

Examensarbete  
TVVR 16/5010

# Klimatanpassning mot urbana översvämningar genom transprofessionell samverkan

En fallstudie av stadsområdet  
Söderkulla i Malmö

---

Anna Johansson  
Maria Nordgren



Division of Water Resources Engineering  
Department of Building and Environmental Technology  
Lund University



# Klimatanpassning mot urbana översvämningar genom transprofessionell samverkan

En fallstudie av stadsområdet  
Söderkulla i Malmö

Av:  
Anna Johansson  
Maria Nordgren

Examensarbete  
Avdelningen för Teknisk Vattenresurslära  
Institutionen för Bygg- och Miljöteknologi  
och  
Avdelningen för Hållbar Stadsgestaltning  
Institutionen för Arkitektur och Byggd miljö  
Lunds Universitet  
Box 118  
Lund, Sverige

Water Resources Engineering  
TVVR-16/5010  
ISSN 1101-9824

Lund 2016  
[www.tvrl.lth.se](http://www.tvrl.lth.se)

Master Thesis  
Division of Water Resources Engineering  
Department of Building & Environmental Technology  
&  
Division of Sustainable Urban Design  
Department of Architecture and Built Environment  
Lund University

Swedish title: Klimatanpassning mot urbana översvämningar genom transprofessionell samverkan - en fallstudie av stadsområdet Söderkulla i Malmö

English title: Climate Adaption against Urban Flooding through transprofessional collaboration – a case study of Söderkulla in Malmö

Authors: Anna Johansson, LTH  
Maria Nordgren, LTH

Supervisor: Rolf Larsson, Water Resources Engineering, LTH

Co-supervisor: Johanna Sörensen, Water Resources Engineering, LTH  
Catharina Sternudd, Sustainable Urban Design, LTH

Examiner: Linus Zhang, Water Resources Engineering, LTH

Language: Swedish/svenska

Year: 2016

Nyckelord: Urbana översvämningar, Klimatanpassning, Multifunktionalitet, Transprofessionell samverkan

Keywords: Urban Flooding, Climate Adaption, Multifunctionality, Transprofessional collaboration



## **Förord**

Vi vill tacka våra handledare Catharina Sternudd, Johanna Sörensen och Rolf Larsson på LTH för att de har gett oss möjligheten att sammanföra våra intressen för både dagvattenhantering och stadsplanering. Ni har motiverat oss att gå en annorlunda och utvecklande väg som vi länge har varit nyfikna på. Vi vill dessutom tacka vår examinator Linus Zhang.

Tack till Sara Lerer på DTU som tidigt gav oss feedback och möjliggjorde en vidareutveckling av 3PA. Ett stort tack till Susanne Steen Kronborg på VA SYD som har försett oss med regndata, svarat på mängder av frågor som hjälpt oss att implementera visualiseringsverktyget på fallområdet. Fabian Christensson på Malmö Stads gatukontor vill vi också rikta ett tack till då han gladeligen delat med sig av information om fallområdet och inspiration vid i val av dagvattenåtgärder.

Vi vill även passa på att tacka vår kollega Jens Skoog och andra i vår närhet men framförallt vill vi tacka varandra för orubbligt stöd, många skratt och det faktum att vi lyft varandra.





## **Abstract**

Due to climate change more extreme precipitation is expected to strike the constantly growing cities around the world. Urbanization along with densification of urban areas magnifies the impact of heavy rainfall. These two processes have increased the amount of hard surfaces that prevent precipitation to naturally infiltrate, and therefore result in larger amount of surface runoff that must be diverted in order to prevent urban flooding. Conventional urban drainage are not adequate in a changing climate. New, more robust and flexible systems that mimic processes of the hydrological cycle are needed to give urban environment more resilience to urban flooding. Since there is a high demand of surfaces in urban areas, such systems must be multifunctional and integrate well. In order to create these types of systems new approaches must be found through collaboration between the different professions working within the urban arena at the early stages of the planning process.

The aim of this study is to convey the magnitude of the solutions that may be required in order to prevent urban flooding, and to explore how they can affect the urban environment. To illustrate this a case study is performed in an urban area particularly exposed to urban flooding. The purpose of the case study is to investigate what kind of climate adaption measures can be taken in an already existing urban area. It is also to propose possible solutions that could be implemented based on the prerequisites of the area itself, and to evaluate these solutions based on how much runoff they can store, and what other qualities they can bring to the urban environment.

To present the solutions mitigating efficiency against urban flooding, a visualization tool based on a conceptual model is developed. The visualization tool aims to facilitate communication and to help transprofessional work in the course of climate adaption.

The case study shows that it can be difficult to find space for larger chains of solutions for runoff detention in an already existing urban area. It is also found that areas adapted to temporarily store surface runoff can detain considerable volumes of runoff while offering multifunctionality and improving the quality of the urban environment.



## Sammanfattning

Klimatförändringen medför att allt mer frekventa och kraftiga skyfall belastar den ständigt växande staden. Urbaniseringen tillsammans med förtätningen av stadsmiljöer har lett till att sådana regn får allt större konsekvenser. Detta beror på den ökade andelen hårdgjorda ytor som hindrar nederbörd från att naturligt infiltrera. Istället bildas större volymer ytavrinning som måste ledas bort för att förhindra uppkomsten av urbana översvämningar. De traditionella dagvattensystemen är inte anpassningsbara vilket krävs i ett föränderligt klimat. Därför behövs nya, flexibla system som återskapar naturens buffringsförmåga och på så sätt ger stadsmiljön motståndskraft.

Robusta, öppna lösningar som tål varierande påfrestningar gör anspråk på markyta. För att sådana lösningar ska fungera i stadsmiljö krävs att de integreras väl och att har flera funktioner med tanke på den kamp om ytor som råder i staden. För att kunna skapa sådana lösningar krävs nya förhållningssätt och transprofessionell samverkan tidigt i planeringsprocessen.

Syftet med studien är att förmedla magnituden av de lösningar som kan krävas för att motverka urbana översvämningar i befintlig stadsmiljö, och att undersöka på vilket sätt de kan påverka stadsmiljön. För att illustrera detta har en fallstudie genomförts på ett översvänningsdrabbat stadsområde i Malmö. I fallstudien undersöks områdets möjligheter till implementering av klimatanpassningsåtgärder. Områdets förutsättningar ligger till grund för ett lösningsförslag, där lösningarna utvärderas med avseende på fördröjningsvolym och inverkan på stadsmiljön. För att redovisa lösningarnas effektivitet som skydd mot urbana översvämningar utvecklas ett visualiseringsverktyg baserat på en konceptuell modell. Verktyget syftar även till att underlätta kommunikation kring erforderliga klimatanpassningsåtgärder vid transprofessionellt arbete VA- och stadsplanerare emellan.

Fallstudien har visat att det kan vara svårt att hitta utrymme för större, sammanhängande fördröjningslösningar i en redan befäst stadsmiljö. Det har framkommit att punktinsatser i form av anlagda översvänningsytor kan erbjuda både en ansenlig fördröjningsvolym samtidigt som de kan ges fler funktioner och bidra med kvaliteter i stadsmiljön.



# Innehållsförteckning

Förord .....	iii
Abstract .....	v
Sammanfattning .....	vii
Innehållsförteckning .....	ix
Figurer .....	xii
Tabeller.....	xv
1. Inledning.....	1
1.1. Bakgrund .....	1
1.2. Syfte .....	2
1.3. Frågeställning .....	3
1.3.1. Litteraturstudie .....	3
1.3.2. Fallstudie .....	3
1.4. Metod .....	4
1.5. Avgränsningar .....	4
2. Litteraturstudie .....	5
2.1. Klimatanpassning .....	5
2.1.1. Drivkrafter .....	7
2.2. Hydrologiska cykeln .....	12
2.3. Stadens vattenbalans .....	15
2.3.1. Traditionell dagvattenhantering .....	16
2.3.2. Dimensionering av dagvattensystem.....	17
2.4. Hållbar dagvattenhantering .....	21
2.4.1. Urbana dagvattenlösningar.....	25
2.5. Hållbar stadsutveckling .....	35
2.5.1. Social hållbarhet .....	36
2.5.2. Ekologisk hållbarhet.....	38
2.5.3. Ekonomisk hållbarhet.....	40

2.5.4.	Modernistisk stadsplanering.....	40
2.5.5.	Dagens syn på hållbar stadsmiljö .....	41
2.6.	Vikten av multifunktionalitet .....	46
2.6.1.	Kampen om ytorna .....	46
2.6.2.	Three Point Approach .....	48
3.	Fallstudie .....	55
3.1.	Metod .....	55
3.1.1.	Utveckling av konceptuell modell.....	56
3.1.2.	Analysmetoder .....	61
3.1.3.	Utvärderingsmetoder .....	64
3.2.	Söderkulla.....	65
3.2.1.	Problembeskrivning .....	66
3.2.2.	Förutsättningar .....	67
3.2.3.	Implementering av konceptuell modell.....	74
3.2.4.	Analys av förutsättningar .....	78
3.2.5.	Strategi .....	89
3.2.6.	Lösningförslag .....	90
4.	Diskussion .....	109
4.1.	Lösningförslag .....	109
4.1.1.	Lösningarnas inverkan i fallområdet.....	109
4.1.2.	Den bestående risken för översvämning .....	111
4.1.3.	Övriga aspekter av effektivitet .....	112
4.1.4.	Vikten av åtgärder uppströms .....	113
4.2.	Implementering av konceptuell modell på fallområdet.....	114
4.2.1.	Vattenbalans .....	114
4.2.2.	Utvärdering av lösningarnas effektivitet.....	116
4.2.3.	Regndata.....	117
4.3.	Utveckling av konceptuell modell.....	117

4.3.1.	Tänkt användningsområde .....	117
4.3.2.	Användning inom fallstudien .....	118
4.3.3.	Återanknytning till 3PA .....	119
4.4.	Komplexitet kring klimatanpassning .....	120
5.	Slutsats .....	122
6.	Litteraturförteckning .....	124

## Figurer

Figur 1. Klimatanpassningens tre drivkrafter.....	8
Figur 2. Årsmedelnederbördens ökning mellan 1860-2015 (SMHI, 2015). ..	11
Figur 3. Den hydrologiska cykeln (Svenskt Vatten, 2013). .....	12
Figur 4. Infiltrationskapaciteten minskning med tiden (Ward & Robinson, 2000).....	14
Figur 5. Vattenbalans för gröna ytor (överst) och för hårdgjorda ytor (underst). .....	15
Figur 6. Urbaniseringens påverkan på avrinningsförloppet (Stahre, 2004). ..	16
Figur 7. Blockregnet visar regnets maximala medelintensitet för en viss varaktighet (Hernebring, 2006). .....	18
Figur 8. Intensitet-varaktighetskurvor för olika återkomsttider (Svenskt Vatten, 2016). .....	19
Figur 9. CDS-regn (Madsen, 2002). .....	20
Figur 10. Utveckling mot en mer långsiktigt hållbar dagvattenhantering (Stahre, 2004). .....	22
Figur 11. Positiva värden vid integrering av öppna dagvattenlösningar i urban miljö (Stahre, 2004). .....	22
Figur 12. Olika kategorier av öppna dagvattenlösningar (Ängelholms kommun, 2011). .....	24
Figur 13. Anlagt sedumtak (Uppsala Vatten, 2014 ). .....	25
Figur 14. Infiltration av takvatten på gräsytor (VA SYD, 2011). .....	27
Figur 15. Sektion av en regnbädd (Svenskt Vatten, 2016). .....	28
Figur 16. Regnbädd med släpp i kantstenen (Uppsala vatten, 2014). .....	29
Figur 17. Permeabel parkeringsyta med ett stabiliserande rasternät för singel (Stahre, 2008). .....	30
Figur 18. Vy över svackdike vid Vanåsgatan i Malmö (Stahre, 2008). .....	31
Figur 19. Kanal i Augustenborg, Malmö (Stahre, 2008). .....	32
Figur 20. Hårdgjord översvämningssyta utformad som en amfiteater på skolgården i Augustenborg (Stahre, 2008). .....	33
Figur 21. Damm i Augustenborg (VA SYD, 2016A). .....	34
Figur 22. Sektion över typisk Malmö-damm i närheten av bostäder (Malmö Stad, 2008). .....	35
Figur 23. Illustration av aktivitetsminskningen under det senaste seklet (Gehl Architects, 2016). .....	42
Figur 24. Gehl-analysen (Gehl Architects, 2016). .....	45
Figur 25. Konceptuell Modell av 3PA (Fratini et al., 2012). .....	50



Figur 26. Lösningens fördröjningskapacitet uttryckt i mm per regnevent visas inom 3PAs tre domäner. (Lerer et al, 2015).....	52
Figur 27. Årlig vattenbalans före och efter implementering av exempellösning .....	53
Figur 28. Principskiss över vattenbalans.....	58
Figur 29. Principskiss över framtagning av $R_{red}$ och $R_{perm}$ . .....	59
Figur 30. Principskiss över verktyget där tre översvämningsscenarioer är markerade.....	60
Figur 31. Principskiss över lösningarnas effektivitet utvärderade mot översvämningsscenarierna.....	60
Figur 32. Övergång mellan höjdmodell och flödesriktning i verktyget Flow Direction, samt kodning av riktningar (Esri, 2016).....	62
Figur 33. Förhållande mellan flödesriktning och flödes-ackumulation i verktyget Flow Accumulation (Esri, 2016).....	63
Figur 34. Princip för verktyget Stream Link (Esri, 2016).....	63
Figur 35. Princip för verktyget Stream order (Esri, 2016).....	64
Figur 36. Söderkullas läge i Malmö. Fallområdet markerat som Västra Söderkulla.....	65
Figur 37. Bilder från området kring Norra Gulsparvsgatan tagna efter skyfallet Arvid den 31 Augusti 2014 (Wahlgren, 2014).....	66
Figur 38. Angränsande områden och nyckelplatser inom fallområdet. ....	68
Figur 39. Typiska miljonprogramshus i Söderkulla.....	69
Figur 40. Vy från torget vid centrum. Vänstra bilden blickar väster ut där en GC-väg leder mot Söderkullaparken. Högra bilden blickar öster ut mot en av byggnaderna som hör till Söderkullaskolan. ....	70
Figur 41. Söderkullaparken.....	72
Figur 42. Fosietorpsparken.....	71
Figur 43. Dagvattennätet i och uppströms Söderkulla (Ramböll, 2015a). ...	73
Figur 44. Utjämningsmagasin längs dagvattennätet (Ramböll. 2015b).....	73
Figur 45. CDS-regn för Malmö, 10 års återkomsttid. ....	75
Figur 46. CDS-regn för Malmö, 100 års återkomsttid. ....	75
Figur 47. Nederbördsdata från regnmätaren vid Söderkullaskolan vid skyfallet Arvid.....	76
Figur 48. Översvämningsscenarioer för fallområdet.....	78
Figur 49. Flödesriktningar i området baserat på höjddata från altitude.se. Den gula markeringen visar områdets absoluta lågpunkt. Pilarna i figuren visar på avrinningsområdet. Fallområdet begränsas till den markerade ytan i bilden.	79
Figur 50. Lågpunktskartering utförd i ArcGIS 2010.....	80

Figur 51. Flödesackumulation framtagen i ArcGIS 2010 .....	82
Figur 52. Flödesvägar under skyfallet Arvid erhållen av VA SYD. ....	82
Figur 53. Stream Orders visar hierarkin mellan de troliga flödesvägarna. De högst rankade strömmarna syns i orange, följt av gult, grönt och blått. ....	82
Figur 54. Huvudsakliga rörelsemönster för respektive trafikslag. ....	84
Figur 55. Platser där infiltrationsstråk i parkeringsytorna föreslås. ....	91
Figur 56. En av de för åtgärd föreslagna parkeringsytorna. Miljön är sliten och i behov av upprustning, vilket ytterligare motiverar ingrepp. ....	91
Figur 57. En av de för åtgärd föreslagna parkeringsytorna. Miljön är sliten och i behov av upprustning, vilket ytterligare motiverar ingrepp. ....	92
Figur 58. Utformning av parkeringsyta som sluttar mot infiltrationsstråket. ....	93
Figur 59. Plats för åtgärder i Fosietorpsparkens norra och södra del. ....	94
Figur 60. Översvämningsyta i Fosietorpsparken. ....	95
Figur 61. Sektion över svackdikeformationen i Fosietorpsparken. ....	95
Figur 62. Aktivitetsytorna i norra delen av Fosietorpsparken. ....	97
Figur 63. Skalor efter nivåsenkningen i bollplanen. ....	97
Figur 64. På Söderkullaskolan föreslås gröna tak på samtliga skolbyggnader och en översvämningsyta på bollplanen. ....	98
Figur 65. I Söderkullaparken föreslås en översvämningsyta i bollplanen och en dagvattendamm där hundrastgården ligger idag. ....	100
Figur 66. Översvämningsyta på bollplan i Söderkullaparken. ....	101
Figur 67. Placering av växtbäddar på Norra Gulspargatan och Lövsångaregatan. ....	103
Figur 68. Sektionsriktning av regnbädd i gata (Lövsångaregatan). ....	103
Figur 69. Ny flödesväg genom bullervallen ut på Trelleborgsvägen. ....	105
Figur 70. Lösningförslagets fördröjningskapacitet. ....	106
Figur 71. Yta som utöver de föreslagna lösningarna skulle behövas för att fördröja översvämningsvolymerna som uppstår vid 370-årsscenarioet. ....	108

## **Tabeller**

Tabell 1. Fördröjningsvolym för respektive lösning .....	106
Tabell 2 - Individuella lösningars andel av total fördröjningsvolym. ....	107
Tabell 3. Ytor som lösningar för extrema händelser tar i anspråk. ....	107



# 1. Inledning

## 1.1. Bakgrund

Människan har alltid påverkat sin omgivning i strävan att förbättra sina levnadsvillkor. Drivkrafter som möjligheter till arbete, transport och service har gjort att människor samlats i de kluster som kommit att utvecklas till städer. År 2050 förväntas 70 % av jordens befolkning ha förflyttat sig till städer (FN, 2008). På grund av den pågående urbaniseringsprocessen samlas där ett stort kapital av byggnader, infrastruktur, kunskap och information, vilket gör den urbana miljön sårbar.

Urbaniseringen har tillsammans med förtätningen av stadsmiljöer påverkat naturens ursprungliga förmåga att motstå yttre påfrestningar som extrema regn. Framförallt är detta ett resultat av de hårdgjorda ytor som genom anläggning av byggnader, vägar och parkeringar har byggt bort naturens utjämningskapacitet. De hårdgjorda ytorna orsakar en modifiering av den hydrologiska cykeln då nederbörd hindras från att naturligt infiltrera och långsamt transporteras till recipient. Då infiltrationen förhindras bildas istället en större mängd ytavrinning med ett hastigt avrinningsförlopp. Denna ytavrinning måste tas om hand för att inte orsaka skada, vilket traditionellt görs genom att leda bort dagvatten genom ledningar. Sådana system kan däremot inte dimensioneras för att ta hand om hur stora regn som helst och systemens kapacitet kan därför väntas överskridas med jämna mellanrum vilket ger upphov till urbana översvämningar. Om de platser som översvämmas inte är anpassade eller förberedda för detta riskerar bebyggelse och människor att skadas.

Då nederbörden förväntas öka under det kommande seklet (Svenskt Vatten, 2011a) kommer också risken för urbana översvämningar att öka. Klimatförändringen tillsammans med urbanisering och förtätning ställer nya krav på stadsmiljöns utformning. Staden måste förberedas för att klara av den påfrestning som dessa föränderliga faktorer medför och byggas mer tålig för konsekvenserna av extrema regn, staden behöver alltså klimatanpassas.

Genom att dagvattenlösningar i befintlig stadsmiljö utformas för att efterlikna naturens egna buffringsprocesser som exempelvis infiltration och avdunstning, kan en motståndskraft återskapas.

Den traditionella, grå dagvattenhanteringen är oförmögen att göra detta och ger dessutom inga andra funktioner, kvaliteter eller vinster. Istället behövs klimatanpassningsåtgärder i form av robusta, flexibla och öppna dagvattenlösningar som kan erbjuda en större fördröjningsvolym dit vatten kan avledas vid skyfall.

Eftersom sådana blågröna lösningar är platskrävande och gör anspråk på markyta i staden ännu en ny arena där hänsyn måste tas till andra intressenter och funktioner. Den höga efterfrågan på markyta i staden resulterar i en kamp om ytorna. För att möjliggöra klimatanpassning av städer behöver därför flera funktioner kunna tillgodoseas på samma yta. Three Point Approach är ett förhållningssätt som beskriver just att de lösningar som skapas för att mildra effekter av skyfall måste ha flera funktioner och integreras väl i stadsmiljön för att vara långsiktigt hållbara. Därför förespråkas klimatanpassning genom multifunktionella ytor. För att kunna skapa lyckade multifunktionella ytor framhävs vikten av transdisciplinär kommunikation och samverkan mellan olika aktörer verksamma vid införandet av klimatanpassningsåtgärder som exempelvis VA-planerare, stadsplanerare, landskapsarkitekter, biologer, politiker och invånare, då i tidiga skeden av planeringsprocessen.

VA-planerare måste anamma ett bredare perspektiv än att endast se till den tekniska lösningen. Nya angreppssätt måste hittas för att kunna ersätta gamla, rigida och linjära metoder med innovativa, öppna och cykliska lösningar som är mer anpassningsbara till den ständigt förändrande staden. VA-planeraren måste också kunna kommunicera och samarbeta med andra professioner för att klimatanpassningsåtgärderna ska kunna bli en självklar del av stadsmiljön. Först då kan hållbar stadsutveckling äga rum.

## **1.2. Syfte**

Syftet med examensarbetet är att belysa vikten av klimatanpassning för att motverka urbana översvämningar i befintlig stadsmiljö, samt att visa på fördelarna med transprofessionell samverkan i klimatanpassningsprocessen. Behovet av nya angreppssätt för VA-planerare uppmärksammas då den ständigt förändrande staden kräver en utveckling av flexibla metoder som hanterar den urbana miljöns komplexitet.

Syftet är även att genom en fallstudie skapa förståelse för magnituden av de klimatanpassningsåtgärder som kan krävas för att motverka urbana översvämningar. För att kommunicera detta utvecklas ett visualiseringsverktyg baserat på en konceptuell modell fram med avsikten att underlätta transprofessionell kommunikation genom att visualisera effektiviteten hos planerade klimatanpassningsåtgärder. Dessutom undersöks vilka motstridigheter som kan uppstå vid planeringen av dessa åtgärder då man vill nå effektiva lösningar som inte äventyrar kvalitén på stadsmiljön.

### **1.3. Frågeställning**

Litteraturstudiens frågeställningar ämnar att skapa en kunskapsgrund för vidare undersökning av fallstudiens frågeställningar.

#### **1.3.1. Litteraturstudie**

- Varför har behovet av klimatanpassning uppstått?
- Hur kan samhället göras mindre sårbart för urbana översvämningar till följd av skyfall utan att stadsmiljön äventyras?
- Vilka kvaliteter bör prioriteras då man utför ingrepp i stadsmiljön?
- Hur skapar man lyckad multifunktionalitet med tanke på kampen om ytorna?
- Hur skapar man en synergieffekt snarare än en konkurrens mellan intressen hos VA-planerare och stadsplanerare?

#### **1.3.2. Fallstudie**

- I vilken utsträckning är det möjligt att motverka översvämningar med hjälp av öppna dagvattenlösningar i ett befintligt urbant område?
- Hur kan lösningarnas inverkan visualiseras på ett tydligt sätt för att kommunicera behovet av dem transprofessionellt?
- Hur kan dessa åtgärder utformas för att fylla flera funktioner och ge mervärde till stadsmiljön?

## 1.4. Metod

En litteraturstudie genomförs för att skapa en kunskapsbas och förståelse för ämnet och möjliggöra genomförandet av en fallstudie. Ett visualiseringsverktyg i form av en förlängning av Three Point Approach utvecklas för att användas som utvärderingsmetod av fallstudiens resultat. Fallstudien genomförs med ett induktivt arbetssätt genom att förutsättningar inom fallområdet analyseras och därefter ligger till grund för en strategi och ett lösningsförslag. För att kunna tolka och analysera fallområdets förutsättningar används bland annat programvaran ArcGIS 2010 och Jan Gehls stadsplaneringsprinciper och kvalitetskrav. I lösningsförslaget utvärderas lösningarnas effektivitet både kvantitativt, med hjälp av visualiseringsverktyget, och kvalitativt, genom resonemang baserade på Gehls kvalitetskrav. Metodiken för fallstudien beskrivs närmare i kapitel 3.

## 1.5. Avgränsningar

Följande avgränsningar görs för att begränsa studiens omfattning.

- Studien avser pluviala översvämningar i existerande urban miljö och behandlar därför inte andra former av översvämningar, klimatanpassning i nyexploateringsområden eller områden utanför stadsmiljö.
- Fallstudiens vattenbalans är en grov förenkling av verkligheten då den inte tar hänsyn till geografiska variationer inom fallområdet med avseende på infiltrationskapacitet, ledningsnätets kapacitet och uppdämning ur ledningsnätet. Enbart en regnvaraktighet beaktas.
- Inom fallstudien behandlas volymer av enskilda regnhändelser och lösningarnas effektivitet utvärderas med avseende på deras fördröjningsvolym. Andra former av effektiviteter berörs ej djupgående.
- Ekonomiska argument för eller emot olika typer av dagvattenlösningar används inte i utvärderingen av dem.



## 2. Litteraturstudie

### 2.1. Klimatanpassning

Klimatförändringar kommer på olika sätt att påverka de urbana strukturer som bygger upp våra stadsmiljöer. Temperaturökning, stigande havsnivåer och intensivare skyfall är resultat av klimatförändringar som på olika sätt kommer att utsätta samhället för påfrestningar i form av förhöjda översvämningsrisker, ökade flöden i vattendrag och erosionsskador. Klimatanpassning går ut på att skapa mer robusta och flexibla städer som bättre tål konsekvenser av klimatförändringar. Inledningsvis måste sårbara områden och system identifieras för att sedan kunna anpassas till nya förutsättningar och göras mer resilienta. Klimatanpassning är av sin natur komplex eftersom den måste planeras och genomföras ur ett holistiskt perspektiv där flera samhällsfunktioner, aktörer och sektorer måste inkluderas och samverka (Länsstyrelserna, 2012).

Bebyggelse, infrastruktur, kulturmiljöer och tekniska försörjningssystem är speciellt utsatta för klimatförändringar då de planeras för och förväntas hålla långsiktigt (Länsstyrelserna, 2012). Extrema skyfall eller andra klimathändelser i urban miljö kan få storskaliga konsekvenser eftersom viktiga samhällsfunktioner, människor och kapital centreras i städerna (Boverket, 2012). Därför är det i sektorer som styr utvecklingen av byggd miljö viktigt att driva en klimatanpassning och arbeta med en medveten och långsiktig stadsutveckling ur ett helhetsperspektiv (Länsstyrelserna, 2012).

Den fysiska planeringen är ett viktigt verktyg vid klimatanpassning. Dels eftersom den ger möjlighet att planera och bygga för en minskad klimatpåverkan, och framförallt genom att ge möjlighet att anpassa stadsmiljön och utrusta den med flexibilitet och motståndskraft mot kommande klimatförändringar. Klimatanpassning i fysisk planering handlar både om lokalisering och utformning av byggnation och infrastruktur. Vad gäller hotet från översvämningsrisker kan exempelvis kommunen styra krav på lägsta marknivå för exploatering eller förbjuda källare för att motverka att byggnationen tar skada vid översvämningsrisker. I den fysiska planeringen har man också möjlighet att samla fler ändamål i samma lösningar genom att skapa integrerade, multifunktionella lösningar i stadsmiljö. På så sätt kan också arbetet med klimatanpassning medföra att tillfälle ges för att samtidigt öka andra värden och kvaliteter i staden (Länsstyrelserna, 2012).

