. Dessa material är också nödvändigt med tanke på den infrastruktur vi har och bristen på alternativa material för gummigranulat och konstgräs. Forskning har beskrivit hur hårdgjorda ytor påverkar vattnets naturliga kretslopp med utmaningarna att filtrera ner vatten i marken och den mängd föroreningar som vattnet tar upp när det rinner över sådana ytor. Nästa steg i utvecklingen bör därför vara att föra den kunskapen in i planeringen och göra det möjligt för dagvatten att på ett säkert sätt renas och infiltreras på hårdgjorda markytor, med hänvisning till vatten som livsnödvändig resurs och sannolikheten att den dyrbara resursen håller på att kosta oss dyrt i framtiden om vi inte ändrar vår syn.

När det gäller infrastrukturutveckling är det tydligt att Mörbylånga kommun har genomgått en kraftig befolkningsökning under det senaste decenniet (Ölandsbladet, 2022). Detta har lett till omfattande byggprojekt av nya bostadsområden, vilket i sin tur ökar trycket på befintliga VA-anläggningar. Behovet av upprustning och ökad kapacitet inom VA-infrastrukturen nödvändig för att klara av ökad nederbörd och skyfall, vilket förutsätter stora avsättningar för VA-organisationen. Detta är något kommunen bör ta höjd för. Långsiktig planering är avgörande för att uppnå hållbara livsmiljöer i framtiden. När det kommer till hanteringen av dagvatten är det betydande att kommunala översiktsplaner inkluderar riskanalyser för att förebygga översvämningar (SFSb, 2010:900). Detta blir särskilt viktigt med tanke på att snabbt växande städer och ökade skyfall ökar risken för översvämningar och kan leda till stora kostnader för infrastrukturåteruppbyggnad (SMHI, 2019). För att möta dessa utmaningar föreslås en övergripande hantering av dagvattenfrågan i kommunal samhällsplanering (Svenskt Vatten, 2016).

Hanteringen av dagvatten och infrastrukturutveckling i Mörbylånga kommun kräver en integrerad strategi som tar hänsyn till geologiska förutsättningar, klimatförändringar och samhällsutveckling. Det är viktigt att hitta balans mellan att säkra tillgången på dricksvatten och hantera översvämningar, samtidigt som man tar hänsyn till befolkningstillväxt och förändrade klimatförhållanden. Multifunktionella lösningar kan tillgodose fler behov och skapa mervärden på en och samma yta. En sådan strategi kräver samarbete mellan kommunen, privata aktörer och samhället i stort för att säkerställa hållbarhet och motståndskraft även i framtiden.

Referenser

- Ahlkvist, K. (2016). *Nu byggs Ryhov ut för en miljard*. Sveriges radio P4 Jönköping, 26 maj. <https://sverigesradio.se/artikel/6441142> [2024-02-02]
- Bakshpour, A.E., Dittmer, U., Haghighi, A. & Nowak, W. (2019). *Hybrid green-blue-gray decentralized urban drainage systems design, a simulation-optimization framework*. Journal of Environmental Management, 249, 109364. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109364>
- Barometern (2014). *Köpstaden svämmades över*. Barometern, 13 augusti. <https://www.barometern.se/oland/kopstaden-svammades-over/> [2024-05-14]
- Blue Green City Lab (2024). *Ohboy! blågrönt tak*. <https://demo.bluegreencitylab.se/case/ohboy-bla-gront/> [2023-11-15]
- Blue Green City Lab (2023a). *Dammar*. <https://demo.bluegreencitylab.se/system/dammar/> [2024-04-24]
- Blue Green City Lab (2023b). *Infiltrationsstråk*. <https://demo.bluegreencitylab.se/system/infiltrationsstrak/> [2024-04-26]
- Blue Green City Lab (u.å.a). *Skelettbädd*. <https://demo.bluegreencitylab.se/system/skelettbadd/> [2024-04-23]
- Blue Green City Lab (u.å.b). *Svackdike*. <https://demo.bluegreencitylab.se/system/svackdike/> [2024-04-26]
- Boverket (2023). *Ansvar för dagvatten i detaljplan*. PBL kunskapsbanken – en handbok om plan- och bygglagen. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/temadelar-detaljplan/dagvatten-i-detaljplan/ansvar-for-dagvatten-i-detaljplan/> [2024-03-25]
- Boverket (2010). *Mångfunktionella ytor: klimatanpassning av befintlig byggd miljö och tätorter genom grönstruktur*. Karlskrona: Boverket. http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/mangfunktionella_ytor.pdf [2024-06-09].
- Boverket (2020). *Plan- och bygglagen reglerar den fysiska planeringen och anger krav på byggnader och tomter*. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/arkitektur-och-gestaltad-livsmiljo/arbetsatt/skolors-miljo/mal-lagar-regler/lagar/plan-och-bygglagen/> [2024-06-11]