Enligt Länsstyrelserna (2012) har klimatanpassning av stadsmiljöer blivit en förutsättning vid kommunernas planläggning. Planläggningen regleras av plan- och bygglagen samt av miljöbalken. I plan- och bygglagens andra kapitel återfinns två paragrafer som relaterar till klimatanpassning:

**PBL 2 kap. 3 §**

Planläggning ska, med hänsyn till natur- och kulturvärden, miljö- och klimataspekter, mellankommunala och regionala förhållanden, främja en ändamålsenlig struktur och en estetiskt tilltalande utformning av bebyggelse, grönområden och kommunikationsleder, en långsiktigt god hushållning med mark, vatten, energi och råvaror samt goda miljöförhållanden i övrigt, och en god ekonomisk tillväxt och en effektiv konkurrens.

**PBL 2 kap. 5 §**

Kommunen ska vid detaljplaneläggning och i ärenden om bygglov och förhandsbesked lokalisera bebyggelse och byggnadsverk till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet, jord, berg- och grundvattenförhållandena samt risken för olyckor, översvämning och erosion.

Miljöbalkens syfte kan i sig kopplas direkt till klimatanpassning då det är att främja hållbar utveckling och en god och hälsosam miljö, inte bara för nuvarande generationer utan också för framtida generationer. Exempel på relevanta bestämmelser ur Miljöbalken:

<b>MB 1 kap. 1§</b>	Portalparagrafen
<b>MB 2 kap. 3§</b>	De allmänna hänsynsreglerna
<b>MB 2 kap. 6§</b>	Lokaliseringsregeln
<b>MB 5 kap. 1-9§§</b>	Miljö kvalitetsnormer
<b>MB 5 kap. 10-11§§</b>	Vattenkvalitetsförvaltning

(Länsstyrelserna, 2012).

Klimatanpassning med avseende på pluviala översvämningar syftar till att minska risken för, eller konsekvenserna av, urbana översvämningar. Den stora andelen hårdgjorda ytorna i städerna gör att regnvatten inte kan infiltrera utan istället snabbt når vatten- och avloppsledningsnät och recipienter. Om nederbörden ökar finns en risk att dagens kapacitet inte räcker till (Boverket, 2012). Åtgärderna har till stor del att göra med att identifiera riskområden och planera för en hållbar dagvattenhantering, det vill säga att minska ytavrinningen och att se till att vatten kan avledas till platser där det kan fördröjas utan att göra skada (Länsstyrelserna, 2012).

I arbetet med klimatanpassning spelar bevarandet av, eller återinförandet av, riskreduceringstjänster och ekosystemtjänster en central roll. Platser med riskreduceringstjänster innebär platser som har potential att hantera konsekvenser av klimatförändring naturligt och bidrar med en återhämtningsförmåga till staden, exempelvis markreserver med plats för fördröjning av dagvatten. Ekosystemtjänster innebär sådana processer som naturen självant bidrar med för en god miljö, exempelvis vattenrening, klimatutjämning och luftrening. Grönytors renande effekt på dagvatten är exempel på en ekosystemtjänst (Boverket, 2012).

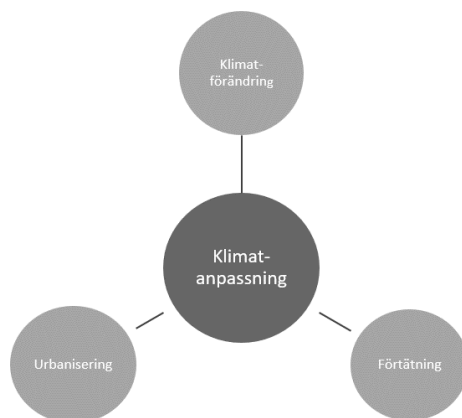
### **2.1.1. Drivkrafter**

Skador till följd av urbana översvämningar ökar (Fratini, Geldof, Kluck & Mikkelsen, 2012). Under 1900-talet inträffade nio allvarliga personsador, vid 37 tillfällen genomfördes evakueringar av personer och vid fyra av dessa tillfällen evakuerades fler än 50 personer på grund av översvämningar orsakade av stora regnmängder i Sverige (Länsstyrelserna, 2012).

Översvämningrisk innebär sannolikheten för att ett visst skyfall ska inträffa i kombination med förutsättningarna i miljön där regnet faller. En stad är sårbar och utsatt eftersom den utgörs av ett stort kapital av bebyggelse, människor och ekonomi. Ett kraftigt regn kan potentiellt skada eller förstöra det som vi människor byggt upp och koncentrerat i det urbana klustret (Fratini et al, 2012).

Behovet av klimatanpassning kan anses ha drivits fram av tre processer i synnerhet. Ansamlingen och koncentrationen av kapital motsvaras av urbaniseringsprocessen.

Den modifierade vattenbalansen och avrinningsprocessen är resultat av urbanisering i kombination med förtätning av städer. Till sist är de ökade regnmängderna en följd av klimatförändringar. Klimatanpassningens tre drivkrafter visas i Figur 1.



Figur 1. Klimatanpassningens tre drivkrafter.

### ***Urbanisering***

År 2008 bodde lika stor andel av jordens befolkning i städer som på landsbygden. Denna del väntas år 2050 ha växt till 70 % (FN, 2008) och i Europa lever hela 4/5 av befolkningen i städer (Baek Pedersen, 2009). En så snabb utvecklingsprocess planterar stora utmaningar vad gäller stadsplanering, stadsutveckling och hållbarhet (Molla, 2015).

Behovet av klimatanpassning drivs av urbaniseringen dels genom behovet av att skydda det koncentrerade kapital som staden besitter och dels på grund av effekterna av hårdgjorda ytor. Den del av översvämningsrisken som består av potentiell skada av människor och byggd miljö är både triggad av och förstörd i och med urbaniseringsprocessen. Befolkningsdensiteten är per definition kraftigt högre än vad den är på landsbygden. Den massiva inflyttningsvåg som pågått sedan industrialiseringen världen över har gett upphov till en koncentration av investeringar och anställningsmöjligheter i städer, som i sin tur gett incitament för ytterligare människor att delta i urbaniseringsprocessen. I städer koncentreras därför tillgång på utbildning, arbete, sjukvård, vatten, sanitet och transport. Eftertraktade funktioner men också sårbara system (FN, 2008).

Då staden och dess behov av infrastruktur har utvecklats har också andelen hårdgjorda ytor i form av gator, trottoarer, parkeringsplatser torg och hustak ökat. Den orörda markens förmåga att infiltrera regnvatten har på så sätt byggts bort vilket resulterat i ökad ytavrinning och större vattenvolymer som måste ha någonstans att ta vägen. Risken för plötsliga översvämningar har därför ökat och dagvatten riskerar att blir stående på platser där det kan orsaka skada eller orsaka att dagvatten blandat med avloppsvatten tränger upp i brunnar och källare på lägre belägna platser (Butler & Davies, 2004).

### ***Förtätning***

1960- och 1970-talen präglades ur stadsutvecklingssynpunkt av att nya områden byggdes till utanför stadens befintliga gräns. Till förmån för nya stadsdelar togs därför mark från landsbygden i anspråk, som många gånger var värdefull jordbruksmark (Blomberg & Burman, 1999).

För att minska exploateringen av den värdefulla landsbygden till förmån för staden började man på 1980- och 1990-talen låta städerna växa inom den befintliga stadsgränsen genom att förtäta dem. Den tätare staden har fördelar jämfört med den utspridda och storskaliga staden dels med avseende på närhet till olika servicefunktioner och andra människor, men också för att den erbjuder ökad möjlighet att transportera sig till fots eller med cykel, vilken kan innebära hållbarhetsvinster (Blomberg & Burman, 1999).

En effekt av förtätningen har dock blivit att städernas grönytor många gånger offrats till förmån för bebyggelse eftersom deras betydelse inte framhävt eller prioriterats tillräckligt. Majoriteten av den mark som mellan år 2000 och 2005 använts vid förtätningsarbeten var tidigare grönytor (SCB, 2010).

Avsaknaden av grönytor påverkar både den upplevda miljön och stadens förmåga att ta hand om dagvatten i och med att infiltrationsmöjligheterna byggs bort. Detta blir paradoxalt då den urbana miljön i takt med klimatförändringar är av allt större behov av infiltrationsytor. För att förtätning och klimatanpassning ska gå hand i hand behöver prioriteten av infiltrationsytor som grönytor höjas. I många större städer arbetar man idag enligt förtätningssprincipen och inkluderar då ofta klimatanpassningsåtgärder inom detta.

I Malmö används förtätning som tillväxtstrategi. Där har man en förtätningpolicy med motivering att utveckla staden ”som en blandad, tät och grön stad som är anpassad till gång-, cykel- och kollektivtrafik”. Detta genom att följande strategier tillämpas:

- Utnyttja stationsnära lägen och kollektivtrafikstråk
- Skapa mer blandad stad
- Omvandla trafikleder till stadsgator
- Utveckla mellanrummen, det gröna och det blå

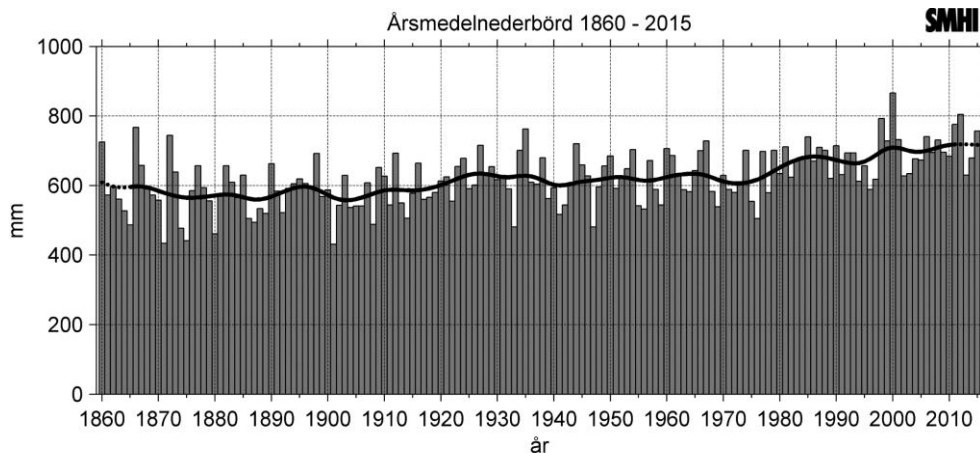
( Malmö Stadsbyggnadskontor, 2012).

### ***Klimatförändringar***

Hur extrema regn tas emot på markytan är resultat av urbanisering och förtätning. Däremot står klimatförändringarna för den delen av översvämningensrisken som motsvaras av hur stora regnmängder som väntas komma med vilken frekvens, och är därför en uppenbar drivkraft till behovet av klimatanpassning.

Ökad nederbörd är en konsekvens av ett varmare klimat då mer vattenånga kan hållas i en varmare atmosfär. Eftersom nederbörden uppstår då ångan i atmosfären kondenserar leder detta till en ökad mängd nederbörd (SMHI, 2014).

Enligt SMHIs klimatindikator för nederbörd har den årliga medelnederbörden ökat sedan år 1860 från att konsekvent ligga under 600 mm till att i princip aldrig göra det med en brytpunkt kring 1920 (SMHI, 2015), se Figur 2 på nästa sida.



Figur 2. Årsmedelnederbördens ökning mellan 1860-2015 (SMHI, 2015).

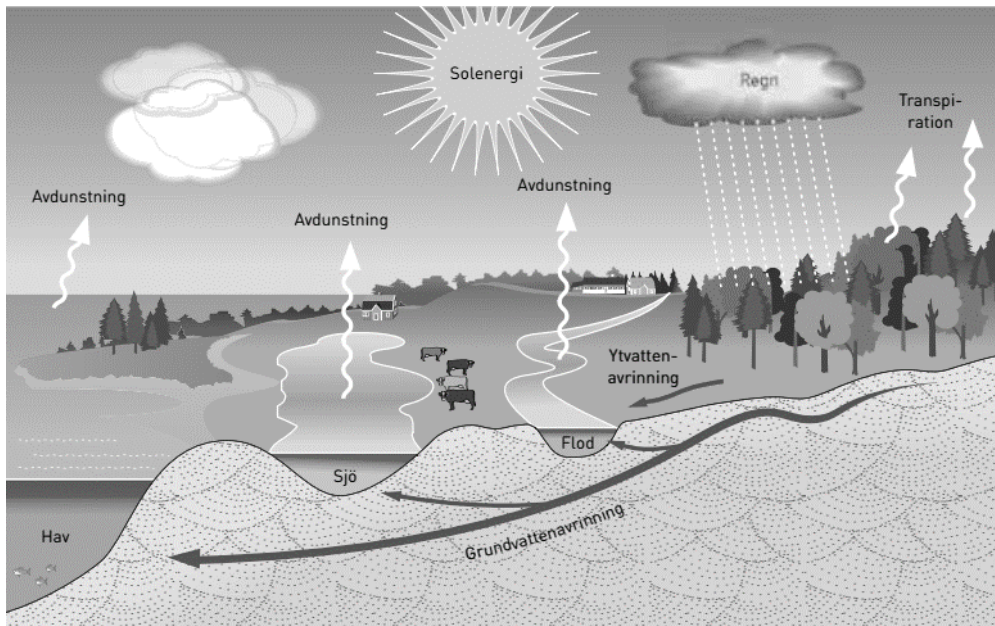
Dessutom kan en framtida ökning väntas. SMHI beräknar att årsmedelnederbörden i seklets slut kommer att vara 20-60% högre än den var 1961-1990. Ökningen väntas gälla alla årstider, dock framförallt under vintern och i norra Sverige (SMHI, 2015).

Mer specifikt än årsmedelnederbörd så väntas intensivare korttidsnederbörd vara en effekt av klimatförändringarna, det vill säga mer extrema skyfall. Det som avses är högtintensiva regn som varar i mindre än en timma. Dessa är extra problematiska i städer då skyfallen av sin karaktär ger mycket stora vattenmassor i form av avrinning på mycket kort tid som kan orsaka översvämningar då systemen inte hänger med (SMHI, 2014).

I en simulering av SMHI har skyfallens frekvens och intensitet modellerats för mitten och slutet av sekelskiftet och jämförts med data för perioden 1981-2010. Resultaten visar att 10-årsregnen kommer att vara 10 % kraftigare år 2050 och 25 % kraftigare år 2100. Detta skulle innebära att med samma frekvens som det idag uppstår skyfall som genererar 20 mm regn på en timma, skulle 25 mm regn genereras av skyfall på samma tid år 2100 (SMHI, 2014).

## 2.2. Hydrologiska cykeln

Den hydrologiska cykeln beskriver det kretslopp som skapas av vattnets kontinuerliga transport och utbyte mellan atmosfär, hav, grundvatten, organismer och olika former av vattenmassor på land. Nederbördsvattnet från regn och snö transporteras genom processerna avdunstning, transpiration, infiltration, perkolation och ytvattenavrinning (Ward & Robinson, 2000). Figur 3 visar vattnets kretslopp.



Figur 3. Den hydrologiska cykeln (Svenskt Vatten, 2013).

### **Evaporation**

Vattnets övergång från flytande form till gasform kallas evaporation. När solen överför värmeenergi till molekylerna i vattnet, stiger molekylernas energinivå tills dess att de förångas. De vattenmolekyler som inte förångas kyls istället ner, eftersom genomsnittsenergin blivit lägre. På så sätt är evaporationen naturens process för att kyla ner växter och mark. Denna process kan ske från mark och ytvatten vilket ofta avses då man pratar om just evaporation.

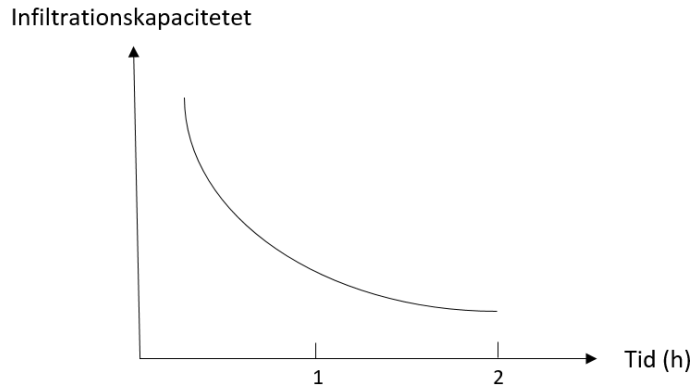


Växter tar upp vatten via rötterna i jorden och när denna vätskemängd är tillräcklig och solenergi finns tillgänglig så kallas det att växten transpirerar då blad och stammar avger vattenånga. En ytterligare form av avdunstning är interception som betyder nederbörd som inte når mark. Den avser den nederbörd som hamnar på växters blad och avdunstar direkt därifrån utan att gå igenom övriga processer, och är därför beroende av frekvent nederbörd i större utsträckning än evaporation och transpiration. Evaporation, transpiration och interception brukar slås samman i begreppet evapotranspiration (Ward & Robinson, 2000).

### ***Infiltration***

Infiltration innebär att nederbördsvatten dräneras från markytan ner i underliggande jordlager för att slutligen nå grundvattnet. Infiltrationsförmågan är beroende av markytans karaktär, exempelvis typ av vegetation och dess omfattning, jordartens förmåga att lagra vatten och kupering (Lidström, 2012). Eftersom olika jordarter har olika storlek och struktur på de mineralkorn som de är uppbyggda av varierar också deras förmåga att hålla vatten (Ward & Robinson, 2000). De hålrum som finns mellan mineralkornen, porositeten, hos olika jordarter varierar därför. För att jorden ska kunna släppa igenom vatten krävs sammanhängande hålrum, en effektiv porositet (Svensson, 1996). Hydraulisk konduktivitet är ett mått på markens genomsläpplighet, permeabiliteten, som anger den hastighet med vilken jordarten kan infiltrera vatten (Ward & Robinson, 2000).

Infiltrationskapaciteten varierar med varaktigheten och intensiteten av ett regn. Dels på grund av att marken i efterhand når en viss mättnad och dels för att regnintensiteten kan vara större än infiltrationskapaciteten. Figur 4 på nästa sida visar hur infiltrationskapaciteten för ett regnfall minskar över tid, då jorden närmar sig mättat tillstånd (Ward & Robinson, 2000).



Figur 4. Infiltrationskapaciteten minskning med tiden (Ward & Robinson, 2000).

### ***Perkolation***

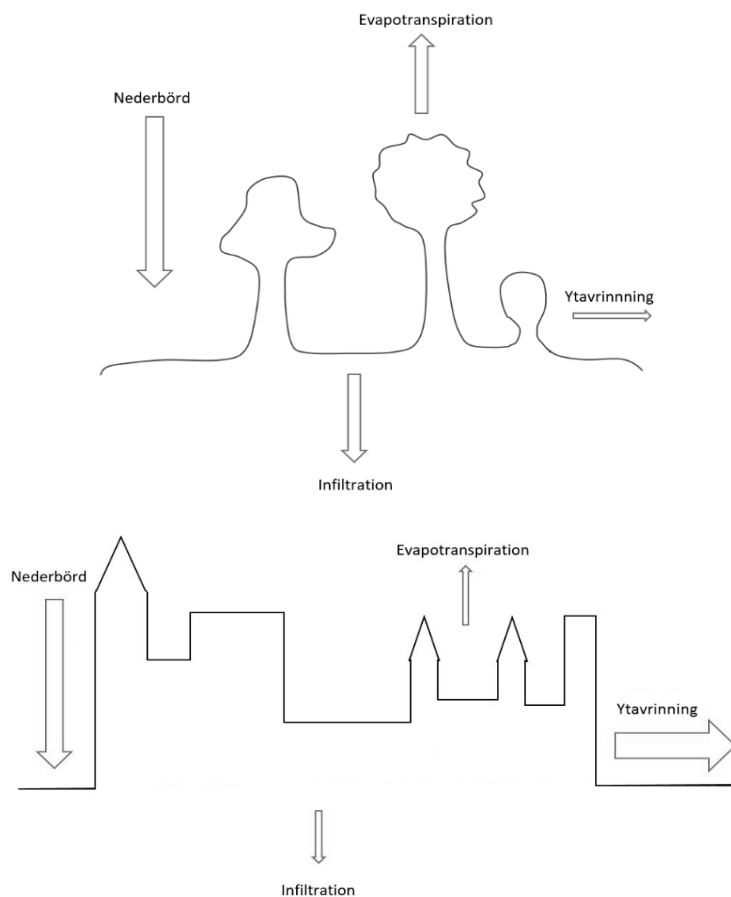
Perkolation innebär transport av vatten från omättad till mättad zon och är således den process som adderar vatten till grundvattnet. Djupet av det omättade jordlagret representeras av avståndet från markytan till grundvattenytan. Då infiltreringsmöjligheten minskar ju högre grundvattenytan står är grundvattenförhållanden avgörande för den mängd avrinning som genereras (Bengtsson, 2004).

### ***Ytavrinning***

Den del av nederbördsvattnet som inte kan eller hinner evaporera eller infiltreras av markytan rinner av och kallas ytavrinning. En hårdgjord yta som ett tak eller en asfalterad väg har en hög avrinningskoefficient då ytan inte medger infiltration av vatten och bidrar därför till ytavrinning. Skogar, odlad mark och gräsytor har en låg avrinningskoefficient då mycket lite ytavrinning bildas eftersom nästan allt vatten som faller på ytan lagras på markytan för att sedan infiltreras i jorden av mark och växtlighet. Ytavrinningen transporteras utefter markens topografi mot exempelvis infiltrationsytor, brunnar, lågpunkter, diken eller vattendrag (Lidström, 2012).

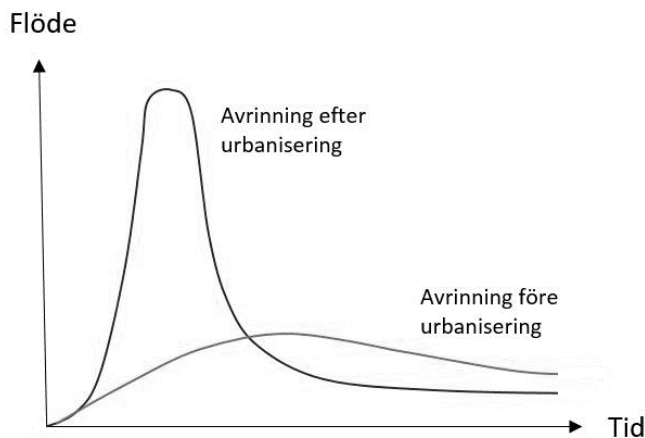
### 2.3. Stadens vattenbalans

Då människan bebygger ytor med gator, parkeringar och byggnader störs vattnets naturliga kretslopp. Hårdgjorda ytor förhindrar nederbörd från att infiltrera och på så sätt skapas en större mängd ytavrinning. Människan har således förändrat den naturliga vattenbalansen. I takt med urbaniseringen och dess bidrag till andelen hårdgjorda ytor frångår stadens vattenbalans den naturliga allt mer och risken för översvämning ökar (Butler & Davies, 2004). Pilarnas storlek i Figur 5 indikerar förändringen i mängden evaporation, infiltration och ytavrinning mellan den naturliga vattenbalansen (överst) och stadens vattenbalans (underst).



Figur 5. Vattenbalans för gröna ytor (överst) och för hårdgjorda ytor (underst).

Enligt Lidström (2012) bidrar belagda ytor inte bara till en ökad mängd ytavrinning utan även till ett hastigare avrinningsförlopp vilket dels beror på att vatten färdas fortare på en hårdgjord yta, men främst på grund av att infiltrationens fördröjningsmekanism uteblir. Detta innebär att tiden som det tar för nederbördsvatten att nå recipient minskas. Vattenvolymer rinner av på kortare tid vilket resulterar i ett högre maxflöde (Lidström, 2012). Figur 6 visar urbaniseringens påverkan på avrinningsförloppet.



Figur 6. Urbaniseringens påverkan på avrinningsförloppet (Stahre, 2004).

### 2.3.1. Traditionell dagvattenhantering

Lidström (2012) förklarar hur de första dagvattensystemen byggdes på grund av att urbaniseringen ändrade stadens vattenbalans. För att undvika översvämning till följd av en ökad ytavrinning från hårdgjorda ytor grävdes diken ämnade att snabbt leda bort dagvatten. Grävda diken blev så småningom till nedgrävda rör med utlopp i den recipient som låg närmast. Då dricksvattenförsörjningen till bostad och industri ökade i slutet av 1800-talet behövdes också en utökad avledning av avfallsvatten. För att ta hand om avfallsvattnet byggdes avloppsledningar till vilka även dagvattnet kom att ledas för att förhindra att detta rann öppet. Avloppsledningen kunde på så sätt innehålla spillvatten från hushåll, allmän verksamhet och industri, dräneringsvatten och dagvatten och benämndes därför kombinerad ledning (Lidström, 2012).

Den kombinerade spillvattenledningen leddes till en början rakt ut i recipienten men då detta förde med sig en försämrad kvalitet på vattnet så uppstod behovet att rena avloppsvattnet innan detta släpptes ut. Reningsverk började byggas i mitten av 1900-talet och problem med försämrad vattenkvalité i recipienterna avhjälpes. Vid kraftiga regn hann inte de kombinerade ledningarna och reningsverken med att rena vattnet i ledningarna. För att även förhindra översvämning i källare och på gator till följd av överbelastade ledningar, avlastades ledningssystemet genom bräddning rakt ut recipienten (Lidström, 2012).

Kraftiga flöden var inte det enda problemet som uppstod i den kombinerade ledningen. När det inte regnade uppstod problem med självrensning eftersom flödet då var för litet för att föra med sig de solida föroreningarna till reningsverket. Problemen som det varierande flödet förde med sig gjorde att dagvattnet separerades från den kombinerade spillvattenledningen på många platser runt om i Sverige under 1950-talet. Dagvattensrepareringen innebar att vattnet i dagvattenledningen kunde ledas direkt till recipienten och att endast vattnet i avloppsledningen renades i reningsverket innan det åter släpptes ut i recipienten. Ledningssystemet kom att kallas för separat system eller duplikatsystem (Lidström, 2012).

Anläggning av separerade system vid nyexploatering har skett sen 1960-talet och än idag byggs kombinerade system om till separata ledningssystem. Problem med varierande flöde i dagvattenledningen till följd av kraftiga regn finns dock fortfarande kvar och ökar i samband med klimatförändringen. Med tanke på att anläggning av ledningar även är kostsamt behövs nya metoder för att ta hand om dagvatten, då det traditionella systemet inte längre räcker till (Lidström, 2012).

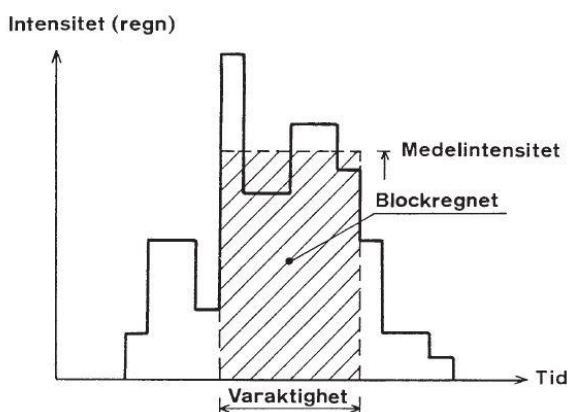
### **2.3.2. Dimensionering av dagvattensystem**

Hur ett dagvattensystem dimensioneras beror på vilken typ av område det ska anläggas i samt intensiteten hos ett regn med en dimensionerande återkomsttid. För instängda områden inom citybebyggelse dimensioneras både kombinerade och separata ledningar efter regn med 10 års återkomsttid. Återkomsttid är ett statistiskt mått som visar med vilken frekvens ett regn av en viss storlek kan förväntas inträffa, och tio års återkomsttid avser det regn som med en viss varaktighet återkommer statistiskt sett var tionde år.

För de flesta orter i Sverige finns serier med regndata tillgängligt för långa tidperioder. Efter bearbetning av sådan data kan man konstatera att det finns ett samband mellan regnets intensitet och dess varaktighet, samt mellan regnets intensitet och dess återkomsttid. Ju längre varaktighet desto lägre intensitet, och ju högre intensitet desto längre återkomsttid (Lidström, 2012).

### ***Blockregnsstatistik***

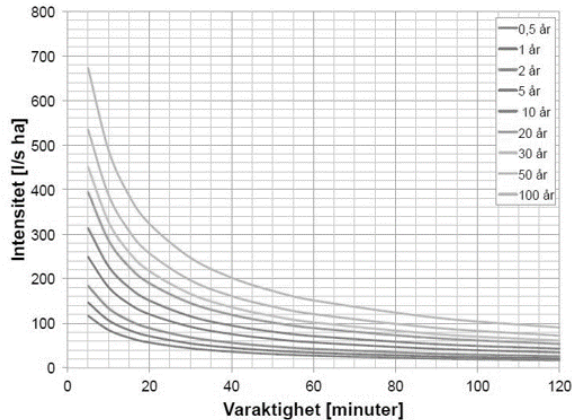
Med blockregn avses den maximala medelintensiteten för en given varaktighet under ett studerat regn vilket visas i Figur 7. Blockregnsstatistik ligger till grund för vidare framtagning av intensitets-varaktighetskurvor, där data från en eller flera olika regnmätare bearbetas för att sedan skapa de medelkurvor som återfinns i intensitet-varaktighetsdiagrammen (Svenskt Vatten, 2011a).



Figur 7. Blockregnet visar regnets maximala medelintensitet för en viss varaktighet (Hernebring, 2006).

### ***Intensitet-varaktighet***

Värden på regnintensitet för motsvarande varaktighet plottas baserat på värden ur diagramtypen intensitet-återkomsttid för valda varaktigheter. Då linjer anpassas efter punkterna bildas en intensitet-varaktighetskurva för varje studerad varaktighet. Figur 8 på nästa sida visar intensitet-varaktighetskurvor för olika återkomsttider.

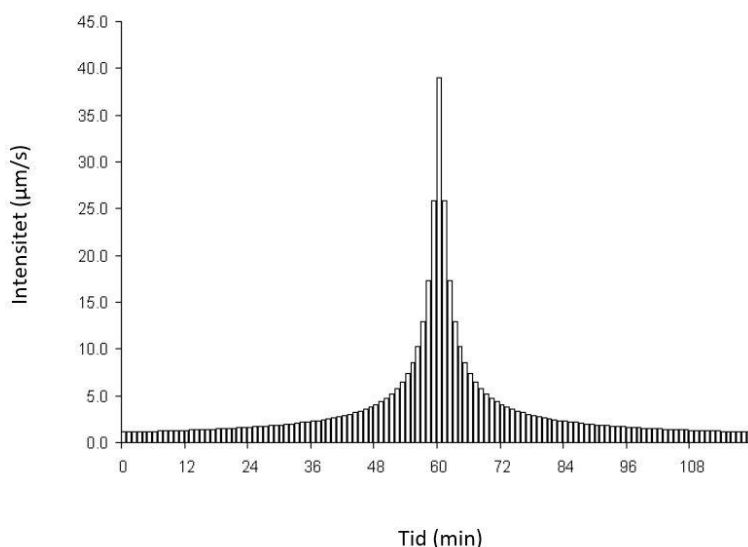


Figur 8. Intensitet-varaktighetskurvor för olika återkomsttider (Svenskt Vatten, 2016).

Någon information om regnets tidsförlopp går inte att utläsa i kurvorna som baserats på medelintensiteter för olika varaktigheter. Regnvolymer som kommer före och efter den definierade varaktigheten tas därför ingen hänsyn till. Detta blir problematiskt vid exempelvis dimensionering av utjämningsmagasin (Svenskt Vatten, 2011a).

### ***CDS-regn***

Dagvattenavrinning kan beräknas med hjälp av enskilda regnhändelser eller med hjälp av typregn. Ett typregn utgörs av en hyetograf som visar regnets intensitetsvariation med tiden. CDS-regnet (Chicago Design Storm) är exempel på ett typregn som kan användas vid dimensionering av dagvattensystem. CDS-regnet är uppbyggt av blockregn med olika varaktigheter och maximala medelintensiteter. CDS-regn skapas genom att en total varaktighet bestäms, därefter fördelas blockregnen symmetriskt kring regnets maximala intensitet som antas ske i mitten av regnet. CDS-regnet får på detta sätt en spetsig topp, med avtagande intensitet-varaktighetskurvor på var sida. Figur 9 på nästföljande sida visar ett CDS-regns uppbyggnad. Återkomsttiden för CDS-regnet bestäms med hjälp av intensitet-varaktighetskurvorna (Svenskt Vatten, 2011a).



Figur 9. CDS-regn (Madsen, 2002).

Typregnets spetsiga form gör dock att den maximala intensiteten är överdriven. För att kompensera för detta vid dimensionering kan med fördel en längre varaktighet väljas. Det finns dock ingen rekommendation på hur långt detta tidssteg ska vara, då detta bestäms av platsspecifika faktorer som storleken av avrinningsområdet (Svenskt Vatten, 2011a).

### ***Klimatfaktor***

Klimatförändringen förväntas föra med sig en ökad mängd nederbörd. För att de dagvattensystem som byggs idag ska ta hänsyn till den kommande ökningen läggs en säkerhetsfaktor på vid dimensionering. Denna säkerhetsfaktor kallas klimatfaktor och varierar med varaktigheten av regnet (Svensk Vatten, 2011a). För Sverige rekommenderas nederbörd med varaktighet minde än en timma en klimatfaktor på 1,25 och varaktigheter över en timma en klimatfaktor på 1,20 (Svenskt Vatten, 2016).

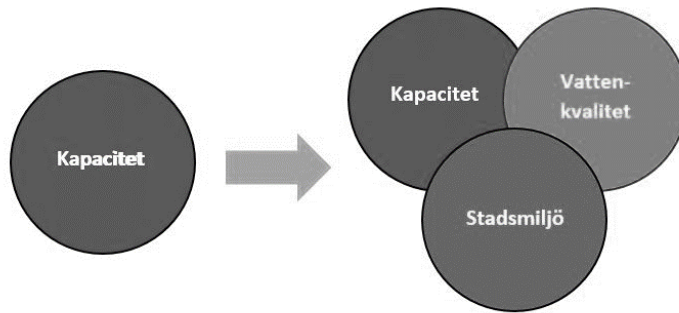


## 2.4. Hållbar dagvattenhantering

Som ett komplement till den traditionella dagvattenhanteringen har metoder för att bromsa dagvattenflödet innan det når ledningsnätet utvecklats. Metoderna bygger på att på olika sätt försöka fördröja och minska den mängd ytavrinning som bildas och på så sätt avlasta ledningsnätet. Lösningarna är inte lika kostsamma som nyanläggning av ledningar och är dessutom mer primitiva i den aspekt att de ämnar hantera dagvatten på samma sätt som naturen gör. Genom att efterlikna processerna i den hydrologiska cykeln som exempelvis infiltration och evaporation bli avrinningsförloppet längre, ytavrinningen mindre och påverkan på ledningsnätet lägre vilket resulterar i en minskad översvämningsrisk. Den öppna dagvattenhanteringen bygger på sådana metoder och har därför kommit att bli mycket viktig del av en hållbar dagvattenhantering (Stahre, 2004).

Öppen dagvattenhantering innefattar olika typer av fördröjningslösningar som är synliga vilket utesluter ledningar i mark och underjordiska magasin (Lidström, 2012). Detta betyder också att dagvattenanläggningarna blir synliga i den urbana miljön, vilket ställer krav på deras utformning och anpassning till stadsmiljön. Utomlands är denna typ av dagvattenhantering känd som Green Stormwater Infrastructure (GSI) även kallad Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) där olika infiltrationslösningar för dagvatten i form av exempelvis regnbäddar i gatan, gröna tak, svackdiken och dammar tillämpas (Larco, 2016). Water-Sensitive Urban Design (WSUD) och Best Management Practice (BMP) är andra internationella benämningar på dagvattenlösningar av samma princip (Butler & Davies, 2004).

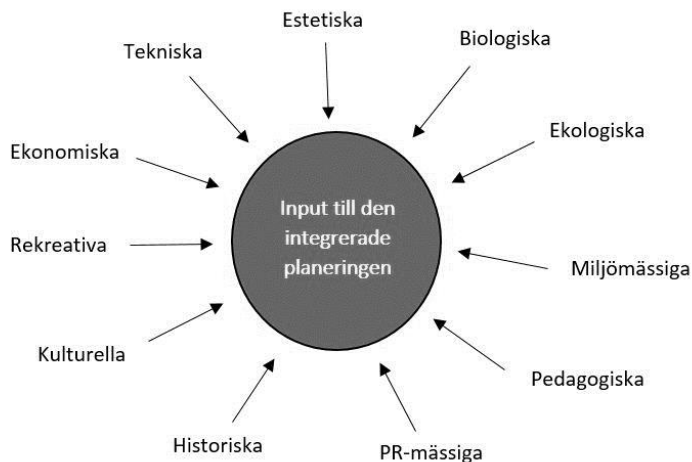
Den konventionella dagvattenhanteringen har gått från att endast tillgodose kapacitet mot en mer långsiktigt hållbar dagvattenhantering som innefattar kapacitet, vattenkvalitet och stadsmiljö, vilket illustreras i Figur 10 på nästa sida (Stahre, 2004).



Figur 10. Utveckling mot en mer långsiktig hållbar dagvattenhantering (Stahre, 2004).

### **Mervärden**

Fördelarna med en öppen dagvattenhantering är många, se Figur 11 (Stahre, 2004).



Figur 11. Positiva värden vid integrering av öppna dagvattenlösningar i urban miljö (Stahre, 2004).

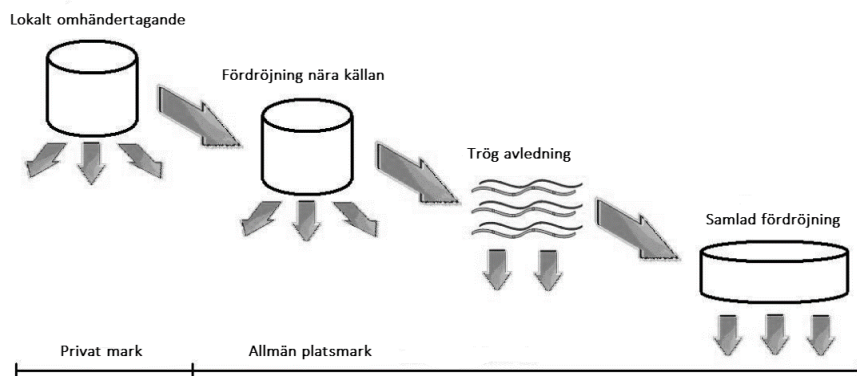
*Tekniskt värde* tillförs då olika kommunala förvaltningar som VA- och parkförvaltningen och gatukontoret får ett blågrönt komplement till de traditionella, grå lösningarna som dessutom har större kapacitet att hantera kraftiga regn. *Ekonomiskt värde* uppstår då olika förvaltningar samverkar och bidrar med varsin del vid implementering av en lösning istället för att stå för hela kostanden själv, samtidigt som lösningarna i sig självt är mindre kostsamma.

*Miljömässiga värden* innebär att dagvattenlösningarna renar nederbörd och ytavrinning, vilket minskar föroreningsbelastningen på stadsmiljön. *PR-värde* skapas då kommunen visar att de ligger i framkant till hållbarhet. *Biologiskt och ekologisk värde* handlar om att de öppna lösningarna ökar den biologiska mångfalden i stadsmiljön. *Rekreativt värde* innefattar det mervärde som ett infiltrationsstråk längsmed en gång- och cykelväg eller regnbäddar i gatan får för den fysiska aktiviteten i kommunen. *Historisk och kulturellt värde* innebär att lösningen lyfter fram hur stadsmiljön såg ut innan urbaniseringen. *Eстетiskt värde* uppstår då dagvattenlösningen uppfattas som tilltalande av stadsinvånarna. Det *Pedagogiska värdet* skapas då dagvattenlösningen kan användas för att sprida kunskap om vattnet och människans inverkan på dess kretslopp (Stahre, 2004).

### ***Kategorisering av öppen dagvattenhantering***

Effekten av de öppna dagvattenlösningarna blir störst då de placeras där de gör mest nytta i avrinningssystemet. Genom att placera lösningarna så nära källan som möjligt lämnas nederbördsvattnet snabbt tillbaka till den hydrologiska cykeln, vilket gör att den naturliga vattenbalansen inte rubbas i lika hög utsträckning (Lidström, 2012). Lösningar som fungerar på detta sätt kallas LOD-lösningar och står för lokalt omhändertagande av dagvatten. LOD är dock ett begrepp som bör användas med försiktighet då det kan misstolkas som att allt dagvattnet tas om hand lokalt och därför inte kräver anslutning till det konventionella ledningsnätet (Svenskt Vatten, 2011b).

Enligt Stahre (2004) kan den öppna dagvattenavledningen delas in i fyra kategorier. Indelningen är baserad på om dagvattenlösningen är placerad i början (invid källan) eller i slutet av avrinningskedjan samt om den är placerad på privat eller allmän platsmark, se Figur 12 på nästa sida.



Figur 12. Olika kategorier av öppna dagvattenlösningar (Ängelholms kommun, 2011).

### ***Lokalt omhändertagande***

Lokalt omhändertagande av vatten (LOD) innebär att regnvatten tas om hand där det faller och inom denna kategori sker omhändertagandet på privat mark. Genom infiltration på gräsytor, stenfyllningar och genom andra permeabla beläggningar fördröjs och minskas dagvattenflödet innan avledning. Gröna tak, dammar och regnvattenuppsamling för exempelvis bevattning klassas också som en LOD-lösning i denna kategori (Stahre, 2004).

### ***Fördröjning nära källan***

Kategorin för fördröjning nära källan inkluderar de lösningar som finns i LOD-kategorin men istället för att dagvattenhanteringen sker på privat mark så sker den på offentlig platsmark. Till kategorin faller även dagvattenlösningar som anlagda översvämningssytor, diken, dammar och våtmarker. Dagvattenlösningar placerade nära källan återfinns högt upp i avrinningsområdet vilket innebär att om nederbörd inte infiltrerat eller lämnat systemet på annat sätt så kan det rinna nedströms till andra öppna dagvattenlösningar eller vidare till det traditionella dagvattensystemet (Stahre, 2004).

### ***Trög avledning***

Trög avledning innebär en långsam avledning av dagvatten i öppna system som svackdiken, kanaler, bäckar och diken. Dagvattenavledningen sker på allmän platsmark och leder från de övre till de lägre delarna av avrinningsområdet (Stahre, 2004).

### ***Samlad fördröjning***

I de nedre delarna av avrinningsområdet verkar kategorin för den samlade fördröjningen. Här fördröjs dagvattnet tillfälligt i dammar, våtmarker, sjöar och andra översvämningssytor på offentlig platsmark innan det släpps vidare till ledningsnätet (Stahre, 2004).

#### **2.4.1. Urbana dagvattenlösningar**

Som framgår av indelningen enligt Stahre (2004) kan en dagvattenlösning ingå i flera av de ovan beskrivna kategorierna.

### ***Gröna tak***

Nederbördsvatten kan fördröjas genom magasinering i gröna tak vilket minskar ytavrinningen jämfört med vad ett hårdgjort tak skulle ha bidragit med. Fördröjningen gör att vattnet både kan avdunsta från vegetationstäckets interception och tillgodogöras i vegetationens fotosyntes för att sedan transpireras. Vegetationstäckets innehåller olika sedumarter som taklök-, fetblad- och fetknoppsväxter. De gröna taken kan också bestå av en mossblandning och kallas då moss-sedumtak (Stare, 2004). Figur 13 visar en del av ett anlagt sedumtak.



Figur 13. Anlagt sedumtak (Uppsala Vatten, 2014).

Den schematiska uppbyggnaden av ett grönt tak börjar utifrån och in med att sedumväxterna planteras i en mineraljord ovanpå en filterduk med ett dräneringslager under. Dessa lager placeras på takets tätskikt (Lidstöm, 2012). Enligt SBUF (2013) bör tätskiktet innehålla bitumen då det finns ämnen i bitumen som förhindrar att växttäcket rötter tränger igenom tätskiktet vilket då gör speciellt rotskydd överflödigt.

I Sverige är det vanligast att anlägga tunna tak vars växttäcke varierar mellan 30-140 mm tjockt (Svenskt Vatten, 2011b). Ett växttäcke av denna tjocklek väger omkring 50- 220 kg/m<sup>2</sup> i vattenmättat tillstånd (Scandinavian Green Roof Institute, 2016). Då traditionella takpannor har en vikt på omkring 50 kg/m<sup>2</sup> innebär gröna tak en högre last på takkonstruktionen, vilket ställer krav på att befintliga och nya byggnader är dimensionerade för den extra last som växtbädden utgör (Lidström, 2012). En viktig förutsättning för gröna tak är att lutningen på taket inte är för brant, då en för hög lutning kan medföra att växttäcket kasar på tätskiktet. För att förhindra att detta sker rekommenderas en taklutning på max 30 ° . Taklutningen bör dock inte vara för flack eftersom detta kan hindra avrinning. Minsta rekommenderade taklutning för att få tillräckligt med avrinning är 1,5 ° (SBUF, 2013). Det gröna taket beräknas kunna ta hand om 5 mm nederbördsvolym innan avrinning sker (Svenskt Vatten, 2011b).

### ***Bortkoppling av stuprör***

Avrinning från taktytor leds vanligtvis via dräneringsledningar i husgrunden som ansluter till VA-nätet. För att minska belastningen på de anslutna VA-ledningarna kan stuprören frikopplas och regnvattnet istället samlas upp eller infiltreras på en gräsyta (Svensk Vatten, 2011b).

Regnvatten kan samlas upp i stora vattentankar och används till bevattning, toalettpolning, brandsläckning eller liknande. Vid kraftiga och ihållande regn finns det dock få vattentankar med kapacitet nog för att förvara regnvattnet vilket gör att överskottsvatten från taket måste kunna avledas. Det är viktigt att avledningen av överskottsvatten sker på ett kontrollerat sätt så att fuktskador i huskonstruktionen undviks (Stahre, 2004).

Avledning av överskottsvatten från tak kan exempelvis ske genom infiltration på en vegetationsbeklädd markyta, förutsatt jorden inte är mättad. Fördelen med vegetationsbeklädd infiltrationsyta är att en del av vattnet tas upp av växterna vilket gör att en viss infiltration kan ske även om underliggande jordlager är täta (Lidström, 2012). För att dagvatten ska ges en god möjlighet att infiltrera bör gräsytnans underliggande matjordlager ha en tjocklek på minst 150 millimeter och innehålla sand och grus (Svenskt Vatten, 2011b).

För att avleda takavrinning till en gräsyta på ett säkert sätt kopplas en stuprörsutkastare till husets stuprör. Stuprörsutkastaren placeras längst ner på stuprören och är till för att skydda fasaden från vattenstänk. Under stuprörsutkastaren leds takvattnet i en impermeabel rännal av exempelvis betong som skyddar mot erosion i gräsbädden, se Figur 14 (Stahre, 2004). För att takvattnet ska kunna rinna från huset till gräsbädden krävs det att rännalen och gräsytan har en viss lutning (Svenskt Vatten 2011b).

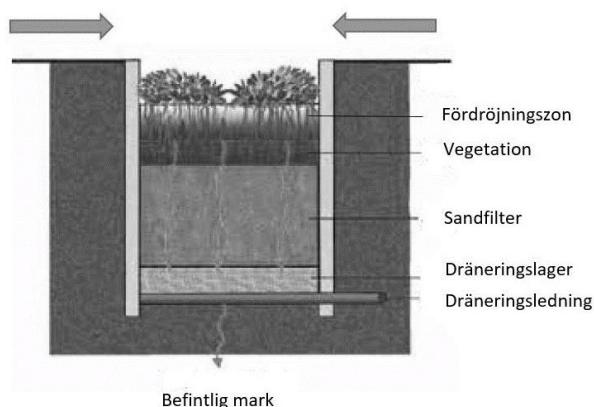


Figur 14. Infiltration av takvatten på gräsytor (VA SYD, 2011).

### ***Regnbäddar***

En regnbädd, eller en Rain Garden, utgörs av en nedsänkt vegetationsbeklädd markbädd. Genom nedsänkningen av växtbädden skapas en fördröjningszon som möjliggör längre infiltrationsstid och rening genom jord och växter. Utöver att rena vattnet tillgodogör sig växterna en del av det och ger möjlighet för vattnet att evapotranspirera.

Djupet av fördröjningszonen är beroende av vegetationstyp och om regnbädden främst ska ha en fördröjande eller renande effekt. Rekommenderat djup ligger mellan 100-300 mm och vattnet i fördröjningszonen bör vara bortdränerat inom 24-48 timmar (Fridell & Jergmo, 2015). Figur 15 visar uppbyggnaden av en regnbädd.



Figur 15. Sektion av en regnbädd (Svenskt Vatten, 2016).

Uppbyggnaden av växtbädden ser olika ut beroende på om den vilar på mark med hög permeabilitet eller ej. Består underliggande lager av genomsläppligt material kan en dräneringsledning i regnbädden bli överflödig, men någon form av avvattning vid översvämning är dock alltid behövlig. Bedöms underliggande marklager vara täta kan regnbädden dräneras till ledning och vidare till en större infiltrationsyta. Vid inloppet till nedsänkta växtbäddar bör det finnas erosionsskydd för att förhindra att markbäddens sandbaserade växtjord nöts bort samt sedimentavskiljning för att minska föroreningar som kan följa med dagvattnet (Fridell & Jergmo, 2015).

Regnbädden kan vara upphöjd eller nedsänkt, principen är densamma. Som upphöjd kan den exempelvis ta hand om takavrinning och som nedsänkt, ytavrinning från en gata. Om växtbädden inte är anlagd i en jordslänt utan i en gata, kan inlopp till växtbädden åstadkommas med släpp i kantstenen, se Figur 16 på nästa sida (Fridell & Jergmo, 2015).





Figur 16. Regnbädd med släpp i kantstenen (Uppsala vatten, 2014).

### ***Genomsläppliga beläggningar***

Hårdgjorda ytor kan ersättas med genomsläppliga beläggningar som har förmåga att infiltrera och tillfälligt fördröja dagvatten. Beläggningssytan kan även bistå med en avdunstning på omkring 30 %. Singel eller naturgrus med eller utan ett stabiliserande rasternät, natursten med genomsläppliga fogar, hålsten av betong och permeabel asfalt är exempel på genomsläppliga beläggningar (Stahre, 2004).

Beläggningen har ofta en underbyggnad av ett grövre material med god permeabilitet där själva fördröjningen av dagvattnet sker. Från det grövre materialet kan dagvattnet infiltrera vidare ner i marken eller avvattnas genom ett anlagt dräneringssystem (Lidström, 2012). Ofta används genomsläppliga beläggningar främst på parkeringsytor, se Figur 17 på nästa sida. Att anlägga allt för stora ytor kan vara svårt då det finns krav på flack lutning. Ytavrinningen riskerar i annat fall att ansamlas i lågpunkter där beläggningen kan sättas igen (Stahre, 2004).

Föroreningar är en annan faktor som kan bidra till att den permeabla beläggningen sätter igen och därmed förlorar sin funktion. Ytterligare begränsningar är att trafiken som kör på den permeabla beläggningen inte får vara för tung eftersom spårbildning i genomsläpplig asfalt kan uppstå till följd av för hög belastning (Stahre, 2004). Finkornigt material från trafik som packas ner i hålrummen hos beläggningen kan leda till igensättning som förhindrar infiltration (Svenskt Vatten, 2011b). Mer underhåll kan krävas jämfört med en hårdgjord yta vilket kan bidra till att ytorna bortprioriteras (Stahre, 2004).



Figur 17. Permeabel parkeringsyta med ett stabiliserande rasternät för singel (Stahre, 2008).

### ***Perkolationsmagasin***

Ett perkolationsmagasin avser ett nedgrävt magasin bestående av grovt stenmaterial så som exempelvis singel eller makadam. Magasineringsvolymen utgörs av stenmaterialets porvolym. Magasinet töms antingen genom anlagd dränering eller genom att vattnet perkolerar ut i kringliggande marklager. För att säkerställa magasinets funktion är det viktigt att vid anläggning säkerställa att grundvattenytan inte går upp i fyllningsmassorna. Då lösningen implementeras i finkorniga jordar kan perkolationen till undre jordlager väntas vara mycket liten. Med tiden finns en risk för att fyllningsmassorna täpps igen, antingen av jord som tränger in från kringliggande jordlager eller av sediment som följer med dagvattnet ner i magasinet och sätter igen porvolymen. Detta kan motverkas genom användning av fiberduk, men man bör räkna med att magasinet har några decenniers livstid (Stahre, 2004).

### ***Svackdiken***

Ett svackdike är ett grunt, öppet avvattningsstråk med flack lutning. Det kan tjäna både som infiltrationsyta och en form av trög avledning. Svackdiken anläggs ofta längsmed hårdgjorda ytor som gator och parkeringsytor för att kunna avvatta dessa. Ytavrinningen från de hårdgjorda ytorna rinner genom självfall ner i svackdiket och tillåts där infiltrera, se Figur 18 på nästa sida. Svackdiken kan ofta hantera en stor del av den anslutna ytavrinningen utan att vatten blir stående. Ett eventuellt överskott kan då dräneras i dikets nedströms liggande del. Svackdiken kan också anläggas för att skapa öppna flödesvägar för dagvatten för att ersätta rörledningar på vissa sträckor, exempelvis genom parker eller andra grönytor (Stahre, 2004).



Figur 18. Vy över svackdike vid Vanåsgatan i Malmö (Stahre, 2008).

Svackdiken utformas med svag lutning. Enligt Svenskt Vattens publikation P105 ges typiskt släntlutningen 1:5 (Svenskt Vatten, 2011b). I vattnets flödesriktning rekommenderas en lutning på cirka 1:50 för att undvika för höga hastigheter på vattnet som kan medföra erosionsskador. Ofta är svackdiken gräsbeklädda men kan även förses med en stenbeläggning i botten där dagvatten kan magasineras innan det infiltrerar. Det finns också möjlighet att tätta svackdiket med gummiduk för att få en permanent vattenyta. Svackdiken förekommer också på helt hårdgjorda ytor och liknar då större rännilar som syftar till att avleda vattnet snarare än att infiltrera det (Stahre, 2004).