- Byggros (2019). *Infiltrationsmagasin*. [Reklamblad]. Byggros AB.
<https://www.byggros.com/media/dz5bguah/se-produktbeskrivning-i-mag-infiltrationsmagasin.pdf> [2024-02-02]
- Bryman, A. (2018). *Samhällsvetenskapliga metoder*. 3 uppl., Malmö: Liber.
 ISBN: 9789147112067
- Capener, C-M., Emilsson, T., Jägerhök, T., Malmberg, J., Pettersson Skog, A. (2021). *Växtbädd och vegetation*. (Grönatakhåndboken, andra utgåvan). AB Svensk Byggtjänst.
<https://gronatakhåndboken.se/pdf/>
- Depietri, Y., McPhearson, T. (2017). Integrating the Grey, Green, and Blue in Cities: Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Risk Reduction. 10.1007/978-3-319-56091-5_6.
- Hellman, F., Döse, M., Rahman, S., Schouenborg, B., Simonsen, E. (2022). *Dimensionering, bärighet och infiltration -Uppföljning av Blå-Grön-Grå (BGG) konstruktioner*. RISE.
https://www.ri.se/sites/default/files/2023-02/MUD%20-%20Dimensionering%20och%20b%C3%A4righet%202023-01-25_0.pdf
- Edge (2023). *Levande stadsrum – en handbok I Blågröngrå system*. Version 4.0, Edge.
- Ekologigruppen (2017). *Dagvattendamm i västra Lund*.
<https://www.ekologigruppen.se/projekt/forslag-pa-dagvattendamm-i-vastra-lund/>
- Engstedt, M. (2022). *Se fördelarna och undvik problemen med Gröna tak*. Förvaltarforum, 15 september. <https://forvaltarforum.se/2022/09/15/se-fordelarna-och-undvik-problemen-med-grona-tak/> [2024-02-20]
- Feltelius, V. (2020). *Flaskhalsar vid skötsel och drift av anlagda våtmarker och dammar*. VA-guiden, 8 januari. <https://vaguiden.se/2020/01/flaskhalsar-vid-skotsel-och-drift-av-anlagda-vatmarker-och-dammar/> [2023-11-15]
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (2018). *Guideline for the planning, construction and maintenance of green roofs*. Bonn: FLL
- Ghafouri, A., Weber, C. (2020). *Multifunctional Urban Spaces a Solution to Increase the Quality of Urban Life in Dense Cities*. MANZAR, 12(51), 34–45). 10.22034/manzar.2020.214183.2023
- Göteborgs stad (2021). *Göteborg när det regnar, en exempel- och inspirationsbok för god dagvattenhantering*. Göteborgs stad i samarbete med Rambøll.
https://www.samhallsbyggarna.org/media/635983/go-teborg-na-r-det-regnar-en-exempel-och-inspirationsbok-fo-r-god-dagvattenhantering_2018-04.pdf
- IPCC (2022). *Summary for Policymakers*. H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösckhe, V. Möller, A. Okem,