Svackdiken är fördelaktiga jämfört med rörledningar eftersom tvärsnittet tillåter en hög flödeskapacitet redan vid små vattendjup. Däremot kräver de relativt breda stråk beroende på hur stark lutning slänterna ges. I de svackdiken som anläggs som infiltrationsstråk exempelvis på parkeringsplatser placeras dräneringen med fördel en bit över dikets botten, dels för att sedimenterat material då fastnar i diket istället för att transporteras vidare i ledningarna och dels för att ge möjlighet till fördröjning och infiltration. Om ett svackdike anläggs för att avvattna en parallell hårdgjord yta är övergången ytorna emellan viktig för att lösningen ska fungera och så att ytavrinningen flödar ner i diket snarare än bredvid (Svenskt Vatten 2011b).

### ***Kanaler***

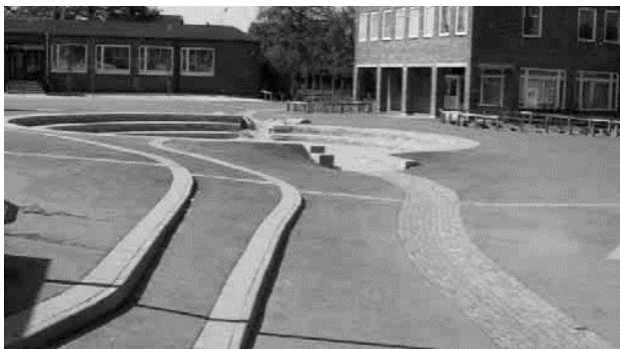
Olika typer av öppna kanaler för avledning kan vara ett alternativ till gräsbeklädda fördikningar. Dels kan det vara passande i en hårdare exploaterad miljö, men kan också användas för att profilera området och synliggöra den öppna dagvattenhanteringen. Anläggning av kanaler ställer stora krav på utformning för att inte tillgängligheten ska försämrats och för att inte bygga in olycksrisker (Stahre, 2004). Figur 19 visar en kanal i Augustenborg, Malmö.



Figur 19. Kanal i Augustenborg, Malmö (Stahre, 2008).

### ***Anlagda översvämningssytor***

Särskilda ytor som tål översvämning kan anläggas dit ytavrinning antingen leds naturligt eller där vatten från dagvattenledningen tillåts dämma upp. Ytorna är nedsänkta relativt marken runt omkring och kan anläggas både inom grönytor och på hårdgjorda ytor, då ofta i en hårdare exploaterad miljö (Stahre, 2004). Figur 20 på nästa sida visar ett exempel på en hårdgjord översvämningssyta på en skolgård i Augustenborg. Översvämningssytorna bör anläggas på platser som normalt har andra funktioner eller kan ges andra funktioner då de inte behöver användas som magasin, så som parker eller olika typer av aktivitetsytor. Genom att ytorna inte ges en permanent vattenyta tillåts denna multifunktionalitet (Svenskt Vatten, 2011b).



Figur 20. Hårdgjord översvämningsyta utformad som en amfiteater på skolgården i Augustenborg (Stahre, 2008).

Översvämningsytor anlagda på grönytor i stadsmiljö bör ha parkkaraktär och vara tillgänglig för allmänheten. Omsorg bör läggas på växtval och utformning. Slänterna bör vara så flacka att de kan köras av maskingräsklippare (Stahre, 2004).

Dränering sker genom strypt utlopp i ytans lågpunkt så snart nederbörden avtar och plats ges nedströms i systemen. Om anläggningen är stor kan diken eller rännilar användas för att leda vattnet från utlopp till intag (Svenskt Vatten, 2011b).

### ***Dammar***

Dammar kan placeras både högt upp och långt ner i avrinningsområdet och utformas efter fördröjning-, renings- eller rekreationssyfte. Dammar högre upp i avrinningsområdet placeras ofta i park- eller grönytor dels för det ofta är där utrymme ges och dels för att de ska utgöra ett naturligt och attraktivt inslag i miljön. Långt nedströms närmare recipient krävs större dammar eller sjöar för samlad fördröjning (Lidström, 2012). Figur 21 på nästa sida visar en damm i Augustenborg, Malmö.

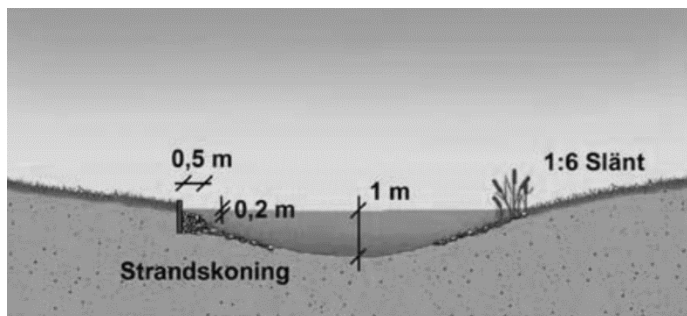


Figur 21. Damm i Augustenborg (VA SYD, 2016A).

För dammar anlagda i parkmiljö är vattenkvaliteten viktig då de ofta delvis har en rekreativ funktion som försämras om dammen har stor alg tillväxt eller på annat sätt är förorenad, eftersom det påverkar både lukt och utseende. Algtillväxt främjas av hög temperatur och dålig syresättning. För att hålla vattentemperaturen nere bör inte dammen vara för grund, och skuggande träd kan planteras kring dammen. Syresättning kan ske genom cirkulation med hjälp av pump, ett överfall eller en fontän. Förutom pump bör dammen förses med möjlighet att tillsätta kommunalt dricksvatten vid torra perioder (Svenskt Vatten, 2011b).

I Malmö Stads dagvattenstrategi från 2008 rekommenderar man att dammar i parkområdena bör ha ett maximalt djup på 1 m, flacka slänter med lutning 1:4-1:20 och att vattendjupet inte bör överskrida 0,2 m på ett avstånd på 0,5 m från kanten. Om dammen utformas så att den har ett direkt djup läggs sjösten minst 0,5 m från kanten. Detta för att motverka dolda faror. Man rekommenderar också att inget stängsel anläggs kring dammen för att göra den tillgänglig för barn som en plats för lek och rekreation (Malmö Stad, 2008). För att säkerställa en permanent vattenspiegel i dammar anlagda på jordar med lägre infiltrationshastighet än  $10^{-9}$  m/s används gummiduk i kanter och botten (Larm, 2001).

Malmö Stads dagvattenstrategi rekommenderar att dammar ska utformas enligt Figur 22.



Figur 22. Sektion över typisk Malmö-damm i närheten av bostäder (Malmö Stad, 2008).

För reningens skull bör dammen utformas med en fördjupad sektion vid utloppet där sedimenterat material kan sedimentera. Växter bör sättas in för att binda föroreningar och ta upp näring ur vattnet som annars skulle konsumerats av alger (Svenskt Vatten, 2011b). Dammen kan förväntas kräva samma underhåll som en parkmiljö (Lindström 2012).

Dammens utflöde stryps beroende på tåligheten på det dagvattensystem, bäck eller recipient som vattnet ska flöda vidare till. Inlopp och utlopp kan beroende på omgivningarna bestå av svackdiken eller rör. Cirkulationstiden bör vara ett dygn. Erhållen fördröjningsvolym blir volymen mellan högsta dämningnivå för vidare system och nivån för den permanenta vattenytan (Svenskt Vatten, 2011b).

## 2.5. Hållbar stadsutveckling

Begreppet hållbar utveckling lanserades först i Bruntlandt rapporten år 1987 och beskrevs där som ”En utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov” (Naturskyddsföreningen, 2015). Uttrycket har kommit att användas över hela världen i mängder med olika sammanhang och att applicera uttrycket på stadsutveckling och byggande av framtida städer ligger nära till hands. I litteraturen återfinns tre grundpelare vars samspel utgör ramen för hållbar utveckling, nämligen ekonomisk, ekologisk och social hållbarhet. Vikten av att ha en helhetssyn på dessa är stor då det egentligen är interaktionen mellan dem som är centralt för att åstadkomma hållbara lösningar (Jordbruksverket, 2012).

Den pelare vars principer omskrivs främst i samband med fysisk planering är social hållbarhet. Boverket belyser i regeringsuppdraget *Social Hållbarhet - en kunskapsöversikt*, ett antal principer som bör ha i åtanke vid stadsutvecklingsprojekt och utformning av fysisk miljö för att skapa förutsättningar som främjar en social hållbarhet. Den ekologiska hållbarheten rör miljön och miljöpåverkan, resurseffektivisering, långsiktighet och klimatförändringar. Den ekonomiska hållbarheten ses framförallt som ett resultat av socialt och ekologiskt hållbar utveckling (Boverket, 2010a).

### **2.5.1. Social hållbarhet**

Boverket definierar socialt hållbar stadsutveckling som den process som skapar sociala förutsättningar för kommande generationer, men också som det tillstånd som råder till följd av sociala och ekonomiska förutsättningar idag (Boverket, 2010a).

Utmärkande för en socialt hållbar utveckling är processer som främjar integration och motverkar segregation och utvecklingen mot ett sådant tillstånd. Det innefattar att möjligheten för människor att mötas förbättras, att behov från alla olika grupper i samhället beaktas och att jämställdhet mellan män och kvinnor stöds (Boverket, 2010a).

Segregation kan beskriva både ett tillstånd och en process och betyder åtskillnad. Boendesegregation innebär alltså att olika befolkningsgrupper bosätter sig på olika platser. Man pratar ofta om demografisk, socioekonomisk och etnisk segregation beroende på vilka befolkningsgrupper man åsyftar. Demografisk segregation innebär att människor ur olika hushållsgrupper, ålder eller kön lever åtskilt, socioekonomisk segregation syftar till inkomst-, yrkes- eller sociala grupper och etnisk segregation uppstår mellan människor med olika religion, nationalitet eller etnisk härkomst. Integration är inte en rak motsats till segregation utan innebär inkludering av människor i samhället, och att samhället anpassar sig efter den nya befolkningsammansättningen. Alltså en ömsesidig process (Boverket, 2010a).

Den fysiska miljön är viktig vad gäller social hållbarhet eftersom den skapar förutsättningarna för möten och möjlighet till integration. Fysisk planering och boendeplanering är därför viktiga verktyg.



Det är värdefullt att noga beakta de principer som skapar förutsättningar för en social hållbarhet vid den fysiska planeringen eftersom det är essentiellt för att skapa en total hållbarhet i stadsutvecklingen. Miljonprogrammen är exempel på mindre lyckad social hållbarhet eftersom deras storskalighet och enformighet gör att människan blir anonym och att miljön inte skapar förutsättningar för möten. Funktionssepareringen gör att områdena saknar målpunkter för människor som inte bor där vilket har lett till en segregation (Boverket, 2010a).

Boverket (2010a) lyfter ett antal teman som återkommer i diskussionen om social hållbarhet.

### **Helhetssyn**

Områdesförnyelse som en enskild åtgärd är verkningslös om den inte sätts in i ett sammanhang som omfattar hela stadens utveckling. En förnyelse kan öka attraktiviteten på ett område i sig, men behöver kombineras med åtgärder i staden som helhet. Detta kan vara sammanlänkning av områden och att förnyelsens konsekvenser för övriga områden i staden beaktas.

### **Variation**

En varierad stad, eller blandstad, innebär att boende blandas med verksamheter och arbetsplatser. Det främjar möten mellan olika typer av människor med olika ärenden vid olika tidpunkter, vilket inte bara främjar integration utan också är värdefullt ur en trygghetsaspekt.

Detta ideal är dels en reaktion på den funktionsseparerade staden där bostäder typiskt ligger separerat från övriga funktioner och verksamheter i storskaliga miljöer. Rekreationsytor och tillgång till kulturella aktiviteter är ytterligare verksamheter som blandar upp stadsbilden och ger mångfald och komplexitet. Även gestaltningsmässigt framhävs vikten av variation för att skapa en miljö som är lättorienterad, spännande och intressant snarare än enformig och anonymiserande.

### **Samband**

En stad som är fysiskt sammanhållen skapar grund för att staden ska kunna vara socialt sammanhållen. Det går ut på att skapa naturliga länkar mellan olika stadsdelar och att koppla samman enklaver med resten av staden.

Detta gör man genom att bygga över barriärer som kan utgöras av trafikleder, vattendrag eller outnyttjade områden och istället skapa sammanlänkande stråk, skapa målpunkter som ger anledning att röra sig mellan olika stadsdelar och genom att skapa goda förutsättningar att ta sig runt med kollektivtrafik.

### **Identitet**

Ett områdes identitet spelar stor roll för dess attraktivitet. En ökad kollektiv känsla bland människorna som befolkar området ger möjlighet att kunna positivt identifiera sig med området man bor i, vilket också områdets status utåt sett. För att stärka kollektivet är det viktigt dels med naturliga mötesplatser, som välplanerade utemiljöer eller verksamhetslokaler, för de boende i området. Evenemang som marknader eller kreativa tillställningar hjälper för att skapa målpunkter i området som dessutom kan marknadsföras utåt som en dragkraft till området.

### **Inflytande och samverkan**

Områdesförnyelse måste ha sin utgångspunkt från de människor som bor i området, och planeras genom ett samarbete mellan samtliga berörda aktörer

(Boverket, 2010a)

## **2.5.2. Ekologisk hållbarhet**

Ekologisk eller miljömässig hållbarhet är ett brett begrepp då det inrymmer allt som rör jordens ekosystem. En viktig del är att ekosystemets bärförmåga inte får äventyras till förmån för produktion av varor och tjänster. Stabiliteten och funktionen hos jordens bio-geo-kemiska system berörs centralt i ekologisk hållbarhet. Dessa innefattar vatten, luft, land, biodiversitet och ekosystemtjänster. Mer specifikt ingår här bland annat föroreningar i vatten, grundvattennivåer, temperatur, klimatsystem, livsmiljöer och klimatreglering som kan kopplas till klimatanpassning (KTH, 2015).

I många sammanhang talas det om ekologisk eller miljömässig hållbarhet i ett globalt perspektiv. Det sjunde millenniemålet lyder att säkra en miljömässigt hållbar utveckling. Där ingår bland annat att utsläpp av växthusgaser ska minska för minskad klimatpåverkan (FN, 2014).

Enligt regeringens skrivelse ”Ekologisk Hållbarhet” (SKR 1997/98:13) handlar ekologiskt hållbar samhällsutveckling om skydd av miljön, effektiv användning och hållbar försörjning:

**Skyddet av miljön:** Utsläppen av föroreningar skall inte skada människans hälsa eller överskrida naturens förmåga att ta emot eller bryta ner dem. Naturligt förekommande ämnen skall användas på ett sådant sätt att de naturliga kretsloppen värnas. Naturfrämmande hälso- och miljöskadliga ämnen bör på sikt inte få förekomma i miljön. Den biologiska mångfalden skall bevaras och värdefulla kulturmiljöer skyddas.

**Effektiv användning:** Användning av energi och andra naturresurser skall bli mycket effektivare än den är i dag. Flödena av energi och material kan därmed begränsas så att de är förenliga med en hållbar utveckling. Samhällsplanering, teknikutveckling och investeringar skall därför också inriktas på resurssnåla produkter och processer.

**Hållbar försörjning:** Ekosystemens långsiktiga produktionsförmåga måste säkras. Så långt som möjligt skall försörjningen baseras på ett långsiktigt hållbart nyttjande av förnybara resurser. Det betyder att användningen inte långsiktigt kan överskrida den takt med vilken naturen skapar nya resurser och att material bör återvinnas i ett kretslopp. Vi skall hushålla med icke förnybara resurser och kontinuerligt sträva efter förnybara ersättningar.

(Regeringen, 1997)

### **2.5.3. Ekonomisk hållbarhet**

Ordet ekonomi betyder hushållning med knappa resurser. Vid första anblick associeras nog begreppet intuitivt med pengar. Betydelsen öppnar däremot upp för en bredare tolkning av begreppet, där resurserna kan vara av olika slag.

Mycket riktigt finns det också två vedertagna definitioner av ekonomisk hållbarhet. Dels kan det ses som en ekonomisk utveckling där det ekonomiska kapitalet inte får göra anspråk på det ekologiska eller sociala kapitalet. Den får alltså inte störa en socialt eller ekologiskt hållbar utveckling. Vidare kan ekonomisk hållbarhet jämföras med ekonomisk tillväxt. Då innebär det att en kapitaltillväxt är ekonomiskt hållbart och att en nedgång i kapital är ekonomiskt ohållbart. Då innebär det däremot att man kan ha en ekonomisk hållbarhet trots att tillväxten sker på bekostnad av den sociala eller ekologiska hållbarheten (KTH, 2015).

Det finns också forskare som väljer att se ekonomi som ett verktyg som används för att arbeta för eller emot hållbar utveckling i allmänhet, snarare än att använda begreppet ekonomisk hållbarhet som ensak (KTH, 2015).

### **2.5.4. Modernistisk stadsplanering**

Dagens stadsmiljö präglas av det modernistiska stadplaneringsidealet som i Sverige fick sitt fäste efter andra världskrigets slut. För att avhjälpa efterkrigstidens bostadsbrist genomfördes under 1965-1975 en omfattande funktionalistisk stadsförnyelse som senare har kommit att benämnas Miljonprogrammet (Boverket, 2014). Modernismen som i Sverige även kallas funktionalismen förespråkade stora byggnader och utemiljöer, ljus och hygien, alltså raka motsatsen till den låga bostadsstandard och trångboddhet som följde med industrialismens kraftiga urbanisering. De modernistiska stadplaneringsidealen uppmuntrade att områden för industri och arbete bostäder separerades från boende och rekreationsområden (LeGates & Stout, 2007).

Bilen bidrog också till att öka rörligheten i stort vilket gjorde att människor inte längre var bundna till att bo nära funktioner som arbete, service och fritidsaktiviteter låg nära bostaden, vilket uppmuntrades vidare av 1960-talets trafikplanering och principer som SCAFT (Stadsbyggnad, Chalmers, Arbetsgruppen för Trafiksäkerhet) (Hydén, 2008).

SCAFT syftade dels till att öka trafiksäkerheten men också till att ändamålet för gatan eller vägen skulle få bestämma dess utformning och hastighetsbegränsning. Trafiksäkerheten säkerställdes genom separeringsprincipen vilken innebar att olika trafikslag som fotgängare och cyklister separerades från biltrafiken. Differentieringsprincipen innebar att gatunätet delades in efter den funktion som gatan eller vägen var avsedd att fylla, exempelvis utformades större bilvägar så att dessa innehöll så få överraskningar som möjligt de vill säga raka, breda och utan distraktioner. SCAFT-planeringen formade på så sätt hela stadsområden med ringvägar, huvudgator, lokalgator och återvändsgator. De funktionsbaserade stadsplaneringsidealerna gav storskaliga stadsmiljöer med höga flerfamiljshus, vidsträckta grönområden och glesa gatunät (Hydén, 2008).

### **2.5.5. Dagens syn på hållbar stadsmiljö**

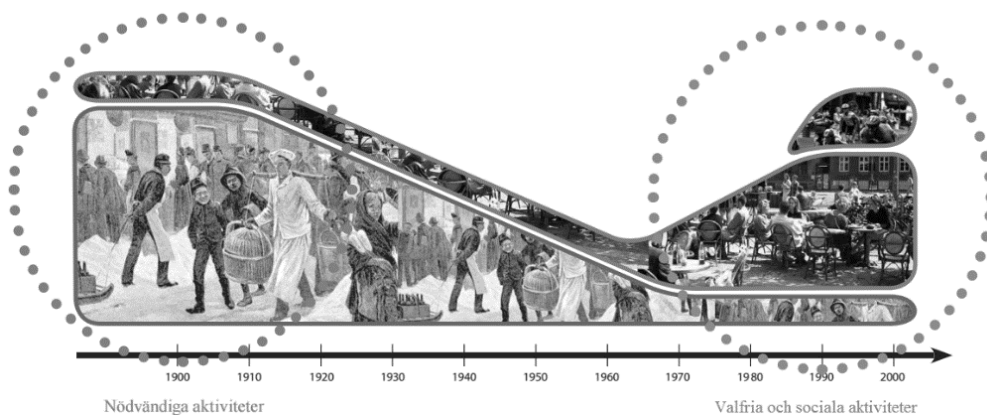
Den danska arkitekten Jan Gehl (2010a, 2010b) visar fördelarna med stadsplanering utifrån ett humanistiskt perspektiv. På platser där människan trivs och uppehåller sig blir stadsrummet attraktivt, inkluderande, levande och socialt hållbart. Genom att undersöka vilka kvaliteter som bidrar till att skapa attraktiva offentliga platser kan vikten av den fysiska planeringen för en hållbar stadsutveckling belysas.

#### ***Attraktiviteten hos aktiviteten***

Gehl lägger stor vikt vid människans aktivitet och hävdar att just den gör stadsmiljön attraktiv. Beroende på vad aktiviteten kräver av den fysiska miljön kategoriseras aktiviteten som nödvändig, valfri eller social. Nödvändiga aktiviteter som att gå till skolan, jobbet, handla är oberoende av väder och sker oavsett kvalitet på den fysiska miljön. Att hämta frisk luft, gå en sväng eller sola hör till valfria aktiviteter och förkommer om platsen och vädret är inbjudande.

Sociala aktiviteter som konversation, lek och sport uppstår då människor får tillfälle att mötas och är därför beroende av att både de nödvändiga och valfria aktiviteterna sker, och är därmed även beroende av att den fysiska miljön är av god kvalitet.

Många av de nödvändiga aktiviteterna har under det senaste århundrandet flyttats inomhus vilket har medfört en aktivitetsminskning i stadsrummet. Detta har i sin tur bidragit till att göra stadsrummen mindre levande. För att kompensera för denna minskning måste kvaliteten på de offentliga rummen höjas så att fler valfria och sociala aktiviteter istället kan äga rum. Detta ställer högre krav på en god fysisk planering med människan i fokus. Figur 23 beskriver de nödvändiga aktiviteternas minskning och hur de valbara och sociala aktiviteterna måste ökas för att väga upp.



Figur 23. Illustration av aktivitetsminskningen under det senaste seklet (Gehl Architects, 2016).

### ***Fysisk planering enligt Gehls principer***

Gehl (2010a, 2010b) introducerar i sin forskning fem olika principer inom fysisk planering som påverkar aktiviteternas förekomst. De fyra första handlar om hur attraktiva stadsmiljöer bör utformas för att både öka och samla människor och aktivitet. Den femte principen handlar om att förlänga varaktigheten av aktiviteten.

### ***Att samla eller sprida ut***

Samhällstrender och stadsplaneringsprinciper har många gånger fokuserat på att sprida ut människor och aktiviteter snarare än att samla dem. Fördelen med en samling av människor och aktiviteter är den väcker intresse, bjuder in till deltagande och bidrar till att utlösa nya aktiviteter. Det är viktigt att planera i mänsklig skala, då det är fotgängaren som ska kunna se, höra och ta sig till aktiviteten.

Att samla aktiviteter genom fysisk planering kan åstadkommas genom att göra gator smalare exempelvis genom att plantera träd längsmed gatan. Träden bistår även med skalförminskning av stadsrummet som då passar fotgängarens dimension bättre.

### ***Att integrera eller segregera***

Integration inom fysisk planering innebär att olika grupper av människor, aktiviteter och funktioner är placerade tillsammans. Att segregera exempelvis funktioner kan vara motiverat för att skilja tunga industrier från bostadsområden eller att separera olika trafikslag för att öka trafiksäkerheten. Det har dock visat sig att integration bidrar till den självförstärkande process som sker då olika människor och aktiviteter samlas. Välintegrerade offentliga platser har dessutom mer mångfald och är ofta rikare på upplevelser.

Största delen av den aktivitet som sker i gaturummet är transport av människor och gods vilka kan vara svåra att integrera med tanke på olycksrisk. Att sänka hastigheten på biltrafiken gör att fler fotgängare vågar återöppna gatan som rum för aktivitet samtidigt som biltrafiken integreras. Att göra om gator till gångfartsgator har visat sig vara ett mycket effektivt sätt att integrera biltrafik och att göra gaturummet blir mer inbjudande. Ur säkerhetssynpunkt har detta visat sig vara positivt då fotgängarnas trygghet ökas genom att all trafik sker på deras villkor.

### ***Att bjuda in eller stöta bort***

Stadsrum blir inbjudande om de erbjuder mjuka kanter mellan vad som är privat och offentligt och uppmuntrar människor och aktiviteter att röra sig däremellan. Hårda kanter som inhägnader bidrar till att stöta bort människor och aktivitet, och motiveras möjligtvis för att förhindra skadegörelse eller öka tryggheten för människorna antingen innanför eller utanför stängslet.

Att bjuda in till aktivitet bidrar till att förbättra hälsan hos människan. Offentliga platser som erbjuder tillfälle för motion med till exempel bollplaner och utegym uppmuntrar till aktivitet och ökar attraktiviteten hos stadsmiljön. Genom att ge cykeltrafiken större spelrum i stadsrummet blir gator, vägar och parker mer levande samtidigt som både hälsa och miljö förbättras.

### ***Att öppna upp eller stänga in***

Genom att öppna upp kanterna mellan stadsrum och byggnader utvidgas möjligheten att uppleva människor och aktivitet åt båda håll. Att stänga in offentliga rum i privata byggnader som köpcenter bidrar till att sprida ut, segregera och stöta bort människor och aktiviteter ur stadsrummet vilket gör staden mindre livfull. Kontakten mellan olika stadsrum blir tydligare om sikten inte skymms. Obehindrad uppsikt över gatuaktiviteten fungerar även vandalism- och kriminalitetsförebyggande. Att synliggöra aktivitet i gaturummet hjälper också till att öka den eftersom gatorna blir mer underhållande vilket inspirerar deltagande.

### ***Att öka eller minska***

Då ett fåtal människor som spenderar mycket tid i det offentliga rummet har samma effekt som om många människor utför en kort aktivitet är det mest effektivt att planera för att öka varaktigheten av de nödvändiga, valfria och sociala aktiviteterna. Förlängd varaktighet kan åstadkommas genom att stadsmiljön erbjuder fotgängaren en vindskyddad sittplats i solen, belysning kvälls- och nattetid eller för en fotgängare varierade vyer med grönska och vatten.

### ***Gehl-analys***

Gehl-analysen används som ett verktyg för att undersöka kvaliteter på offentliga platser. Analysen bygger på utvärdering av Jan Gehl's formulerade planeringsprinciper och olika egenskaper som inbjuder till längre aktivitetsvaraktighet. Dessa egenskaper är formulerade som 12 stycken kvalitetskrav indelade i skydd-, komfort- och njutningskategorier. Figur 24 på nästa sida visar Gehl-analysen utformad som en checklista där skydd-, komfort- och njutningskraven har en punktformad förklaring om vad de inkluderar. Checklistan används genom att kriterierna för varje ruta utvärderas på en tregradig skala mellan att kvalitetskravet knappt är uppfyllt till att kvalitetskriteriet är uppfyllt.



**S  
K  
Y  
D  
D**

**Skydd mot trafik**

- Känsla av säkerhet
- Skydd mot olyckor
- Skydd mot föroreningar



**Skydd mot våld och kriminalitet**

- Trygghetskänsla
- Mänsklig närvaro
- Belysning
- Överlappande funktioner i tid och rum



**Skydd mot obehagliga sinnesupplevelser**

- Vind/drag
- Regn/snö
- Kyla/hetta
- Föroreningar
- Damm, bländande ljus, oljud



**K  
O  
M  
F  
O  
R  
T**

**Möjlighet att gå**

- Tillräckligt med utrymme
- Tillgänglighet
- Varierande, intressanta fasader
- Inga hinder
- Goda ytmaterial



**Möjlighet att stå/uppehålla sig**

- Attraktiva kanter, "kanteffekten"
- Platser avsedda att uppehålla sig på
- Föremål att stå vid eller luta sig mot



**Möjlighet att sitta**

- Platser avsedda för sittande
- Utnyttja befintliga kvaliteter maximalt, solljus, vyer, folkiv att titta på
- Både allmänna sittplatser och uteserveringar
- Platser för vila



**Möjlighet att se**

- Möjligt att orientera sig visuellt
- Fri utsikt
- Intressanta vyer
- Kvällsbelysning
- Möjlighet att se andra och synas



**Möjlighet för lek och rekreation**

- Möjliggöra fysisk aktivitet, lek, interaktion och underhållning
- Tillfälliga aktiviteter (marknader, festivaler, utställningar etc.)
- Spontana aktiviteter (vila, mötas, socialt samspel)
- Möjliggöra delaktighet och interaktion i det offentliga rummet



**Dag-, kväll- & nattaktiviteter**

- 24-timmarsstad
- Variation av funktioner över dygnet
- Ljus i fönstren (boende)
- Funktionsblandning



**Möjlighet att höra/prata**

- Minimera oljud
- Sittplatser organiserade i "pratlandskap"



**Vinter, vår, sommar & höst**

- Årstidsrelaterade aktiviteter (isbana, julmarknad, badplats, utomhusbio)
- Extra skydd mot otrevligt klimat
- Belysning



**N  
J  
U  
T  
N  
I  
N  
G**

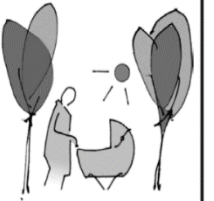
**Mänsklig skala**

- Dimensionering av byggnader och platser i relation till människans sinnen, rörelsesätt, storlek och beteende



**Njuta av gott klimat**

- Sol/skugga
- Värme/svalka
- Bris/ventilation



**Estetiska och sinnliga upplevelser**

- Genomarbetad design och detaljering
- Bra materialval
- Vyer
- Rika upplevelser för alla sinnen, taktilitet
- Grönska och vatten



Figur 24. Gehl-analysen (Gehl Architects, 2016).

## **2.6. Vikten av multifunktionalitet**

Multifunktionella ytor kan vara ett värdefullt verktyg för en hållbar stadsutveckling då man genom fysisk planering klimatanpassar samhället. Inte bara har de potential att bidra till vinster på flera olika samhällsekonomiska områden utan är också en lösning då flera behov behöver rymmas på en mindre plats (Boverket, 2010b).

### **2.6.1. Kampen om ytorna**

På grund av urbaniseringen och förtätningen av stadsmiljöer, finns det många aktörer som vill få sina behov tillgodosedda på en och samma begränsade areal i staden. Det ska finnas plats för bostäder, kontorslokaler, infrastruktur, rekreation, socialt umgänge och parkmiljöer. Efterfrågan på mark är helt enkelt ofta större än utbudet, vilket gör att den urbana marken blir dyr (Molla, 2010). Samtidigt ökar behovet av utrymme att magasinera vatten vid större regnmängder. Däremot kan det vara komplicerat att få politiker och allmänhet att förstå vikten av och prioritera sådana utrymmen om de inte uppenbart har andra funktioner. Istället kan det kännas mer lockande att bygga för andra användningsområden med mer tydliga och direkta vinster rent ekonomiskt eller kvalitativt. Därför behöver man samarbeta över flera sektorer i tidigt skede för att kunna driva fram multifunktionella lösningar som kan öka samhällets motståndskraft mot urbana översvämningar. Kampen om ytorna i staden gör att VA-planerare behöver hålla ögonen öppna efter möjligheter att integrera lösningar för att minska översvämningsrisken i andra planerade projekt (Fratini, 2012).

#### ***Multifunktionalitet***

Målet behöver vara att skapa multifunktionella ytor som kan bidra med flera funktioner och ge flera vinster på samma yta (DG Environment News Alert Service, 2012). Grön infrastruktur är ett viktigt begrepp som innefattar bland annat gröna tak, fördröjningsdammar, bäckar för trög avrinning och grönytor i allmänhet. Grön infrastruktur är ett gott exempel på multifunktionalitet då den kan tjäna som infiltrations- eller fördröjningsytor för klimatanpassning, samtidigt som den kan utgöra rekreationsområden, bidra till människors hälsa och välbefinnande, öka de estetiska kvaliteterna i stadsbilden och utföra övriga ekosystemtjänster (DG Environment News Alert Service, 2012).

Multifunktionella ytor i form av grön infrastruktur och andra typer av fördröjningselement är en viktig del i klimatanpassningen för att stärka motståndskraften mot stora regnmängder. Det behövs fler åtgärder för att göra grön infrastruktur till en självklar del av stadsplaneringen som en del av den övergripande infrastrukturen (Molla, 2010). Den klassiska, grå infrastrukturen, tjänar generellt bara ett syfte och behöver därför kompletteras med grön som ger vinster i ett större perspektiv (DG Environment News Alert Service, 2012).

Att bygga upp översvämningsskyddet genom multifunktionella lösningar som flera aktörer kan vara intresserade av att driva igenom, kan därför vara strategiskt för att få igenom dem (Fratini, 2012). Vad gäller grön infrastruktur är dess multifunktionalitet ett kraftfullt politiskt verktyg eftersom det kan bidra till att ett flertal politiska mål uppfylls över flera sektorer (DG Environment News Alert Service, 2012).

### ***Transprofessionell planering***

För att kunna bygga en lyckad multifunktionell yta som uppfyller flera professioners mål krävs det att dessa är delaktiga både i planeringsprocessen, genomförandet och utvärderingen av ytans funktion (DG Environment News Alert Service, 2012).

Det är viktigt att implementeringen av exempelvis grön infrastruktur inte glöms bort för att ansvaret för den faller mellan stolarna, utan att den bäddas in tidigt i planeringsprocessen. Mest effektivt, både ekonomiskt och praktiskt, är det att integrera den i andra ingrepp i staden. Exempelvis, om man ändå ska riva upp marken för att renovera ett ledningssystem, kan man passa på att installera system för fördröjning eller långsam avledning i samma projekt (DG Environment News Alert Service, 2012).

För att lyckas med att skapa multifunktionella krävs att man skapar transdisciplinära processer och inkluderar berörda yrkesgrupper i tidigt skede (Fratini, 2012). En utmaning är att skapa medvetenhet kring fördelarna med multifunktionalitet för att motivera den transdisciplinära kontakten i samband med hållbar samhällsutveckling (Molla, 2015).

### 2.6.2. Three Point Approach

För personer som inte är insatta kan konceptet med återkomsttider och med vilken frekvens översvämning accepteras, vara svårt att greppa. Kanske resonerar man som så att översvämningar inte kan accepteras över huvud taget. Det krävs därför nya hjälpmedel för att kunna angripa urbana översvämningar och deras komplexitet. Three Point Approach (3PA) är ett verktyg framtaget för att underlätta transdisciplinärt arbete med klimatanpassning i stadsmiljö genom skapandet av lyckade multifunktionella ytor. Verktuget kan ses som ett tankesätt eller ett kommunikationsverktyg som ska underlätta dialog och skapa förståelse hos flera parter då man pratar om regn och dess konsekvenser i staden, risk för urbana översvämningar och behovet av klimatanpassning. 3PA presenterades för första gången 2008 på International Conference of Urban Drainage i Edinburgh och beskrivs i skriften *Three Points Approach (3PA) for urban flood risk management: A tool to support climate change adaptation through transdisciplinarity and multifunctionality*, skriven av Fratini, et al. (2012).

Grunden till 3PA ligger i Per Baks teori om självordnad kritikalitet (self-organized criticality). Den beskriver storleken på en naturkatastrof som proportionell mot dess återkomsttid på en logaritmisk skala och behandlar det faktum att i komplexa områden som den ständigt förändrande staden, kan översvämningsrisken alltid beskrivas av en hyfsat rät log-logfördelad graf med återkomsttid på x-axeln och skadegrad eller kostnad på y-axeln. Mönstret beskriver att då man först implementerar åtgärder för att minska risken för översvämning kan detta medföra en minskad skadebild. Däremot anpassar sig människor och natur till den nya jämvikten vilket gör att sårbarheten och skadegraden ökar igen och linjen blir åter rät. På så sätt beskriver teorin också att det inte går att eliminera en översvämningsrisk.

## ***Konceptuell modell av 3PA***

### **1. Domän för teknisk optimering**

Här ligger nivån VA-systemet normalt dimensioneras efter för att möta branschstandard. Domänen motsvaras av en viss återkomsttid för att klara det servicekrav som är fastställt politiskt.

Återkomsttid 10 år.

Potentiell skadebild – om dräneringen av dagvatten som ansamlas på stadens ytor inte uppfyller denna nivå kan stadens infrastruktur och byggnader på privat egendom komma till skada. Denna nivå motiverar därför att ett dagvattensystem som klarar denna nivå finns på plats.

### **2. Domän för urban resiliens och rumslig planering**

På denna nivå måste man arbeta för att motverka effekten av extrema regn i framtiden genom att bygga grund för en mer motståndskraftig stad, med andra ord klimatanpassning av staden. Personer som arbetar med vattenfrågor måste samarbeta med arkitekter och stadsplanerare eftersom det krävs stora lösningar som kommer göra anspråk på markyta i staden.

Återkomsttid 100 år.

Potentiell skadebild – skador uppstår i staden och fara för människors liv riskerar att uppstå. Ju mer sårbar och oförberedd stadsmiljön är, desto större blir skadan och desto större är risken för människors liv.

### **3. Domän för vardagsvärden**

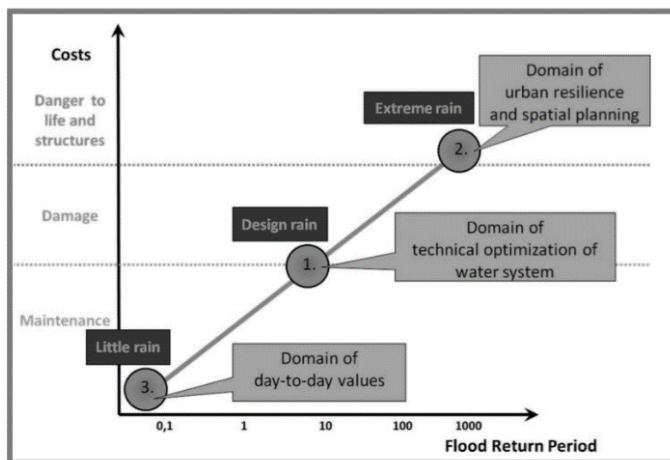
Här beaktas hur den urbana miljön används och fungerar till vardags, samt hur vi kan förbättra livskvaliteten för människor som lever i den. På denna nivå kan ett stöd från politiker och allmänhet skapas där fler personer tillåts delta och lyfta sin åsikt i stadsplaneringsprocessen. Syftet är att dels skapa en medvetenhet kring översvämningsrisken och att därmed skapa en acceptans för klimatanpassningsåtgärder i staden eftersom åtgärder som krävs för att minska översvämningsrisk i domän två kräver stora volymer som också kommer att präglade stadsbilden.

Målet måste därför vara att de också kan förhöja stadsbilden, samexistera med övriga funktioner och integreras väl för att inte störa andra värden i staden.

Återkomsttid 0,1 år.

Potentiell skadebild – på den här nivån utgör vattnet en förutsättning för liv och flera funktioner i staden. Skador uppstår här av slitage och åtgärdas av drift- och underhållsarbeten. Dagvatten hanteras av befintliga system utan problem och infiltrerar eller släpps ut i recipient.

Figur 25 visar de tre domänen i den konceptuella modellen av 3PA.



Figur 25. Konceptuell Modell av 3PA (Fratini et al., 2012).

### ***De tre domänernas inbördes relation***

Att i en stad kunna hantera regn i domän ett och tre är en självklarhet, och det är heller inte där i problematiken ligger. Den grå infrastrukturen är idag dimensionerad för att möta servicekravet på ett 10-årsregn, det vill säga att fungera i domän ett. 3PA belyser att det är nödvändigt att beakta domän två då man planerar för resilienta städer. Det räcker alltså inte att dimensionera ledningar under mark för 10-årsregn och sedan strunta i konsekvenserna som följer av större regn.

De åtgärder och system som i sin tur sätts in för att motverka översvämningar vid större regnhändelser i domän två måste vara välfungerande och välintegrerade även i domän ett och tre. Eftersom åtgärder mot översvämningar i den andra domänen kräver stora volymer och insatser som påverkar andra element i stadsmiljön blir det också en angelägenhet för andra aktörer. Det är då viktigt att utforma dem i samråd med dessa andra aktörer och få dem att passa in i och potentiellt förhöja stadsmiljön.

Budskapet man vill framhäva med 3PA är att de tre domänerna måste beaktas parallellt för att man ska uppnå en lyckad funktion inom varje enskild domän. De extra ytor och volymer som behövs för att lagra kraftigare regn integreras i staden genom att de byggs multifunktionella och därför i domän tre och i domän ett kan användas som lekpark, sport- och rekreationsytor, parker och gröna element. Utesluter man en av de tre domänerna i beslutsprocessen faller konceptet.

### ***Vad vi ska sträva efter***

För att åtgärder för att minska översvämningar ska få mer slagkraft och acceptans bland allmänhet och politik måste de läggas fram på ett nytt sätt, integrerade i stadsbilden och med flera motiv. Vatteningenjörer måste lära sig att ta fram projekt som är intressanta och attraktiva för fler aktörer än dagvattenhantering baserad på rör under marken, och dessutom lära sig att förmedla och kommunicera dem transdisciplinärt i tidiga skeden (Fratini et al., 2012).

### ***Kvantifiering av 3PA***

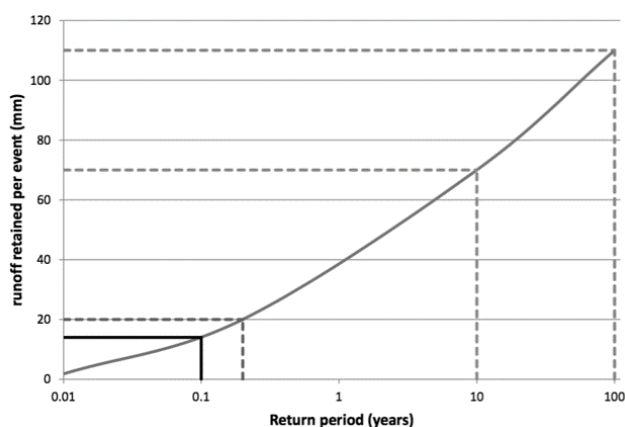
Vid institutionen för miljö vid Danmarks Tekniska Universitet, DTU, har man använt sig av 3PA för att utveckla verktyget *LAR-Potentiale* för att utvärdera och kommunicera effektiviteten av öppna dagvattenlösningar implementerade i befintlig urban miljö. LAR är det danska uttrycket för LOD vilket betyder lokalt omhändertagande av dagvatten. Verktyget syftar till att uppmärksamma dagvatten som resurs och belysa den möjlighet som finns att hantera en stor andel av årlig nederbörd i öppna dagvattenlösningar, trots att lösningarna till synes har liten inverkan på stora, enskilda regnhändelser (Lerer, Danielsen Sørup, Arnbjerg-Nielsen & Steen Mikkelsen, 2015).

I metoden utvärderas lösningarnas effektivitet med avseende på tre kriterier:

- Motverka översvämning: Ytavrinning fördröjd lokalt i öppna dagvattenlösningar för enskilt regntillfälle.
- Minskad belastning på reningsverk: Andel av årlig nederbörd som hanteras lokalt och därmed inte belastar reningsverk.
- Minskad dricksvattenförbrukning: Minskad åtgång av dricksvatten då dagvatten uppsamlas och används som resurs.

Kopplingen till 3PA ligger främst i kriteriet som handlar om att motverka översvämning. För detta kriterium redovisas nämligen lösningarnas effektivitet i ett diagram som utgörs av en kvantifiering av 3PAs tre domäner. På y-axeln har man bytt ut skadekostnader mot regnvolymer som återkommer var 10:e år i domän ett, var 100:e år i domän två och varje 0,2 år i domän tre. Regnvolymerna är framtagna genom analys av regnserier för 20 år med varaktigheter på 3, 12 och 24 h från fyra olika platser i Danmark. Lösningarnas kapacitet i form av relativ volym redovisas sedan inom detta diagram för att tydligt åskådliggöra i vilken domän lösningen är effektiv.

Figur 26 illustrerar det kvantifierade 3PA-diagrammet med domänerna markerade med streckade linjer och de öppna dagvattenlösningarnas kapacitet som den svarta linjen. Lösningen som exemplifieras i diagrammet kan alltså hantera ett 0,1-årsregn lokalt. Som översvämningsskydd har alltså den exemplifierade lösningen inte någon direkt inverkan.

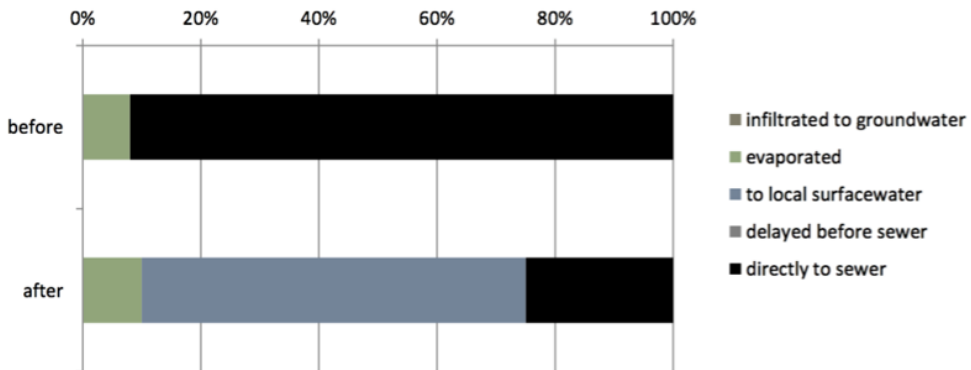


Figur 26. Lösningens fördröjningskapacitet uttryckt i mm per regnevent visas inom 3PAs tre domäner. (Lerer et al, 2015).



Vid utvärderingen av effektivitet med avseende på de två andra kriterierna bestämmer verktyget hur stor andel av ackumulerad årsnederbörd som lösningen kan hantera lokalt. I detta exempel motsvaras det då av den andel av ackumulerad årsnederbörd som har intensiteter med en återkomsttid på under 0,1.

Resultatet visas i en vattenbalans, se Figur 27. I detta fall kan 75 % av årsnederbörden hanteras av den exemplifierade lösningen och därmed minskar belastningen på reningsverket från lösningens upptagningsområde med 75 % per år. Om vattnet tas till vara på som en resurs och används för exempelvis bevattning eller toalettspolning, sparas då dricksvatten som annars skulle använts till de ändamålen.



Figur 27. Årlig vattenbalans före och efter implementering av exempellösning (Lerer et al, 2015).

Verktyget använder alltså en kvantifiering av 3PA i den del där lösningarnas kapacitet att motverka urbana översvämningar utvärderas. Vid sidan av detta adderas fokus på miljöpåverkan, dagvatten som resurs och återskapandet av en naturlig vattenbalans. På så sätt vill man framförallt belysa lösningarnas inverkan på miljön med avseende på mindre regnhändelser över året. Den konflikt mellan behovet av större fördröjningsvolym och kampen om ytorna i stadsmiljön som 3PA också belyser behandlas inte i verktyget (Lerer et al, 2015).



## 3. Fallstudie

Fallstudien genomförs med syfte att skapa förståelse för magnituden av de klimatanpassningsåtgärder som kan krävas för att minska konsekvenser av urbana översvämningar i befintlig stadsmiljö. Ett visualiseringsverktyg baserat på en konceptuell modell tas fram tänkt att på ett tydligt sätt kunna förmedla planerade lösningars effektivitet mellan VA-planerare och stadsplanerare. Därtill undersöks hur båda sidornas intressen kan samverka eller motverka varandra.

För att undersöka detta utförs en fallstudie på ett översvämningsdrabbat urbant område. Åtgärder som är rimliga med avseende på stadsmiljön tas fram baserade på analyser av fallområdets förutsättningar. Förutsättningarna ligger också till grund för implementeringen av det verktyg som utvecklas för att kunna utvärdera och visualisera lösningarnas effektivitet.

### 3.1. Metod

Fallstudien ämnar att hitta ett antal för området rimliga lösningar, för att sedan utvärdera och väga deras effekt med avseende på att motverka översvämningar och att bidra med kvaliteter till stadsmiljön. Lösningarna baseras på analyser av fallområdets förutsättningar och utvärderas i en för fallområdet anpassad konceptuell modell. Arbetsgången i fallstudien följer nedan.

- Utveckling av konceptuell modell
- Identifiering av fallområde
- Undersökning av förutsättningar
- Implementering av konceptuell modell
- Analys av förutsättningar
- Strategi för lösningsförslag
- Ta fram lösningar
- Utvärdera lösningarnas inverkan

### 3.1.1. Utveckling av konceptuell modell

Det visualiseringsverktyg som utvecklats är en förlängning av 3PA som åskådliggör vilka översvämningsvolymmer som kan väntas med vissa återkomsttider i ett utsatt område. Inom denna kan sedan planerade åtgärders effektivitet utvärderas. På så sätt kan verktyget användas för att skapa förståelse för och kunna kommunicera magnituden av de åtgärder som skulle behöva implementeras i stadsmiljön för att undvika översvämningskatastrofer vid kraftiga regn. Verktyget ska underlätta dialog och skapa samförstånd mellan inblandade yrkesgrupper vid planeringen av sådana åtgärder. De professioner som främst avses är den för VA-planering och den för stadsplanering, som i dessa sammanhang kan ha olika och stridande intressen avseende ytor och utrymmen i stadsmiljön. Visualiseringsverktyget ska utgöra ett stöd i transprofessionellt arbete då man i samråd behöver komma fram till effektiva lösningar med betydande fördröjningsvolym. Verktyget tillåter att lösningens effektivitet sätts i tydliga sammanhang med återkomsttider för översvämningskatastrofer och belyser vikten av implementeringen av dessa ytor.

#### **3PA**

Den konceptuella modell som ligger till grund för visualiseringsverktyget är en vidareutveckling av 3PA på så sätt att skadegraden, här kvantifierad till översvämningsvolymen, plottas mot dess statistiska återkomsttid på logaritmisk skala. Eftersom modellen ska fokusera på urbana översvämningskatastrofer är högintensiva regn intressant snarare än lågintensiva regn ackumulerade över året, och modellen anpassas därefter.

3PA:s tre domäner kvantifieras av tre scenarier som är förskjutna mot mer högintensiva regn jämfört med 3PA:s ursprungliga form.

Det första scenariot skildrar ett fall med 10 års återkomsttid, eftersom det är servicekravet för dimensionering och det är över denna nivå problem med översvämningskatastrofer generellt uppstår. Det andra scenario utgörs av 100-årsfallet och det tredje scenariot utgörs av ett fall med högre återkomsttid. Det tredje scenariot väljs med fördel som en inträffad regnhändelse vars skadebild går att relatera till i området.

Visualiseringsverktyget utgörs av det diagram som visar vilka översvämningsvolymmer man kan vänta i de tre scenarierna.

Översvämningsvolymerna bygger på platsspecifik data. Planerade lösningars effektivitet utvärderas i verktyget genom att deras fördröjningsvolym antingen enskilt eller i kombination med andra lösningar sätts in i diagrammet.

### ***Användningsområde***

Visualiseringsverktyget är tänkt att appliceras på befintliga områden i urban miljö som återkommande är drabbade av pluviala översvämnings, och därför föremål för planerade förbättringsåtgärder.

Verktyget behandlar återkomsttider och volymer där det kan finnas tydliga svårigheter att implementera tillräckliga fördröjningslösningar i befintlig stadsmiljö, och där volymerna är så stora att de måste göra anspråk på större markyta och en intressekonflikt mellan VA-sidan och stadsplanerare kan uppstå.

### ***Vattenbalans***

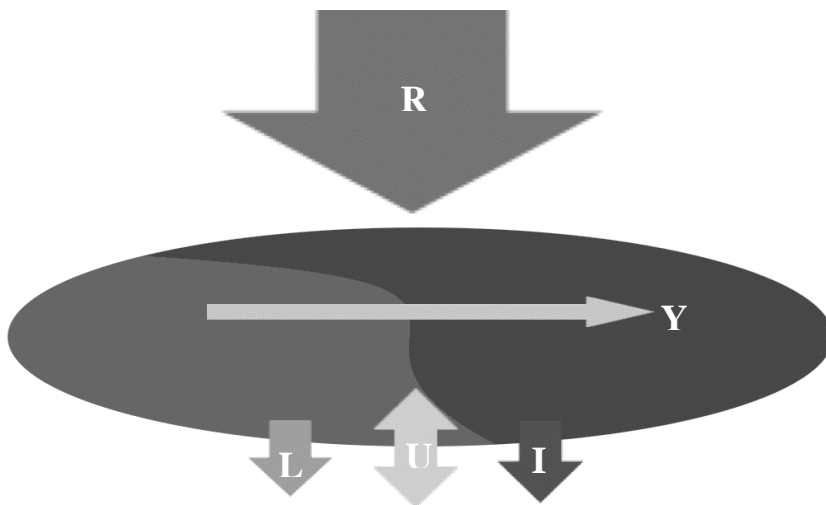
Ramen utgörs av ett diagram som plottar genererad ytavrinning, eller potentiell översvämningsvolym, mot dess logaritmerade återkomsttid. Tre scenarier skapas för vilka en potentiell översvämningsvolym för området tas fram.

Vilken ytavrinning som genereras är individuellt för fallområde och kan bestämmas med olika metoder. Här genom en vattenbalans inom vilken ett antal områdesspecifika parametrar bestäms. Vattenbalansen utformas som en markmodell som estimerar ytavrinning genom att beräkna vilka volymer regn som faller över ledningsnätets dräneringskapacitet på hårdgjorda ytor, och vilka volymer som faller över gröna ytors infiltrationskapacitet på gröna ytor. En kritisk varaktighet bestäms under vilken ackumulerad ytavrinning beräknas till en potentiell översvämningsvolym. Varaktigheten som används i beräkningarna ska motsvaras av en tid som är kritisk för området vad gäller uppkomsten av översvämnings. Den bestäms utifrån områdets förutsättningar och kan baseras på empiri eller analyser av rinntid och topografiska förhållanden. Utöver nämnda parametrar finns en ytterligare faktor som motsvarar övriga tillskott eller utflöden som exempelvis ofrivillig uppdämning ur ledningar eller ett flöde av ytavrinning in i eller ut ur området. En potentiell översvämningsvolym beräknas för vardera scenario.

Vattenbalansen visas i ekvationen nedan och beskrivs principiellt i Figur 28.