- B. Rama. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33.
- Kemikalieinspektionen (2023). *Försäljning av mikroplaster förbjuds*. Kemi, 5 oktober.
<https://www.kemi.se/arkiv/nyhetsarkiv/nyheter/2023-10-05-forsaljning-av-mikroplaster-forbjuds> [2024-04-18]
- Klimatanpassning (2018). *Utjämningsmagasin - kostnad och nytta*. Klimatanpassning, 20 augusti.
<https://www.klimatanpassning.se/exempel/utjamningsmagasin-kostnad-och-nytta-1.105589> [2024-04-15]
- Krauze, K., Wagner, I. (2015). *Water in the urban space and integrated urban management*. (2015:05). Sedzimir Foundation.
https://www.researchgate.net/publication/271328403_Water_in_the_urban_space_and_integrated_urban_management
- Larm, T., Blecken, G. (2019). *Utformning och dimensionering av anläggningar för rening och flödesutjämning av dagvatten*. (Rapport 2019:20). Svenskt Vatten Utveckling.
<https://www.svensktvatten.se/contentassets/c8abaf832f154888aa018c23752bf5a9/svu-920.pdf>
- Lovell, S. T. & Taylor, J. R. (2013). *Supplying urban ecosystem services through multifunctional green infrastructure in the United States*. *Landscape Ecology*, 28(8), 1447–1463.
- Miljödepartementet (2022). *Ökad beredskap för att säkerställa en robust och kontinuerlig leverans av vattentjänster*. (Kommittédirektiv 2022:127). Sveriges Riksdag.
- MSB (2023). *Metod för skyfallskartering av tätorter*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB2260 – november 2023. ISBN: 978-91-7927-435-1.
- MSB (2017). *Vägledning för skyfallskartering*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap 1121:2017. ISBN: 978-91-7383-764-4.
- Müller, A., Österlund, H., Marsalek, J., Viklander, M. (2020). *The pollution conveyed by urban runoff: A review of sources*. *Science of The Total Environment*, Volume 709; 2020.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719361212>
- Mörbylånga kommun (2023). *Dagvatten- och skyfallsplan, Mörbylånga kommun. Tematiskt tillägg till översiktsplanen*. Planavdelningen. <https://www.morbylanga.se/wp-content/uploads/2023/06/dagvatten-och-skyfallspland.pdf>
- Mörbylånga kommun (2019). *Grönstrukturplan Färjestaden. Fördjupad översiktsplan, tema gröna och blå strukturer*. <https://www.morbylanga.se/wp-content/uploads/2023/05/gronstrukturplan.pdf>
- Mörbylånga kommun (2014). *VA-plan*. Antagandehandling, Mörbylånga kommun.
<https://www.morbylanga.se/wp-content/uploads/2023/05/va-plan.pdf>

- Naturvårdsverket (2023). *Dagvatten, ansvar kring dagvatten*. Naturvårdsverket.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avlopp/dagvatten/> [2023-12-06]
- Naturvårdsverket (2022). *Miljömålen. Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2022 – Med fokus på statliga insatser*. Rapport 7033, mars 2022. Naturvårdsverket, Bromma. ISBN 978-91-620-7033-5.
- Naturvårdsverket (2024a). *Nationell strategi för tillsyn enligt miljöbalken*. Naturvårdsverket.
<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/miljobalken/nationell-strategi-for-miljobalkstillsynen/> [2024-06-15]
- Naturvårdsverket (2024b). *Hållbar dagvattenhantering*. Naturvårdsverket.
<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avlopp/hallbar-dagvattenhantering/>
[2024-06-14]
- NCC (u.å.). *Perkolationsmagasin, Jönköping*. <https://www.ncc.se/vara-projekt/perkolationsmagasin/>
[2023-12-07]
- RISE (u.å.). *Krossdike*. <https://www.ri.se/sv/klimatsakrad-stad/klimatsakrade-konstruktioner/krossdike>
[2024-03-16]
- Scandinavian green roof institute (u.å.). *Vad är gröna tak?* <https://greenroof.se/om-grona-tak/> [2024-02-02]
- SCB (2022). *Vattenanvändningen i Sverige 2020*. MI27 - Vattenuttag och vattenanvändning 2022:1. Statistiska centralbyrån.
- SFS 2010:900a. *Allmänna och enskilda intressen*. Landsbygds- och infrastrukturdepartementet SPN BB.
- SFS 2010:900b. *Översiktsplan*. Landsbygds- och infrastrukturdepartementet SPN BB.
- SFS 2006:412. *Kommunens skyldighet att ordna vattentjänster*. Klimat- och näringslivsdepartementet.
- SFS 1998:808. *Grundläggande bestämmelser för hushållning med mark- och vattenområden*. Klimat- och näringslivsdepartementet.
- SOU 2023:72. *Vattenfrågor vid planläggning och byggande. En enklare hantering av vattenfrågor vid planläggning och byggande*. Statens Offentliga Utredningar.
- SGU (2020). *Morän – spår av inlandsisen*. <https://sgu.se/om-geologi/jord/fran-istid-till-nutid/inlandsisen/moran-spar-av-inlandsisen/> [2024-04-03]
- Siegel (u.å.). *Ohboy, Malmö*. Siegel Architecture AB. <https://www.siegel.nu/home/ohboy/?cn-reloaded=1> [2024-02-15]