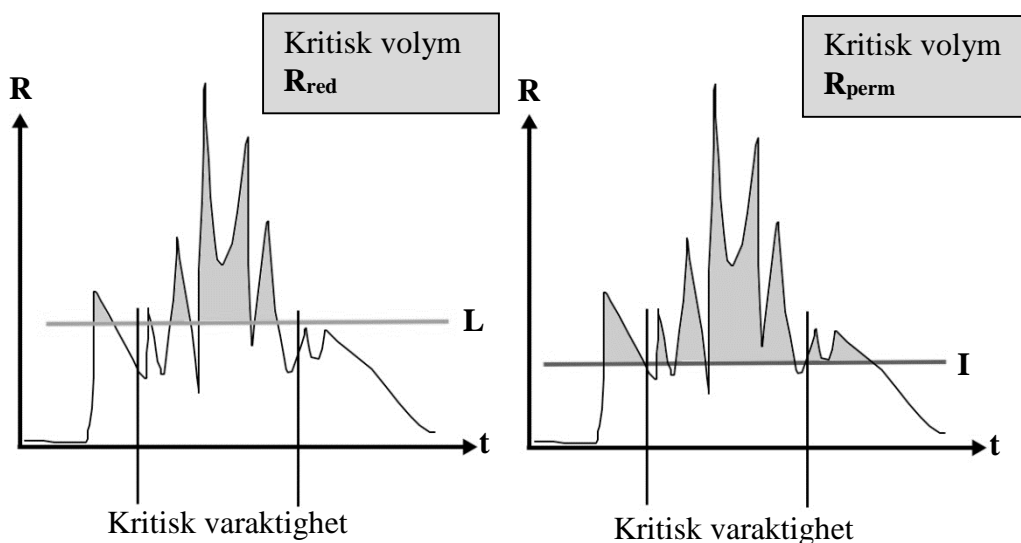
$$Y(t) = (R_{Red}(t) \cdot A_{Red}) + (R_{Perm}(t) \cdot A_{Perm}) + U(t)$$

$Y$	genererad ytavrinning
$R_{red}$	regn hårdgjorda ytor
$A_{perm}$	area hårdgjorda ytor
$R_{perm}$	regn permeabla ytor
$A_{perm}$	permeabel area
$U$	övriga in- eller utflöden
$t$	kritisk varaktighet



Figur 28. Principskiss över vattenbalans.

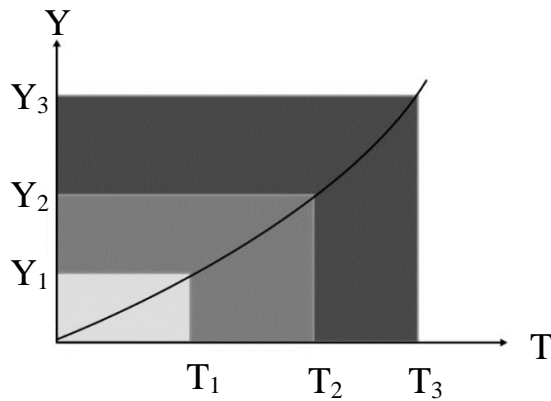
Det regn som faller utöver ledningsnätets kapacitet (L) och markens infiltrationsförmåga (I) under den kritiska varaktigheten benämns kritisk volym och beräknas från regndata för området för varje scenario enligt principskissen i Figur 29.



Figur 29. Principskiss över framtagning av  $R_{red}$  och  $R_{perm}$ .

### ***Översvämningsscenarier***

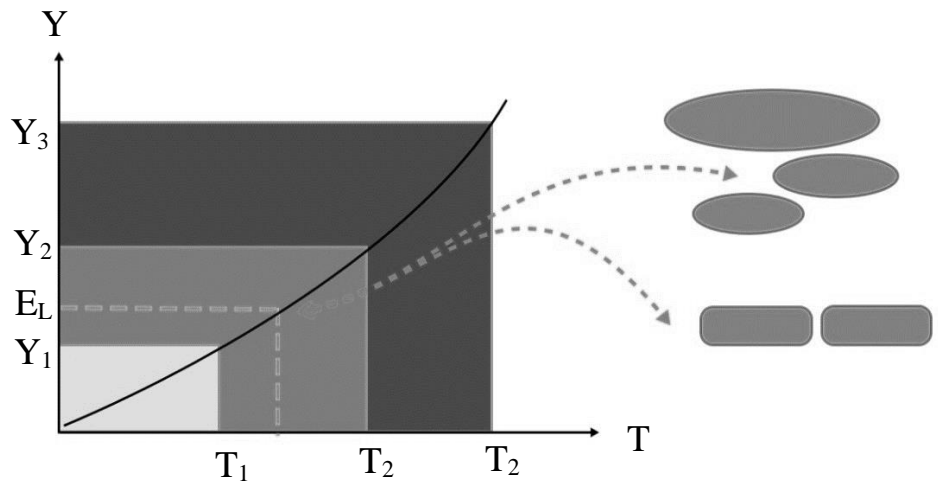
Översvämningssvolymer för de tre översvämningsscenarierna plottas nu mot den logaritmerade återkomsttiden för scenariot, vilket utgör basen för visualiseringsverktyget som syns i Figur 30 på nästa sida. Mallen visar en tydlig skala med scenarierna som referenspunkter, där man lätt se hur stora volymer som behöver fördröjas eller översvämmas området.



Figur 30. Principskiss över verktyget där tre översvämningsscenarioer är markerade.

### ***Lösningarnas effektivitet***

Lösningarnas kapacitet beräknas i form av vilken volym de kan magasinera under den kritiska tiden. På så sätt kan de sättas in i verktyget och deras effektivitet vad gäller att reducera översvämningar med olika återkomsttider åskådliggörs tydligt. Figur 31 visar lösningarnas effektivitet utvärderade mot översvämningsscenarioerna.



Figur 31. Principskiss över lösningarnas effektivitet utvärderade mot översvämningsscenarioerna.



### 3.1.2. Analysmetoder

För att kunna föreslå rimliga lösningar ur både VA-planerings- och stadplaneringsperspektiv utförs analyser av platsens existerande förutsättningar både på plats och med mer analytiska verktyg. Analyserna kommer att ligga till grund för vidare strategi och lösningsförslag. För att kunna identifiera platser där åtgärder bör sättas in för att ha effekt på ytavrinningen används GIS och en mer övergripande topografisk analys baserad på höjddata. För att skapa förståelse för stadsmiljön genomförs analyser av områdets rörelsemönster och Gehl-analyser.

#### ***Platsobservation***

Det är viktigt att ha en känsla för skalor, utrymmen och höjder i området för att kunna bedöma vilka ytor som är lämpliga för implementering av lösningar, och vilken typ av lösningar som kan ge mervärde till platsen. Dessutom ökar en platsobservation förståelsen för rörelsemönster i och kring området.

#### ***GIS***

Länsstyrelsen i Jönköpings län skrev 2014 arbetsbeskrivningen *Skyfallskartering i GIS* med avsikt att hjälpa kommuner kartlägga vilken samhällsviktig verksamhet som kopplas till skyfall. Metoden är avsedd att användas i såväl översikts- och detaljplanering som risk- och sårbarhetsanalyser, och beskriver hur GIS kan användas för att ta fram instängda lågpunkter, flödesvägar och flödesvägarnas hierarki (Länsstyrelserna i Jönköpings län, 2014).

I programvaran ArcGIS 2010 används framförallt analyseringsverktyget *Spatial Analysis*' verktygslåda *Hydrological Toolbox*.

Data som behövs för att utföra analyserna är en höjdm modell samt data över fastigheter och sjöar (Länsstyrelsen i Jönköpings län, 2014). Nedan beskrivs principerna av analyserna. Nyckelverktyg namnges och beskrivs.

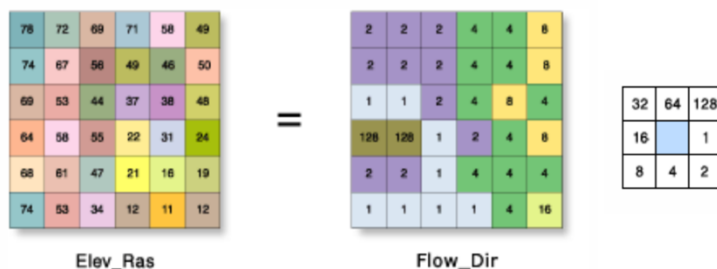
#### *Instängda områden*

För att kunna utföra vidare beräkningar måste vektorlagren innehållande data om fastigheter och sjöar göras om till ett gemensamt rasterlager. Detta rasterlager omklassificeras sedan så att de celler som ligger på en fastighet eller i en sjö ges värde 0, övriga områden 1.

- *Fill*  
Verktyget *Fill* hittar och fyller igen lågpunkter. Indata till verktyget är höjdmodellen. Under *Environmental Settings* anges att denna analys av rasterlagret ska använda sjö- och fastighetslagret som mask. Detta innebär att sjöar och fastigheter som har värde 0, inte behandlas i verktyget. Nu erhålls alltså en höjdmodell med fyllda lågpunkter där fastighet och sjöar bildar ”hål” i rastret.
- *Minus*  
Verktyget *Minus* subtraherar ett rasterlagrets respektive cellvärden från ett annat. Lagret med fyllda lågpunkter som erhöles av verktyget *Fill* subtraheras nu från den ursprungliga höjdmodellen, vilket resulterar i ett nytt rasterlager som visar djupområden.

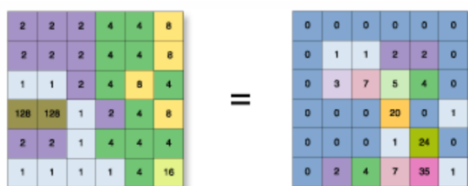
### Ytavrinning

- *Flow direction*  
Rasterlagret med fyllda lågpunkter och bortmaskade fastigheter och sjöar används som input och ut kommer ett färgkodat rasterlager som anger terrängens lutning i varje cell, se Figur 32.



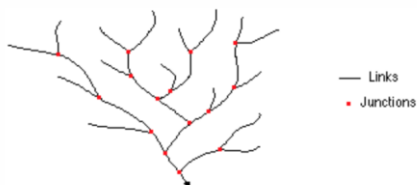
Figur 32. Övergång mellan höjdmodell och flödesriktning i verktyget Flow Direction, samt kodning av riktningar (Esri, 2016).

- *Flow accumulation*  
*Flow direction* lagret används som input. I det resulterande rasterlagret anges hur många celler som ligger sammanhängande uppströms varje enskild cell. I symbologin för lagret anges vilka celler som ska visas genom att ett gränsvärde sätts. De celler som har fler uppströms liggande celler än gränsvärdet visas i en färg. De synliga cellerna visar alltså var ytavrinning bör ansamlas baserat på topografin, se Figur 33.



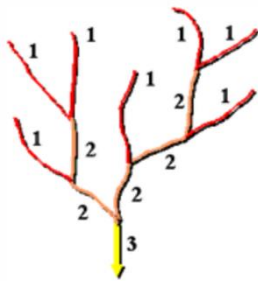
Figur 33. Förhållande mellan flödesriktning och flödes-ackumulation i verktyget Flow Accumulation (Esri, 2016).

- *Greater than equal*  
 I detta verktyg skapas ett rasterlager med värde 1 i de celler där flödesackumulationen har ett större värde än höjdmodellen, annars 0. Flödesackumulationen samt höjdmodellen anges som inputs.
- *Stream Link*  
 I verktyget *Stream Link* anges rasterlagret erhållet från verktyget *Greater than equal* och *Flow direction* som inputs. Ett nytt rasterlager som anger unika värden på strömmar som ansluter till varandra bildas, se Figur 34.



Figur 34. Princip för verktyget Stream Link (Esri, 2016).

- *Stream Order*  
I *Stream Order* anges rasterlagret som resulterade av *Stream link* samt *Flow Direction* som inputs. Verktöget ger en numerisk ordning på de strömmar som erhållits i *Stream Link*. Det klassificerar strömmarnas inbördes ordning i en hierarki enligt principen i Figur 35.



Figur 35. Princip för verktöget Stream order (Esri, 2016).

### ***Gehl-analys***

Kvaliteten på offentliga platser inom fallområdet analyseras med hjälp av Jan Gehls formulerade stadsplaneringsprinciper och kvalitetskrav. Ett resonemang förs om de kvalitetskrav i Gehl-analysen som uppfattas mest relevanta för fallstudien. De 12 kvalitetskraven diskuteras under övergripande kvalitetskrav som skydd, komfort och njutning.

### **3.1.3. Utvärderingsmetoder**

#### ***Konceptuell modell***

Lösningarnas effektivitet utvärderas kvantitativt i visualiseringsverktöget.

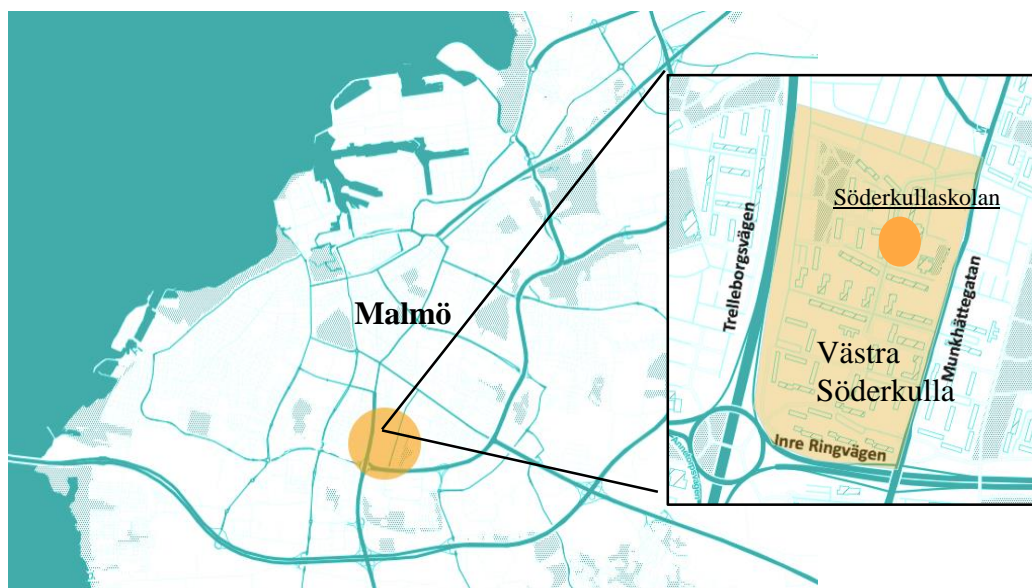
#### ***Gehl***

För att utvärdera kvalitativa faktorer förs ett kort resonemang kring vilken påverkan klimatanpassningsåtgärderna har på stadsmiljön med utgångspunkt i Jan Gehls stadsplaneringsprinciper och kvalitetskrav.

### 3.2. Söderkulla

Stadsdelen Söderkulla i Malmö drabbades hårt av översvämningar till följd av skyfallet Arvid som inträffade den 31 augusti 2014. Skyfallet föll över hela sydvästra Skåne men kulminerade i de centrala delarna av Malmö och skyfallets intensitetsmässiga epicentrum hamnade vid Söderkullaskolan. Regnmätaren på skolan uppmätte nederbörd motsvarande ett 370-års regn (Hernebring, Milotti, Steen Kronborg, Wolf & Mårtensson, 2015). Översvämningen till följd av skyfallet Arvid var inte den första översvämningen som Söderkulla fått erfaras. Även 2007 och 2010 inträffade skyfall som ledde till översvämningar i området (VA SYD, 2016b). Söderkulla är ett bostadsområde i stadsdelen Fosie, precis inom Inre Ringvägen.

Området byggdes under 1960-talet och delar av det var del av miljonprogrammet (Länsstyrelsen i Skåne län, 2002). Figur 36 visar Söderkulla i Malmö, figuren visar även var Söderkullaskolan ligger samt vilka vägar som angränsar till området.



Figur 36. Söderkullas läge i Malmö. Fallområdet markerat som Västra Söderkulla.

### 3.2.1. Problembeskrivning

Söderkulla är ett av de högst prioriterade områdena för åtgärder i Malmös skyfallsplan<sup>1</sup>. Till följd av skyfallet Arvid översvämmades 21 stycken radhus med en meter vatten i markplan (Clausen, 2015). Radhusen är belägna kring områdets absoluta lågpunkt som ligger i T-korsningen mellan Norra Gulsparsvsgatan och Lövsångaregatan. En bidragande orsak till de stora problemen som uppstår vid kraftiga skyfall är att ledningsnätet blir överbelastat. Detta resulterar i att dagvatten från områden högre upp i ledningsnätets upptagningsområde dämmer upp i Söderkullas lägre punkter och förvärrar översvämningen (Ramböll, 2015a). Figur 37 visar hur det såg ut kring Norra Gulsparsvsgatan och Lövsångaregatan efter skyfallet Arvid. Även Munkhättegatan och Söderkullagatan drabbades vid det senaste skyfallet och därmed Söderkullaskolan som ligger mellan dessa gator. Trafikplatser på Inre Ringvägen och Trelleborgsvägen som avgränsar området till söder respektive väster blev också översvämmade<sup>2</sup>.



Figur 37. Bilder från området kring Norra Gulsparsvsgatan tagna efter skyfallet Arvid den 31 Augusti 2014 (Wahlgren, 2014).

<sup>1</sup> Fabian Christensson, Projektledare, Malmö Stads Gatukontor, möte den 22 april 2016.

<sup>2</sup> Fabian Christensson, Projektledare, Malmö Stads Gatukontor, möte den 22 april 2016.

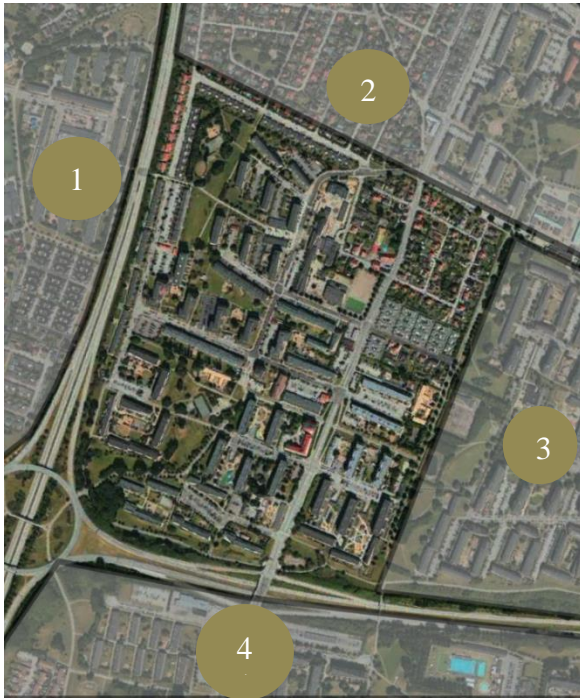
### **3.2.2. Förutsättningar**

#### ***Områdesavgränsning***

Fallområdet begränsas till Västra Söderkulla som täcker en area av cirka 60 ha. I söder kantas området av Inre Ringvägen som har en hastighetsbegränsning på 70 km/h. I väster utgörs gränsen av Trelleborgsvägen. Trelleborgsvägen är dimensionerad för 90 km/h men omfattas sedan 2013 av bestämmelsen om en maximal hastighet innanför Inre Ringvägen i Malmö på 40 km/h (Malmö Stad, 2016). På andra sidan Inre Ringvägen ligger området Almvik som byggdes under 1970-talet. Området Kulladal som ligger på andra sidan Trelleborgsvägen är också byggt under 1960-1970-talet. Områdena nås med gång- och cykeltunnlar eller broar över de större vägarna.

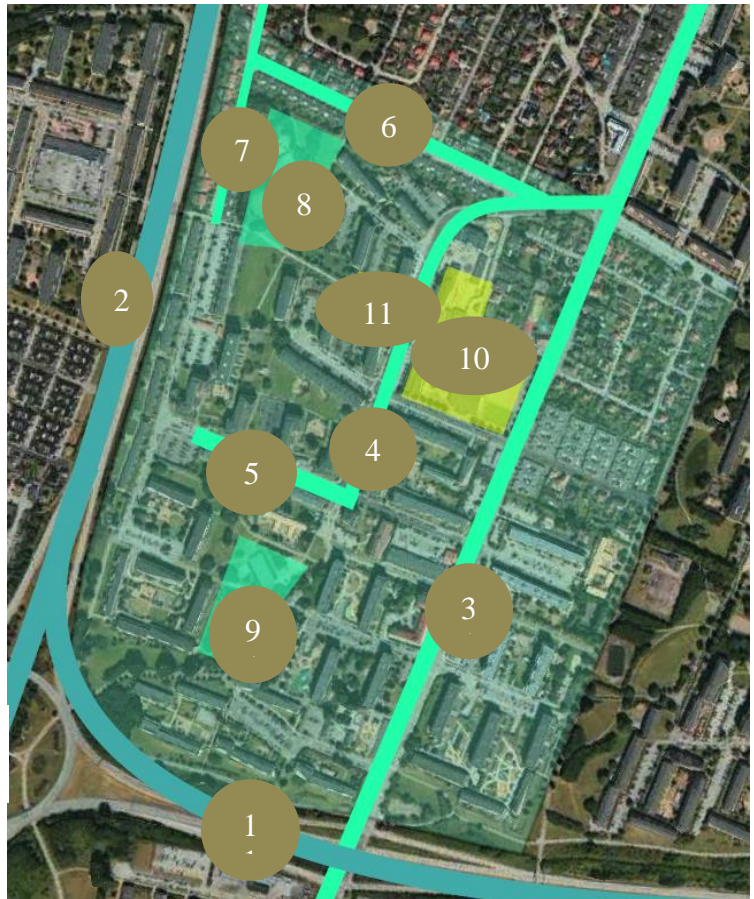
I norr kantas området av det mer småskaliga villaområdet Eriksfält. Öster om fallområdet fortsätter Östra Söderkulla. På nästa sida, Figur 38, visar angränsande områden samt nyckelplatser som benämns vidare i fallstudien.





1. Kulladal
2. Eriksfält
3. Östra Söderkulla
4. Almvik

1. Inre Ringvägen
2. Trelleborgsvägen
3. Munkhättegatan
4. Söderkullagatan
5. Tornfalksgatan
6. Lövsångaregatan
7. Norra  
Gulsparvgatan
8. Söderkullaparken
9. Fosietorpsparken
10. Söderkullaskolan
11. Centrum



Figur 38. Angränsande områden och nyckelplatser inom fallområdet.



### ***Bebyggelsens karaktär***

Enligt Bebyggelseregistret (2016) fastställdes stadsplanen för norra delen och södra delen av Västra Söderkulla 1959 respektive 1966, Västra Söderkulla har således 1960-talets bebyggelsekaraktär. Höjden på husen varierar. Enplansvillor och radhus återfinns framförallt i områdets norra delar, medan större delen av området domineras av stora lägenhetshus placerade i rad eller parallellt med mellanliggande innergårdar. Av dessa hus har ungefär hälften tre till fem våningar och andra hälften åtta våningar. Ett hus sticker ut med 13 våningar och ljusblå fasad. I övrigt består fasaderna av tegel och betongelement vilket också härrör den arkitektoniska utformningen typisk för denna tid (BeRB, 2016), vilket kan ses i Figur 39 nedan.

Bebyggelsen är funktionsseparerad. Verksamheter återfinns enbart kring områdets torg som utgör Söderkullas centrum, där det finns en matbutik, pizzeria och en vårdcentral. Enbart ett av bostadshusen i området har verksamheter som kiosker i bottenplan och det är huset som kantar torget. Flera dagis finns mer utspridda i området och Söderkullaskolan ligger mittemot centrum.



Figur 39. Typiska miljonprogramshus i Söderkulla.

### **Offentliga platser**

Parkerna med tillhörande aktivitetsytor utgör en stor del av de offentliga platser som finns i Söderkulla och beskrivs därför separat. Utöver parkerna finns ett torg i områdets centrum som angränsar till Söderkullagatan och Söderkullaskolan på öster sida, och ansluter till en gång- och cykelväg som leder västerut i området mot Söderkullaparken. Torget består av en ganska öppen, plattbelagt yta med trädgröpar, buskage och bänkar och syns i Figur 40. Förutom dessa målpunkter blir områdets GC-vägar en del av det offentliga rummet eftersom de går mellan områdets målpunkter. Det finns många halvprivata innergårdar som ligger mellan de större lägenhetshusen i området.



Figur 40. Vy från torget vid centrum. Vänstra bilden blickar väster ut där en GC-väg leder mot Söderkullaparken. Högra bilden blickar öster ut mot en av byggnaderna som hör till Söderkullaskolan.

### **Parker**

I området finns två parker. I norra delen ligger Söderkullaparken och i söder Fosietorpsparken.

#### **Söderkullaparken**

Söderkullaparken (Figur 41) kantas i nord och väst direkt av radhusen längs Norra Gulsparvsgatan och Lövsångaregatan och i öst ligger flerbostadshus på mellan fyra och åtta våningar på andra sidan en GC-väg. Längs södra kanten av parken går också en GC-väg som till öster leder mot områdets centrum och till väster mot Kulladal genom en tunnel under Trelleborgsvägen. Söder om GC-vägen finns en stor sluttande gräsplan som reser sig upp mot områdets trettonvåningshus.

Intill de angränsande radhusen går grusade gångstråk. Ytterligare ett gångstråk ansluts från en GC-väg som kommer från öster om parken. Parken innehåller många stora, gamla träd i klungor med rika trädkronor som omger de aktivitetsytor som återfinns i parken bestående av en hundrastgård, en boulebana, en grusad bollplan och en sandad lekpark. Det går även ett serpentinformrat gångstråk i nord-sydlig riktning som omges av träden och knyter samman aktivitetsytor. I närhet till aktivitetsytorna finns gott om sittplatser i små separata gläntor och det finns även bänkar längs de stora gång- och cykelstråken som kantar parken.



Figur 41. Söderkullaparken.



Figur 42. Fosietorpsparken.

### Fosietorpsparken

Fosietorpsparken (Figur 42) delas in i två delar av en gång- och cykelväg som går mellan öst och väst. En gång- och cykelväg löper längs östra kanten av hela parken. Bebyggelsen som omger parken ligger inte i omedelbar anslutning till den och utgörs av hög, lång lägenhetsbebyggelse som varierar mellan tre och åtta våningar.

Den södra delen har en öppen karaktär där huvuddelen av ytan är en öppen gräsplan, något lägre än sin omgivning. Gräsytan är kantad av ett stort antal träd, ett fåtal är lika stora som Söderkullaparkens träd men de flesta är mindre och av mer varierande slag. Det finns bänkar i vinkel mot varandra vid gräsykans kant och en läktare infällt i den sydvästra sluttningen. Inga gångstråk är anlagda i denna del.

På andra sidan gång- och cykelvägen i norr finns anlagda aktivitetsytor i form av en större grusad bollplan, en mindre hårdgjord bollplan och en sandad lekpark. Aktivitetsytorna i den norra delen är omringade av vegetation i form av framförallt buskage och en del träd. I lekparken finns sittplatser riktade mot aktiviteten men detta saknas i anslutning till bollplanerna. Där har en bänk burits in och placerats så att den blockerar gångvägen mellan planerna. I övrigt finns bänkar avskilt placerade mellan buskade och längs den angränsande GC-banan.

### ***Gatunät***

Gatunätet är präglad av SCAFT-planeringens principer precis som många andra bostadsområden byggda under 1960-talet av. Det finns gator som löper runt om bebyggelsen med återvändsgator in till parkeringar mellan husen. Trafiken runt parkerna och igenom parkerna består endast av gång- och cykeltrafik och separeras på så sätt från biltrafiken som förpassas till återvändsgatorna. Trafiksepareringen är dock inte total utan vid Söderkullagatan och Munkhättegatan tillåts en viss genomströmning av trafik med angränsande gator som Tornfalksgatan och Berguvsgatan (BeBR, 2016).

### ***Målpunkter***

Målpunkter i området är parkerna och butikerna vid centrumtorget samt Söderkullaskolan. Norr om området ligger köpcentret Mobilia.