- SMHI (2018). *Dagvattenlösningar i Växjö, fördjupning*.
<https://www.klimatanpassning.se/exempel/dagvattenlosningar-i-vaxjo-fordjupning-1.75382>
[2024-02-13]
- SMHI (2011). *Skyfall och rotblöta*. 15 december 2023.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/skyfall-och-hagel> [2024-05-15]
- SMHI (2019). *Skyfallskartering visar på sårbara platser, fördjupning*.
<https://smhi.se/klimat/klimatanpassa-samhallet/exempel-pa-klimatanpassning/skyfallskartering-visar-pa-sarbara-platser-fordjupning-1.136156> [2024-01-23]
- SMHI (2024). *Statistik för extrema korttidsregn – skyfall*.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/skyfall-och-hagel/statistik-for-extrem-korttidsnederbord-1.159736> [2024-08-02]
- SOS Alarm (2023). *Översvämningar och vattenbrist*. SOS Alarm, 18 september.
<https://www.sosalarm.se/om-oss/pressrum/nyheter/2023/oversvamningar-och-vattenbrist/>
[2024-06-18]
- Stendahl, J. (2020). *Jordart*. SLU, 20 maj. <https://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/miljoanalys/markinfo/markprofil/jordart/> [2024-04-03]
- Stockholm Stad (2023). *Infiltrationsytor*. Miljöbarometern, 2 november.
<https://miljobarometern.stockholm.se/vatten/atgarder/infiltrationsyta/> [2024-04-15]
- Stockholm Vatten och Avfall (u.å.a). *Avsättningsmagasin*.
https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/avmag_h.pdf [2024-01-29]
- Stockholm Vatten och Avfall (u.å.b). *Infiltration i grönyta*.
https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/infigron_h.pdf [2024-04-01]
- Stockholm Vatten och Avfall (u.å.c). *Makadamdike*.
https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/md_h.pdf [2024-04-16]
- Stockholm Vatten och Avfall (2023). *Perkolutionsmagasin*. Stockholm Stad.
https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/perkmag_h.pdf [2024-01-29]
- Svenskt avlopp (u.å.). *Efterpolering dagvattenkassett*.
<https://www.svensktavlopp.se/produkter/efterpolering-dagvattenkassett/?74524515=g-created-d-48-1->

filter:JTdCJTiyZmlsdGVyJTiyOiU1QiU1RCwIMjJwcmVjZSUyMjoiN0IIMjJtaW4IMjI6MCwIMjJtYXglMjI6OTk5OTk5OTk5JTdEJTdE [2024-01-30]

Svensk markbetong (2024). *Böcker om markstensbeläggning*. <https://svenskmarkbetong.se/bocker/> [2024-02-02]

Svenskt Vatten (2016). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten*. Publikation P110, del 1, Svenskt Vatten AB. https://vav.griffel.net/filer/P110_del1_web_low_180320.pdf

Svenskt Vatten (2023). *Investeringsbehov och framtida kostnader för kommunalt vatten och avlopp*. (Rapport R2023-02). Svenskt Vatten AB. <https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/produkt/investeringsrapporten-2023/> [2024-04-01]

Svenskt Vatten (2022). *Om oss*. <https://www.svensktvatten.se/om-oss/> [2024-03-25]

Svenskt Vatten (2011). *Hållbar dag- och dränvattenhantering*. Publikation P105, Svenskt Vatten AB.

Svenskt Vatten & SMHI (2020). *Rekommendationer vid val av nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem*. PM april, 2020. Utgåva 1. https://www.svensktvatten.se/globalassets/rornat-och-klimat/klimat-och-dagvatten/svensktvatten_smhi_pm-april-2020.pdf [2024-08-02]

Sveriges miljömål (2023a). *Dagvattenhantering i befintlig bebyggelse*. Naturvårdsverket: etappmål. <https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/dagvattenhantering-i-befintlig-bebyggelse/> [2024-06-17]

Sveriges miljömål (2023b). *Uppföljning av miljömålen*. <https://sverigesmiljomal.se/sa-fungerar-arbetet-med-sveriges-miljomal/uppfoljning-av-miljomalen/> [2024-06-17]

Sweco (2012). *Design av Curb extensions i Tyresö*. Sweco Environment AB, PM. <https://vaguiden.se/wp-content/uploads/2021/07/OringevagenPMdesign-av-Curves-1.pdf> [2024-04-02]

Sörensen, J., Johansson, A., Nordgren, M., Sternudd, C., Persson, M. (2016). *Klimatanpassning mot urbana översvämningar genom transprofessionell samverkan – Adapting to flood risk in a changing climate through transprofessional cooperation*. Journal of Water Management and Research, 72. (177–185).