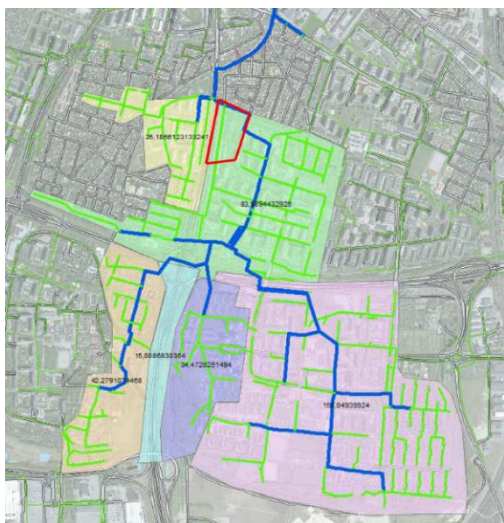
### ***Barriärer***

Trelleborgsvägen och Inre Ringvägen utgör barriärer men är möjliga att passera tack vare tunnlar och broar för gång och cykel. Inom området finns inga större barriärer. Möjligen kan gatorna Söderkullagatan och Munkhättegatan ses som mindre barriärer för barn och äldre. Trelleborgsvägen kantas av en stor bullervall som angränsar till husraderna längs Norra och Södra Gulsparvsgatan.

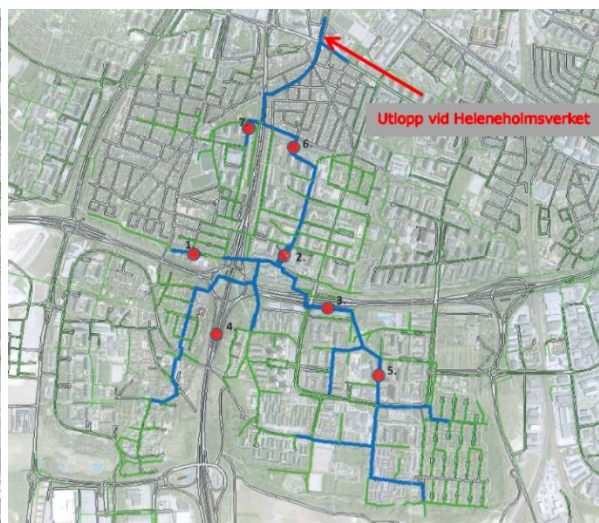
### **Dagvattensystemet**

VA-nätet i större delen av Västra Söderkulla är separerat och det är endast några få radhus på Lövsångaregatan angränsande den äldre stadsdelen Eriksfält som har kombinerade VA-ledningar (Stadsmättningsavdelningen, 2015). Avrinningsområdet för dagvattensystemet i Söderkulla är omkring 765 ha, då sett uppströms utloppet i norra Söderkulla och inkluderar hela Almvik och Lindängen, en del av Lindeborg och stor del av Kulladal, se Figur 43. VA-ledningarna för alla de nämnda stadsdelarna inom avrinningsområdet knyter an till innerstadens dagvattensystem vid Heleneholmsverket, se Figur 44 (Ramböll, 2015a).

Det finns sju stycken magasin längs med dagvattenledningarna uppströms Söderkullas norra utlopp, samtliga med begränsat utflöde. Två av dessa ligger i Västra Söderkulla, nämligen ett rörmagasin i Fosietorpsparken (Punkt 2) och en kammare i Söderkullaparken (Punkt 6) (Ramböll, 2015a). Magasinet i Fosietorpsparken har en magasinvolym på 2400 m<sup>3</sup> och magasinet i Söderkullaparken är 1240 m<sup>3</sup> (Ramböll, 2015b).



Figur 43. Dagvattennätet i och uppströms Söderkulla (Ramböll, 2015a).



Figur 44. Utjämningsmagasin längs dagvattennätet (Ramböll, 2015b).

### ***Jord och grundvattenförhållanden***

Enligt Rambölls geotekniska undersökning av Söderkullaparken består de översta 0,8 – 2,9 metrarna av mulljord med ett underliggande lager av grövre material i form av sand, grus och sten. Under denna fyllning finns lermorän. Porvolymen hos det grövre lagret med sand, grus och sten är hög och uppskattas till 30 % (Ramböll, 2015b). Enligt Steen Kronborg<sup>3</sup> kan mulljordens infiltrationsförmåga uppskattas till  $10^{-5}$  m/s med en maximal infiltrationskapacitet på 120 mm.

Den hydrogeologiska undersökningen utförd av Ramböll den 5 oktober 2015 visar att grundvattennivån i Söderkullaparken ligger på 2 m djup. Mätningar gjorda den 4 och 17 november samma år visar en grundvattendjup på 2,4 – 3,3 meter (Ramböll, 2015b).

### **3.2.3. Implementering av konceptuell modell**

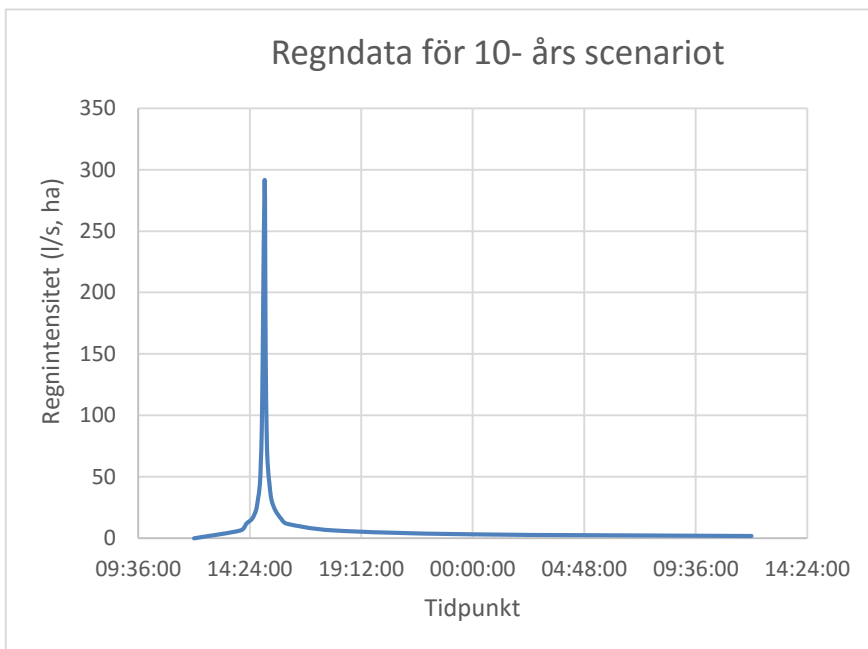
Den konceptuella modellen appliceras på fallområdet genom att översvämningsvolymerna knyts till respektive scenario i visualiseringsverktyget. Skadebilden av översvämningen som inträffade till följd av skyfallet Arvid den 31 augusti 2014 har man god uppfattning om och därför möjlighet att relatera till. Detta bedömdes ha en återkomsttid på 370 år (Hernebring et al, 2015) och därför väljs återkomsttiden 370 år som extremscenario. Scenarierna som bildas motsvarar därmed 10, 100 och 370 års återkomsttid. Den potentiella översvämnings-volymen för respektive scenario beräknas från en vattenbalans motsvarande en markmodell för området.

### ***Data***

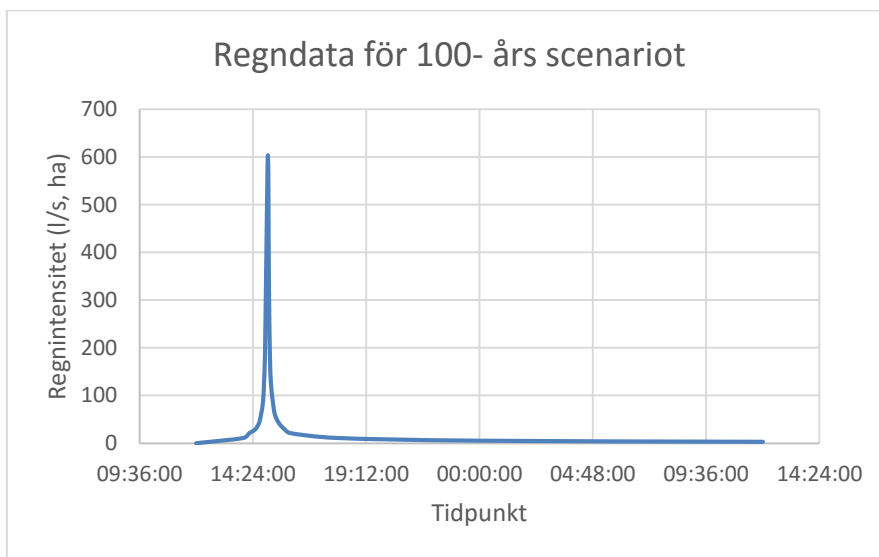
Domänerna bestäms genom analyser av regndata för Malmö. CDS-regn med period på 24 timmar används för 10-årsscenario och 100-årsscenario. Det tredje scenariot baseras på regndata som regnmätaren vid Söderkullaskolan registrerat vid skyfallet Arvid. Figur 45 visar 10-årsscenario och Figur 46 100-årsscenario, Figur 47 visar regndata för 370-årsscenario.

---

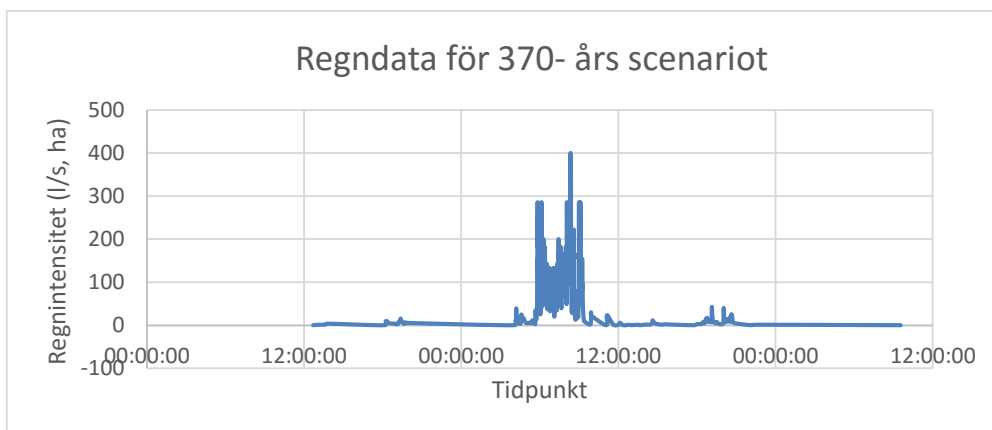
<sup>3</sup> Susanne Steen Kronborg, Utredningsingenjör, VA SYD, möte den 15 april 2016 och e-post korrespondens.



Figur 43. CDS-regn för Malmö, 10 års återkomsttid.



Figur 44. CDS-regn för Malmö, 100 års återkomsttid.



Figur 45. Nederbördsdata från regnmätaren vid Söderkullaskolan vid skyfallet Arvid.

### ***Kritisk varaktighet***

Generellt sett är hastiga förlopp mest kritiska men i fallområdet har volymackumuleringen över tid också en viss inverkan då området är instängt. Enligt Sörensen<sup>4</sup> har undersökningar visat att varaktigheter på 4-8 timmar är mest kritiska med avseende på risk för urbana översvämningar i Malmö. Skyfallet Arvids varaktighet är dessutom 6 timmar och därför anses regndatans kompatibilitet bäst under denna varaktighet eftersom två av scenarierna är typregn och det tredje en loggad regnserie. Eftersom CDS-regnen har en överdriven maxintensitet speglar en något längre varaktighet verkligheten bättre. Därför sätts den kritiska varaktigheten till 6 timmar. Den kritiska varaktigheten blir den tid under vilken nederbörd utöver ledningsnätets kapacitet och infiltrationskapacitet bidrar till översvämningsvolym.

### ***Ytavrinning från hårdgjorda ytor***

Ytavrinning från hårdgjorda ytor motsvaras av det regn som faller utöver ledningsnätets kapacitet på hårdgjorda ytor. Ledningsnätet bedöms kunna hantera ett 10-årsregn med 30 minuters varaktighet. Detta motsvarar en dräneringskapacitet på 113,5 l/s, ha. Den kritiska volymen utöver detta beräknas ur regndatan bakom Figur 45-47.

---

<sup>4</sup> Johanna Sörensen, doktorand vid Teknisk Vattenresurslära, LTH, Lund, biträdande handledare.



### ***Ytavrinning från permeabla ytor***

Ytavrinning från permeabla ytor motsvaras av det regn som faller utöver infiltrationskapaciteten. Områdets permeabla ytor bedöms kunna infiltrera maximalt 120 mm med en infiltrationshastighet på  $10^{-5}$  m/s. Under den kritiska varaktigheten på 6 timmar ger det en infiltrationskapacitet på 56,6 l/s, ha. I likhet med ovan beräknas den kritiska volymen utöver infiltrationskapaciteten ur regndatan bakom Figur 45-47.

### ***Övriga volymtillskott***

Eftersom området är instängt finns inget ytvattenflöde varken in eller ut ur området. Däremot har en uppdämning av vatten från ledningsnätet observerats vid större regnhändelser som Arvid. I de tre respektive scenariona bedöms uppdämda volymer till  $0 \text{ m}^3$ ,  $7500 \text{ m}^3$  och  $15000 \text{ m}^3$  vilket baseras på en grov uppskattning gjord utifrån en flödeslogg före och efter magasinet i Söderkullaparken under skyfallet Arvid<sup>5</sup>.

### ***Area***

Reducerad area bedöms utgöra hälften av områdets area vilket ger en lika stor andel permeabel area. Dessa är vardera 30 ha.

### ***Genererad ytavrinning***

Den potentiella översvämningsvolymen beräknas som genererad ytavrinning för respektive scenario genom den tidigare beskrivna vattenbalansen.

$$\begin{aligned} Y_{10} &= (R_{Red_{10}} \cdot A_{Red}) + (R_{Perm_{10}} \cdot A_{Perm}) + U_{10} \\ Y_{100} &= (R_{Red_{100}} \cdot A_{Red}) + (R_{Perm_{100}} \cdot A_{Perm}) + U_{100} \\ Y_{370} &= (R_{Red_{Arvid}} \cdot A_{Red}) + (R_{Perm_{Arvid}} \cdot A_{Arvid}) + U_{Arvid} \end{aligned}$$

$$Y_{10} = 5256 \text{ m}^3$$

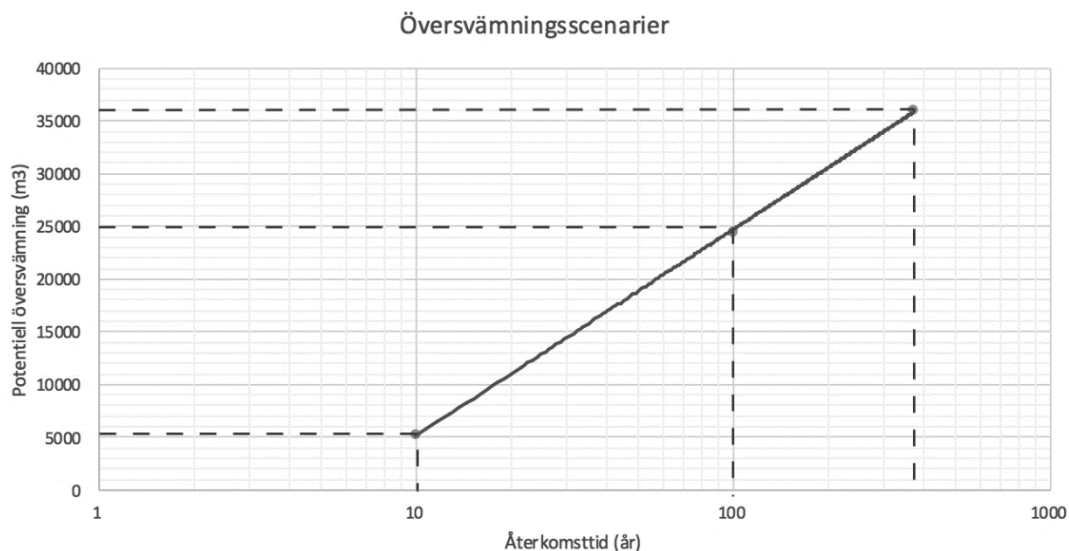
$$Y_{100} = 24471 \text{ m}^3$$

$$Y_{370} = 35972 \text{ m}^3$$

---

<sup>5</sup> Susanne Steen Kronborg, Utredningsingenjör, VA SYD, möte den 15 april 2016 och e-post korrespondens.

Figur 48 visar det områdesspecifika visualiseringsverktyget inom vilket kommande lösningsförslag ska utvärderas. Linjen mellan scenarierna är anpassad.



Figur 46. Översvämningsscenarier för fallområdet.

### 3.2.4. Analys av förutsättningar

#### ***Terräng och flödesriktningar***

Kännedom om områdets terräng är essentiellt när det kommer till dagvattenplanering. Lågstråk som utgör flödesvägar för ytvatten måste identifieras och likaså ytvattendelare för att vattnets flödesriktning i olika punkter ska kunna avgöras (Svenskt Vatten, 2011). En övergripande analys av flödesriktningar i området har genomförts med hjälp av höjddata från Altitude.nu (Figur 49). ArcGIS 2010 har använts för att genomföra en noggrannare analys av flödesvägar och instängda lågpunkter.

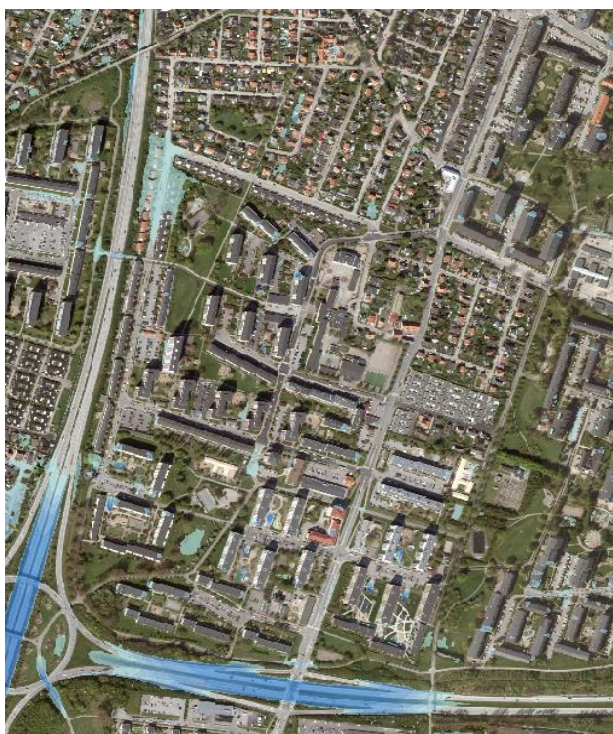


Figur 47. Flödesriktningar i området baserat på höjddata från altitude.se. Den gula markeringen visar områdets absoluta lågpunkt. Pilarna i figuren visar på avrinningsområdet. Fallområdet begränsas till den markerade ytan i bilden.

Terrängen i fallområdet lutar generellt sett åt nordvästlig riktning och har en maximal höjdskillnad på 10,5 meter på 60 hektar. Högst marknivåer återfinns i södra delen av området och den absoluta lågpunkten återfinns kring T-korsningen Norra Gulsparvsgatan och Lövsångaregatan och illustreras av den gula markeringen i Figur 49.

### Lågpunktskartering

Figur 50 visar resultatet av en lågpunktskartering i GIS och åskådliggör instängda lågpunkter i området. Inget regn är applicerat i denna analys och de markerade områdena indikerar därför de platser som är topografiskt utsatta och sannolikt kan komma att bli drabbade vid översvämningar. Det är tydligt att området kring T-korsningen mellan Norra Gulsparsvsgatan och Lövsångaregatan är en sådan plats. Bullervallen till väster om korsningen utgör en barriär som stänger inne vattnet i lågpunkten där sårbar bebyggelse i form av de tidigare drabbade husen ligger. Mitten på Fosietorpsparken identifieras också som en instängd lågpunkt. Här finns ingen bebyggelse och platsen är därför mindre sårbar. Dessutom utgör trafikplatserna på de större vägarna som avgränsar området instängda lågpunkter. Dessa är mindre sårbara i den mening att vägen är tålig och ingen bebyggelse riskerar att skadas av vatten. Däremot kan vägens funktion tillfälligt slås ut och trafik kan då hindras från att ta sig fram. Trafikplatsområdena är dock djupare vilket potentiellt kan skada bilar och människor.



Figur 48. Lågpunktskartering utförd i ArcGIS 2010.

## Flödesvägar

Figur 51 och Figur 53 visar resultatet av *Flow Accumulation* och *Stream Order* i GIS, och indikerar möjliga flödesvägar och barriärer. Enligt denna utgör framförallt Söderkullagatan en stor flödesväg dit ytavrinning från sidoliggande områden transporteras, vilket bekräftas av utsago från Malmö Stads gatukontor <sup>6</sup>. En flödesväg identifieras från Söderkullagatan mot Söderkullaparken som löper mellan husen. Då Söderkullagatan sluttar nedåt norrut i området innebär det att ytavrinning från stora delar söder om och uppströms denna passage har möjlighet att transporteras vidare till Söderkullaparken via Söderkullagatan. Detta gäller även det vatten som kommer från nordöstra svängen av Söderkullagatan. Munkhättegatan bör enligt denna analys inte transportera lika stora vattenmängder som Söderkullagatan, vilket är i enlighet med terränganalysen i Figur 49.

Ytavrinning kan ha möjlighet att ta sig över till Kulladal via den GC-tunnel som ligger mellan Norra och Södra Gulsparvsgatan, men i övrigt finns ingen möjlighet för ytavrinning att ta sig ut från området vid Norra Gulsparvsvägen då bullervallen här utgör en barriär.

Det ser även ut som att ytavrinning tar sig från delar av Almvik genom GC-tunnlarna under trafikplatsen Trelleborgsvägen/Inre Ringvägen.

Resultaten av *Flow Accumulation* och *Stream Order* jämförs för validering med Figur 52 som visar flödesvägar under skyfallet Arvid erhållen av VA SYD<sup>7</sup>.

Figurerna är inte helt jämförbara då de övre visar topografiskt sammanhängande lågstråk och den nedre faktiska flödesvägar under ett kraftigt skyfall. Ytavrinning kan vid större regn rinna över mindre ytvattendelare som i Figur 53 visar på avbrott i flödesackumuleringen. Detta ser man med tanke på de mer sammanhängande linjerna i Figur 52.

---

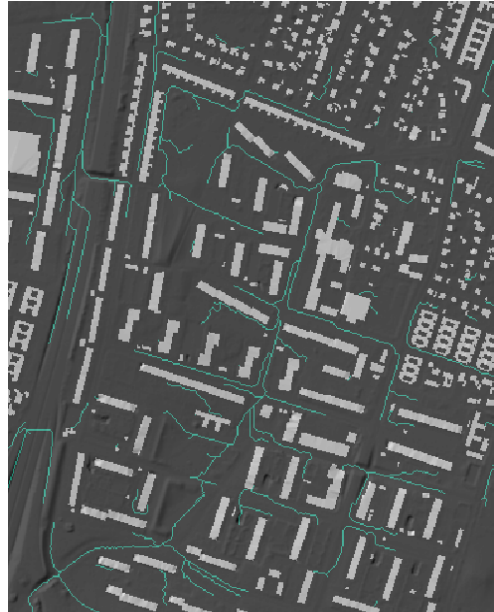
<sup>6</sup> Fabian Christensson, Projektledare, Malmö Stads Gatukontor, möte den 22 april 2016.

<sup>7</sup> Susanne Steen Kronborg, Utredningsingenjör, VA SYD, möte den 15 april 2016 och e-post korrespondens.

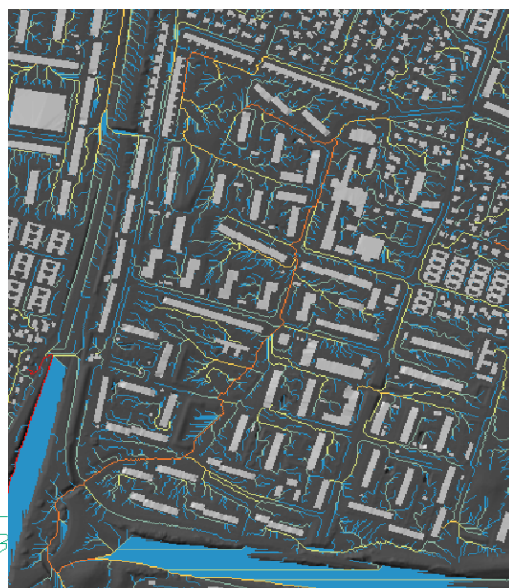




Figur 51. Flödesackumulation framtagen i ArcGIS 2010.



Figur 52. Flödesvägar under skyfallet Arvid erhållen av VA SYD.



Figur 53. Stream Orders visar hierarkin mellan de troliga flödesvägarna. De högst rankade strömmarna syns i orange, följt av gult, grönt och blått.

Vad som kan utläsas som betydande skillnader är att enligt flödesackumuleringen ser ytavrinning ut att ta sig genom GC-tunnlar från remsan söder om Inre Ringvägen i Almvik in mot Söderkulla, vilket inte är fallet enligt Figur 52. Figur 52 visar också att vid skyfallet Arvid hade lågpunkten i korsningen Norra Gulsparvsgatan och Lövsångaregatan ett upptagningsområde som motsvarar i princip hela fallområdet, då sammanhängande flödesvägar förgrenar sig över hela området.

### ***Beläggningsgrad***

Områdets hårdgjorda ytor utgörs av hustak, asfalterade vägar, parkeringsplatser och aktivitetsytor. Framförallt är området kring Söderkullaskolan uppbyggt av stora sammanhängande hårdgjorda ytor. Områdets beläggningsgrad bedöms vara 50 %.

### ***Rörelsemönster***

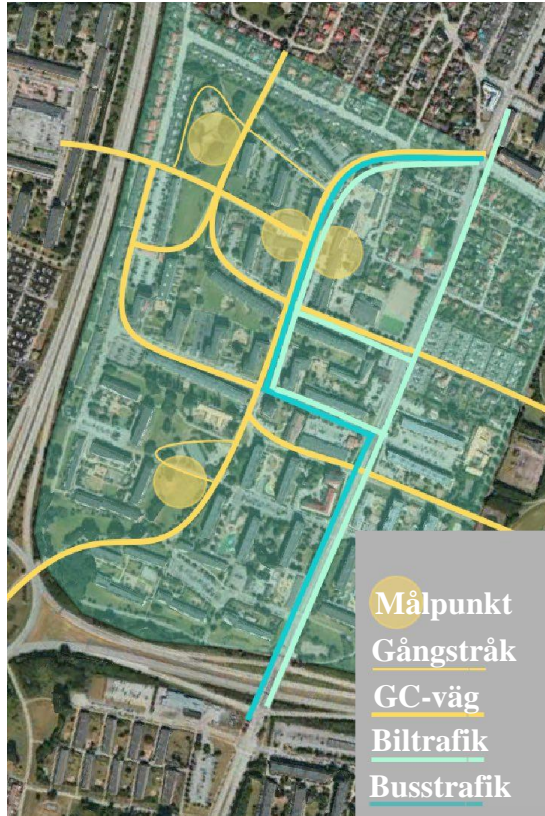
Söderkullagatan går genom områdets centrum och leder fram till Söderkullaskolan och verksamheterna kring torget som utgör områdets målpunkter. Eftersom kollektivtrafiken även har en busshållplats här blir Söderkullagatan den gata som flest rör sig på.

Munkhättegatan är en huvudgata som kopplar ihop Västra Söderkulla med Östra Söderkulla, Eriksfält och Inre Ringvägen. Den genomfartstrafik som färdas genom området är därmed begränsad till Munkhättegatan.