Tyréns (2020). *Mörbylånga skyfallsanalys*. Rapport, 292642 Tyréns. chrome-
<https://www.morbylanga.se/wp-content/uploads/2023/05/skyfallsanalys.pdf>

VA-guiden (u.å.a). *Perkolationsmagasin*. <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/perkolationsmagasin/> [2023-12-14]

VA-guiden (u.å.b). *Avsättningsmagasin*. <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/avsattningsmagasin/> [2023-12-14]

VA-guiden (u.å.c). *Översilningsyta*. <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/oversilningsyta/> [2024-03-18]

VA-guiden (u.å.d). *Nedsänkta växtbäddar*. <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/nedsankt-vaxtbadd/> [2023-12-27]

Va- guiden (u.å.e). *Regnbädd i Tyresö*. <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/nedsankt-vaxtbadd/regnbadd-i-tyreso/> [2024-03-16]

VA-guiden (u.å.f). *Träd i skelettjord*. <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/skelettjord/> [2024-04-01]

VA-guiden (u.å.g). *Träd i gatumiljö*.
<https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/skelettjord/skelettjord-till-100-arig-alle-stockholm/> [2024-04-03]

VA-guiden (u.å.h). *Svackdike i Spånga*.
<https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/svackdike/svackdike-i-spanga/> [2024-04-03]

Våtmarksguiden (u.å.). *Utformning och tekniska komponenter*.
<http://vatmarksguiden.se/projekt/utformning-och-tekniska-komponenter/> [2024-04-24]

Ölandsbladet (2022). *Ledaren: "Här är ett samhälle med växtvärk!"*. Ölandsbladet, 25 oktober.
<https://www.olandsbladet.se/ledare/ledaren-har-ar-ett-samhalle-med-vaxtvark/> [2023-11-24]

Tack

Jag vill rikta min tacksamhet till alla involverade i mitt arbete för värdefullt stöd och engagemang under min arbetsprocess. Ert stöd har inte bara varit en grundläggande del av min framgång, utan också en inspirationskälla som har gjort det möjligt för mig att utvecklas professionellt.

Till min handledare, Lisa Norfall, vill jag rikta min tacksamhet genom hennes engagemang och stöd. Lisas generositet med sin tid, hennes vilja att svara på mina frågor och hennes förmåga att problematisera och bredda mitt perspektiv har varit ovärderlig. Genom hennes vägledning och kloka tankegångar har jag inte bara fördjupat min förståelse för ämnet utan även vidgat den till ett omfattande helhetsperspektiv.

Jag vill också rikta ett särskilt tack till Mörbylånga kommun för goda samtal och ett lyckat utbyte av information. Genom deras förståelse för området kring- och utanför Färjestadens skola har jag fått en djupare insikt i de utmaningar och möjligheter som dagvattenhantering innebär. Jag är tacksam för kommunens beredvillighet att svara på mina frågor och förklara kommunens arbete och dess strukturer med praktiska exempel och förklaringar om de olika aktörerna involverade i dagvattenhantering. Mörbylånga kommun har hjälpt mig att fördjupa min förståelse för ämnet.

Likaså vill jag rikta min tacksamhet till Erik Simonsen för hans värdefulla bidrag till mitt arbete, särskilt inom området dagvattenhantering. Eriks insiktsfulla presentation om BGG-system och dess praktiska tillämpningar har varit en ögonöppnare. Likaså hans råd och rekommendationer har varit av stor betydelse för mig. Hans expertis och djupa kunskaper inom hållbar dagvattenhantering har varit en avgörande resurs i min arbetsprocess.

Slutligen vill jag tacka för den stöttning jag har fått från mina medstudenter och min familj. Era uppmuntrande ord, ert tålamod och er tro på mig har varit min styrka i stunder av osäkerhet. Ni har funnits där för att påminna mig om min egen förmåga att övervinna hinder och nå mina mål.

Med tacksamhet,
Wilma Stålhånd