Mellan Munkhättegatan och Söderkullagatan ligger Tornfalksgatan som också är central då den har en busshållplats men också för att den leder till de inre bostadsdelarna i västra delen av området.

Från Söderkullagatan leder GC-vägar till parkerna och vidare ut ur området genom GC-tunnlar mot Kulladal och Almvik.

På grund av trafiksepareringen i Söderkulla är ofta GC-vägarna det smidigaste sättet att ta sig fram i området och vidare till andra områden, då biltrafik måste ta vägen via Munkhättegatan ut på Inre Ringvägen. Figur 54 på nästa sida visar huvudsakliga rörelsemönster för respektive trafikslag i Söderkulla.



Figur 49. Huvudsakliga rörelsemönster för respektive trafikslag.

### ***Upplevd miljö***

Miljön i området är på många platser storskalig till följd av det modernistiska stadsplaneringsideal som präglat området. Framförallt märks detta på byggnaderna och funktionssepareringen. Trots stora skalor är området däremot promenadvänligt och lätt att orientera sig i tack vare trafiksepareringen. Ansträngningar som plantering av träd, lekplatser och aktivitetsytor har satts in för att minska skalan i stadsrummet. Många gånger har hyresföreningarna satsat på utemiljöer på innergårdar, då det där finns gott om just lekplatser, bollplaner, sittplatser och planteringar. Dessa upplevs ibland halvprivata och ibland helt privata på grund av inhägnad. Det finns även gott om platser för uppehålle och som inbjuder till aktivitet för allmänheten i området.



De tidstypiska återvändsgatorna får som effekt att människor som inte bor på gatan vare sig har målpunkt i eller anledning att passera igenom området. Detta minskar chanser för att spontana möten och valfria aktiviteter ska uppstå. Istället är det framförallt områdets två parker som är samlade målpunkter för rekreation i området. Parkerna väljs därför ut för att analyseras närmre.

## Fosietorpsparken Norra

### *Skydd*

På de GC-vägar som ramar in parkens norra del är sikten god och det är enkelt att upptäcka både fotgängare och cyklister, vilket minskar risk för olyckor. På GC-vägen finns belysning som förhöjer trygghetskänslan kvälls- och nattetid, dock finns det ingen belysning runt aktivitetsytorna. Aktivitetsytorna är en målpunkt i Söderkulla, vilket skapar goda förutsättningar för en hög mänskliga närvaron. Det är främst nivåskillnader samt träd, häckar och buskar som erbjuder skydd mot vind, drag, kyla eller värme. Då biltrafiken är separerad hålls bullernivån låg.

### *Komfort*

Tillgängligheten på de GC-vägar som avgränsar platsen är god utan höga kanter och med slät beläggning. De gångstråk som går genom den västra delen är både grusbelagda och kuperade vilket minskar tillgängligheten för äldre och rörelsehindrade. Träden och buskarna kring gångstråken och aktivitetsytorna bidrar med variation, gör omgivningen intressantare samtidigt de bildar en kant att stå och uppehålla sig vid. Det finns möjlighet att sätta sig och vila längsmed GC-vägarna och på bänkar kring lekplatsen som är riktade mot sol och aktivitet. Få sittplatser erbjuds vid bollplanerna vilket bänken placerad mellan bollplanerna demonstrerar.

Lekplatsen och bollplanerna är delvis kantade av träd och buskar vilket minskar insyn, dock är sikten mot den resterande delen av parken på andra sidan GC-vägen mycket god. Möjligheter att höra och prata är god, speciellt vid de bänkar som är placerade i vinkel eller mittemot varandra. Lekparken och bollplanerna erbjuder mycket yta för fysisk aktivitet. Spontana aktiviteter som att slå sig ner för att vila, observera och delta i aktivitet är god. Belysning kring både lekplats och bollplaner skulle kunna bidra till att aktiviteter förlängs kvällstid.

### *Njutning*

De höga flerbostadshusen som omger platsen, och de stora gräsytor som ligger runt omkring verkar skalförstorande på platsen. Däremot bidrar träden och buskarna kring de kuperade och krokiga gångstråken och aktivitetsytorna till en minskad skala, och gör dessutom parken estetiskt tilltalande. Småskaligheten och variationen inom platsen skapar mindre rum i parkrummet och ger en överraskningsfaktor. Det finns goda möjligheter att njuta av ett gott klimat när det inte regnar eller snöar. Nivåskillnader, träd och buskar kan erbjuda vindskydd och skugga, och föredras sol och svalka finns detta också att hämta på platsen.

### Fosietorpsparken Södra

#### *Skydd*

Förutom de GC-banor som omger den södra delen av parken finns ingen GC-väg eller gångstråk anlagt genom parken. Sikten över de befintliga GC-vägarna är god och fotgängare och cyklister upptäcks lätt. Längs GC-vägen finns belysning som förhöjer trygghetskänslan kvälls- och nattetid. Belysning från fönsterna i flervåningshusen runt parken lyser upp och gör att fler tydligt kan se vad som utspelar sig i parken vilket också ger ökad trygghetskänsla. Parkens öppna karaktär gör att man tydligt ser vad som händer i parken från alla håll. Det är främst nivåskillnader samt träd, häckar och buskar längs gräsytnas kanter som erbjuder skydd mot vind, drag, kyla eller värme i parken vilket gör den stora gräsytan i parken utsatt i dessa avseenden.

#### *Komfort*

Möjligheter att gå igenom parken finns då man kan promenera över gräsytan, men i och med att inget stråk är anlagt genom parken uppmuntras inte detta. Därför sker ingen naturlig genomströmning av människor genom parken och det är mer naturligt att välja GC-vägen bredvid parken än att beträda gräsytan. Att besöka parken och gräsytan kräver därför ett aktivt beslut, vilket förhindrar spontant uppehåll på gräsytan. Dessutom är parkmiljön monoton, erbjuder få överraskningsmoment och lite variation för ögat. Avsaknaden av gångstråk över gräsytan kan vara anledning till att exempelvis äldre eller rörelsehindrade inte besöker parken.

Bänkar vinklade mot varandra i söderläge finns i parkens östra kant. Dessa är också kantade av vegetation och riktade mot den stora gräsytan och de bildar en bra plats för vila, konversation och umgänge. Träd och växtlighet placerade längs parkens kanter skapar en viss inramning och kanteffekt. Rekreativa aktiviteter som parken lämpar sig väl för är att vila, sola, ha picknick och liknande typer av spontana aktiviteter. Tillfälliga platskrävande aktiviteter som brännboll, femkamp, långbord eller liknande lämpar sig också väl. På vintern kan kuperingen i kanterna utnyttjas för pulkaåkning.

### *Njutning*

Parken saknar specifik målpunkt men kan bli en plats dit människor går för att njuta av solen på en filt. Eftersom parkens gräsyta i sig är stor, och att höga hus kantar parken en bit bort i tre av fyra riktningar upplevs den som storskalig och lite utsatt. Eftersom GC-vägarna i parkens utkant är långa, raka och erbjuder öppen sikt saknas oväntade inslag. Samma sak gäller i parkytan i sig då ingenting är anlagt eller ger variation på den stora gräsytan. Träd och sittplatser kring aktivitetsytorna i norr och kring själva gräsytan ramar in området och tar ner skalan något. På den vidsträckta gräsytan synliggörs allt vilket kan hindra människor från att använda parken.

## Söderkullaparken

### *Skydd*

Inga asfalterade GC-vägar går genom parken, och de som angränsar till platsen i öst och syd har man god uppsyn över från parken. Det finns gångstråk där det är tydligt att den cykeltrafik som sker är på fotgängarens villkor. GC-vägarna kring och aktivitetsytorna i parken är utrustade med belysning vilket ökar trygghetskänslan kväll- och nattetid. Träden och lummigheten erbjuder vindsydd och skugga dagtid men skulle också kunna vara en otrygghetsfaktor då man inte ser vad som väntar runt hörnet.

Förutsättningar för en hög mänsklig närvaron i parken anses vara mycket goda. Dels är parken i sig en populär målpunkt i området för många olika människor. Förutom att i sig vara en målpunkt gör gångstråken genom parken att man hellre väljer att ta vägen genom parken än att gå vid sidan av den. På så sätt kan den mänskliga närvaron öka ytterligare. Parken erbjuder alltså många funktioner i rum men färre i tid då miljön och aktiviteterna främst är avsedda för och attraktiva dagtid.

### *Komfort*

Tillgängligheten i parken är god och variationen av vyer uppmanar till både genompassage och uppehålle. Det finns gott om möjligheter att sitta i parken och sittplatserna är placerade både lite avskilt i parken och mot sol och aktivitet på exempelvis lekplatsen. Träden och buskar ger en kanteffekt och skugga om så önskas. Lummigheten kan dock hindra sikten mellan aktivitetsytorna men utblicken över hela parken upplevs ändå som god. Det är tack vare träden och växtligheten som det blir intressant att röra sig i parken. De avskilda hörn med sittlandskap som skapas av bänkar tillsammans med växtlighet ger goda möjligheter till att höra och prata.

Det finns goda möjligheter för rekreativa aktiviteter tack vare aktivitetsytorna. Småbarn och deras föräldrar attraheras av lekparken, äldre barn och ungdomar av bollplanen och ungdomar, vuxna och äldre kan ha glädje av att slå sig ner i parken och umgås, sola, ha picknick med mera. Belysningen kring aktivitetsytorna kan bidra till att förlänga varaktigheten av aktiviteter kvälls- och nattetid.

### *Njutning*

De många träden och lummigheten i parken skapar mindre rum inom parken vilket gör att parken får en mänsklig skala. Växtligheten ger variation och i och med att allt vad som finns i parken inte är synligt vid första anblick gör att den innehåller fler överraskningsmoment och blir rikare på upplevelser. Parken kan också upplevas som mer privat i de mindre parkrummen. Gångstråken hjälper också till att anpassa parkrummets skala när det kommer till rörelsemönster och beteende eftersom fotgängaren ges möjlighet att röra sig genom parken. Det finns många förutsättningar för att njuta av ett gott klimat i parken, både inne bland träden kring aktivitetsytorna men även på de mer öppna gräsytorna. De gamla stora träden växlat med tätare buskage och de grusade gångstråken gör det njutbart att vistas i parken.

### 3.2.5. Strategi

Analyserna har visat att hela området lutar ner mot den instängda lågpunkten vid korsningen Norra Gulsparvsgatan/Lövsångaregatan, där en stor mängd ytavrinning kan ansamlas. Områdets huvudgator, dit lokalgator och parkeringar är anslutna, utgör tydliga flödesvägar som snabbt kan transportera ytavrinning genom hela området. Vid större regn bidrar därför hela fallområdet med ytavrinning till lågpunkten. Dessutom finns ingen möjlig flödesväg för ytvatten ut ur området.

Då Söderkulla är ett befintligt område är det svårt att påverka den fysiska planeringen och det finns inga ytor som idag helt saknar funktion. Eftersom stadsbyggnaden av sin karaktär är storskalig och rigid är det svårt att hitta sammanhängande ytor för kedjor av lösningar med stor fördröjningskapacitet. Övergripande strategi för klimatanpassning av Söderkulla blir därför dels att försöka minska den ytavrinning som bildas uppströms i området, dels att anpassa befintliga platser till uppdämningsytor. En ytterligare strategi kan vara att skapa en flödesväg ut ur området

Analyserna har också visat att området på många platser har goda förutsättningar för möten, aktiviteter och uppehålle men däremot saknar identitetsskapande målpunkter. Därför läggs fokus på att förlänga varaktighet på aktiviteter, tillgängliggöra miljöer för fler målgrupper och skapa incitament för valfria aktiviteter genom att införa och förstärka målpunkter både för boende i området och människor utifrån. Många platser i området är dessutom storskaliga och skulle kunna tjäna på en större variation i miljön.

#### ***Minska andelen hårdgjorda ytor***

Eftersom analysen visar på en stor andel hårdgjorda ytor blir en viktig strategi att minska arean av dessa eller ansluta dem till infiltrationsytor. Ytavrinning då hindras från att ansluta de större flödesvägarna nedströms genom att de avvattnas lokalt i infiltrationsytor. Återvändsgator, lokalgator och parkeringar med en lutning i riktning mot Söderkullagatan och Munkhättegatan eller direkt mot lågpunkten har bra potential för omvandling av hårdgjorda ytor. Då både Munkhättegatan och Söderkullagatan är viktiga genomfartsgator för kollektivtrafik och tyngre trafik är det svårare ta yta i anspråk där då det potentiellt kan störa områdets tillgänglighet.

### ***Fördröjning genom nedsänkning av befintliga ytor***

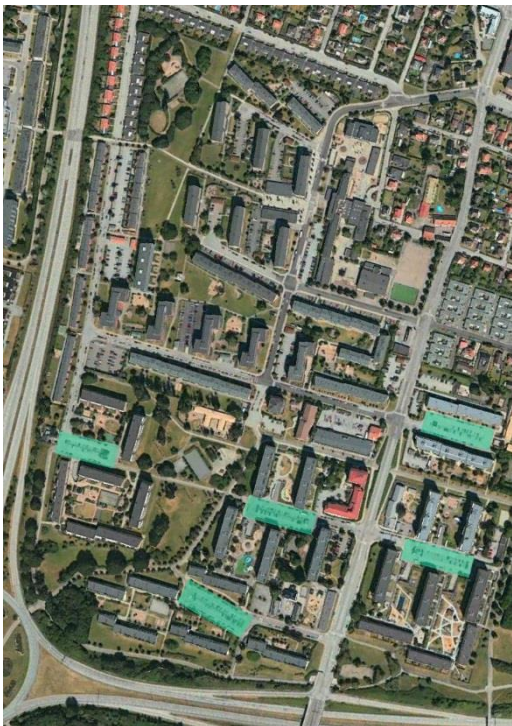
Eftersom marken i Söderkulla har relativt hög porvolym och god förmåga att hålla vatten är perkolationsmagasin inte en motiverad lösning för fördröjning av stora dagvattenvolymer. Detta, i kombination med platsbristen, gör att nedsänkning av befintliga markytor som tål att översvämmas blir en nyckelåtgärd för att skapa större fördröjningsvolymer i området. Då det finns problem med uppdämning ur ledningsnätet i lågpunkter i området finns det ett behov av att avlasta ledningsnätet på mindre sårbara platser. Bollplaner är tacksamma eftersom inga strukturer är anlagda på dem och funktionen inte försämras vid nedsänkning. Nedsänkningar kan även genomföras på grönytor och de kan potentiellt förses med permanenta vattenspeglar.

### ***Skapa nya flödesvägar***

Eftersom områdets mest utsatta plats är instängd är det värt att undersöka potentialen att skapa flödesvägar för ytavrinning ut ur området. Att skapa möjlighet för ett kontinuerligt flöde ut vid större regn skulle minska den flödesackumulation som sker i lågpunkten idag, men ställer då också nya krav på nedströms liggande område.

### **3.2.6. Lösningförslag**

Nedan presenteras ett antal lösningar som baserat på områdets förutsättningar skulle vara rimliga att implementera. Lösningarnas typ och plats motiveras, varpå deras utformning beskrivs principiellt, deras inverkan på stadsmiljön utvärderas och fördröjningsvolymen presenteras.



Figur 50. Platser där infiltrationsstråk i parkeringsytor föreslås.

### **Parkeringsytor**

Många parkeringsytor i området är väl tilltagna och saknar variation, och skulle därför tjäna på ett grönt inslag. Markeringarna i Figur 55 visar fem parkeringsytor där implementering av infiltrationsstråk i mitten föreslås. På tre av dessa parkeringar är små träd planterade i mitten, men dessa Två av parkeringarna lutar direkt mot Munkhättegatan och resterande indirekt mot Söderkullagatan. Genom att anlägga ett infiltrationsstråk kan parkeringarna avvattnas lokalt och på så sätt minskas ytavrinningen från dessa ytor som ansluter de snabba flödesvägarna ner mot lågpunkten. Figur 56 visar en av de för åtgärd föreslagna parkeringsytorna.



Figur 51. En av de för åtgärd föreslagna parkeringsytorna. Miljön är sliten och i behov av upprustning, vilket ytterligare motiverar ingrepp.

## Utformning

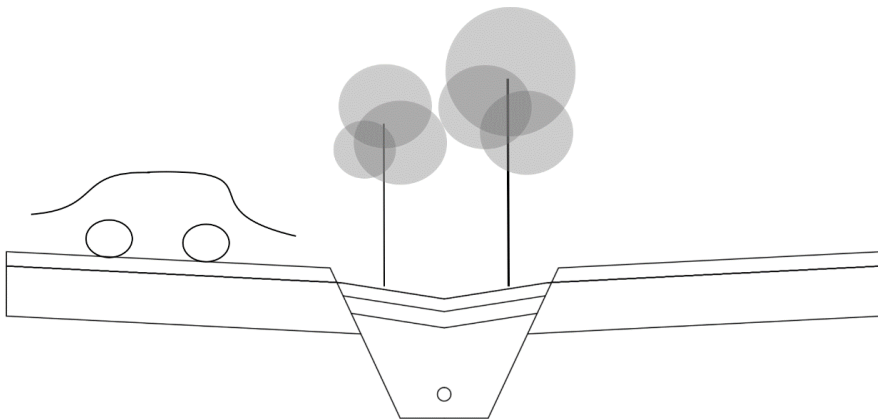
Eftersom parkeringsplatserna är placerade kring ytans mitt, flyttas dessa ut för att göra plats för ett 2 m brett infiltrationsstråk. Parkeringsytan ges en lutning på 2,5 % mot in mot infiltrationsstråket. Infiltrationsstråkets tvärsnitt utformas med 5 % lutning mot mitten vilket gör att stråkets tvärsnitt bidrar med ytterligare magasineringsförmåga. På kortsidorna anläggs två kortare infiltrationsstråk i de fall inget hus står i vägen. Detta kan bidra med att fånga upp en viss mängd ytavrinning som annars skulle runnit av från parkeringen. Utformningen visas i Figur 57 och 58.

Samtliga parkeringar där åtgärd föreslås är mellan 85-50 m långa och bredden på det infiltrationsstråk som sätts in är 2 m. De tvärgående infiltrationsstråken i kortsidorna är 12 m långa och 2,5 m breda. Infiltrationsstråken beräknas ha en maximal infiltrationskapacitet på 120 mm och en ytterligare magasineringsvolym tack vare stråkets tvärsnitt. Total volym som kan fördröjas i infiltrationsstråken,  $E_L$  är därmed cirka **120 m<sup>3</sup>**.



Figur 52. En av de för åtgärd föreslagna parkeringsytorna. Miljön är sliten och i behov av upprustning, vilket ytterligare motiverar ingrepp.





Figur 53. Utformning av parkeringsyta som sluttar mot infiltrationsstråket.

### Inverkan på stadsmiljö

Det gröna inslaget som infiltrationsstråken utgör blir en kontrast mot de grå asfaltsytor och bilarna vilket bidrar med variation i gaturummet. Små träd i infiltrationsstråken gör parkeringen mer småskalig samtidigt som skugga erbjuds bilarna. Belysningen i infiltrationsstråket underlättar uppsikt kvälls- och nattetid och ökar på så sätt tryggheten på parkeringen. Genom att ta plats från gatan till infiltrationsstråken blir körytan smalare vilket gör att uppmärksamheten hos bilisten ökar och hastigheten minskar.



Figur 54. Plats för åtgärder i Fosietorpsparkens norra och södra del.

### ***Fosietorpsparken***

I Fosietorpsparken ligger områdets största fria areal som inte ligger på en höjd. Eftersom parken är belägen långt uppströms i fallområdet flödar endast en mindre del ytavrinning naturligt hit. Därför skulle parken framförallt vara en lämplig plats att utnyttja som översvämningssyta för dagvatten från ledningsnätets uppströms liggande områden. På så sätt skulle belastningen på ledningsnätet kunna minskas och risken för uppdämning i brunnar på lägre liggande platser i området kring Söderkullaparken kunna minskas.

En nedsänkning av markytan i parken skulle öka dess magasineringsskapacitet. Genom att ge nedsänkningen en tydlig mittaxel skulle också dagvatten vid mindre flöden kunna ledas genom parken utan att det blir stående vid utloppet. Ytan kan på så sätt också användas för trög avledning av dagvatten vid mindre regn. Parkens nuvarande funktion som en rekreationsyta och mötesplats bevaras och förstärks.

De två bollplanerna är tåliga ytor vars nuvarande funktion kan bevaras då de förses med en magasineringssvolym genom nedsänkning. Ytorna kan då utnyttjas som tillfälliga översvämningssytor där dagvatten tillåts dämpa upp då ledningsnätet är belastat till en viss gräns, för att sedan åter dräneras då plats ges i ledningsnätet. Platserna för åtgärder syns i Figur 59.

## Gräsyta i park

### Utformning

Marken utformas som ett brett svackdike i parkens längsgående riktning med en flack lutning på 1:10. En area på 30 x 60 m sänks mot en mittaxel med djup på 1,5 m. Utlopp placeras i södra delen av parken och ett intag i norra delen. Utloppet stärks med en stenbeläggning som smalnar av men följer mittaxeln ända till intaget för att styra dagvatten som avleds genom parken. Stenbeläggningen skyddar också mot erosionsskador. Utformningen erbjuder en extra fördröjningsvolym **EL** på **1010 m<sup>3</sup>** med hänsyn tagen till de utgrävda jordmassornas porvolym.



Figur 55. Översvämningssyta i Fosietorpsparken.



Figur 56. Sektion över svackdikeformationen i Fosietorpsparken.

Utloppet kan dimensioneras relativt stort då parken nu besitter en stor magasineringsvolym. Intaget är strypt med hänsyn taget till ledningsnätet nedströms. En spångbro med anslutande trädäck och belysning anläggs över nedsänkningen. Principskisser över ytans utformning ses i Figur 60 och Figur 61. Intill trädäcket kan grillplatser anläggas.

#### Inverkan på stadsmjö

Gräsytan i parken bevaras men den öppna karaktären och skalan minskar något. Den nya utformningen anses inte ha någon begränsande inverkan på aktiviteter som parken används till idag. Spångbron med trädäck anläggs för att motverka den känsla av otillgänglighet som riskerar skapas då marken sluttar. Istället skapas en målpunkt, som idag saknas i parken, och föremål för nyfikenhet som uppmuntrar människor både i och utanför området att besöka, uppehålla sig och umgås på platsen. Spångbron skapar ett gångstråk över gräsytan vilket ger anledning att gå igenom parken istället för att gå förbi den.

Spångbron gör ytan tillgänglig även under de förutsättningar då den är översvämmad, och får då mer känslan av en brygga. Grillplatser och belysning skulle uppmuntra till kvällsaktiviteter som annars är begränsade i området. Stenbeläggnings i svackdikets mitt blir ett estetiskt tilltalande inslag som återkommer i stenmaterialet vid parkens bänkar och stendläktaren.

Aktiviteter som skulle kunna begränsas i och med åtgärden är bollsporter anordnade för många personer som kräver stora plana ytor. Med tanke på bollplanerna i anslutning till parken ses det däremot inte som någon förlorad funktion i områdets närhet.

## Aktivitetsytor i norra delen



Figur 57. Aktivitetsytor i norra delen av Fosietorpsparken.

### Utformning

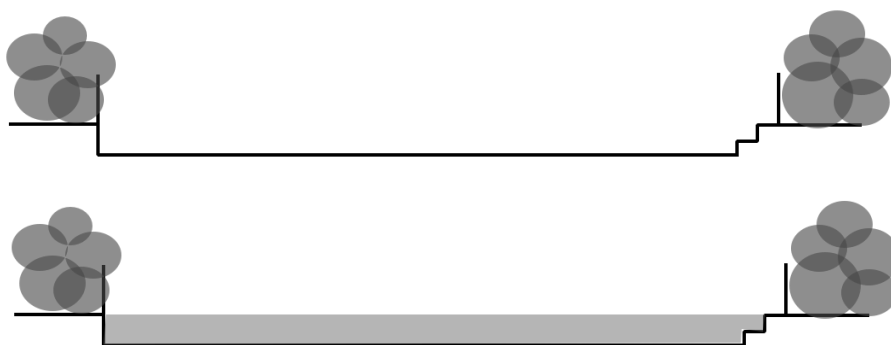
Figur 62 visar aktivitetsytorna i norra delen av Fosietorpsparken. Den stora bollplansytan sänks med 1 m och den lilla med 1,5 m. Trappan ner till planerna förlängs med sittytor längs två sidor i söderläge. Planerna förses med möjlighet till uppdämning och med en mycket flack lutning mot en strypt dränering. Nuvarande ytbeläggning återskapas. Figur 63 visar en sektion av den stora bollplanen efter åtgärd, med och utan översvämning.

### Hårdgjord fotbollsplan:

Ytan på 300 m<sup>2</sup> sänks med 1,5 m vilket ger en magasineringsvolym **EL** på **450 m<sup>3</sup>**.

### Permeabel grusplan:

Ytan på 800 m<sup>2</sup> sänks med 1 m vilket med hänsyn tagen till markens porvolym ger en magasineringsvolym **EL** på **600 m<sup>3</sup>**.



Figur 58. Skalar efter nivåsenkningen i bollplanen.

## Inverkan på stadsmiljö

Nedsänkningen av bollplanerna har ingen begränsande inverkan på de aktiviteter planerna är skapade för. Enbart vid större regnhändelser kommer de fyllas med vatten och kan i övrigt användas till sitt ursprungliga syfte. Sittplatser längs kanterna skapar i kombination med nedsänkningen också en läktarkänsla som framförallt kan upplevas av barn. De skulle även uppmuntra till åskådning som inte ges möjlighet till idag, och på så sätt skapa en ny mötesplats för flera målgrupper och generationer, och möjlighet för dessa att interagera med varandra.



Figur 59. På Söderkullaskolan föreslås gröna tak på samtliga skolbyggnader och en översvämningsyta på bollplanen.

## **Söderkullaskolan**

Söderkullaskolan består till största del av hårdgjorda ytor med stora takytor, skolgårdar och parkeringar. Skolan ligger dessutom mellan de stora flödesvägarna Söderkullagatan och Munkhättegatan och är därför utsatt. Då samtliga tak på skolan har en passande lutning anläggs gröna tak vilket bidrar till att minska den ytavrinning som genereras på taken, se Figur 64.

Skolans grusplan utgörs av en stor fri yta och är en lämplig plats att sänka ner för att skapa magasinering av volym och avlasta ledningsnätet genom uppdämning vid kraftigare regn.

Det skulle också vara möjligt att omvandla en del av de hårdgjorda ytorna på skolgården till regnbäddar. Detta alternativ har uteslutits då regnbäddar potentiellt skulle kunna försvåra lek och hämma vissa aktiviteter.

## *Gröna tak*

### Utformning

Det gröna taket består av en 30 mm tjock sedummatta lagd på en filterduk med underliggande dräneringslager. Mellan dräneringslagret och takkonstruktionen finns ett tätskikt.

Den totala takarean är cirka 6618 m<sup>2</sup> och med ett beräknat magasineringsdjup på 5 mm blir den maximala magasineringsvolymen **E<sub>L</sub> 33 m<sup>3</sup>**.

Inverkan på stadsmiljö

Anläggning av gröna tak på skolans byggnader kan vara ett vackert inslag som bidrar till variation, men kan också ha en undervisande effekt.

*Nedsänkning av aktivitetsyta*

Utformning

Hårdgjord fotbollsplan:

Ytan på 735 m<sup>2</sup> sänks med 1 m vilket ger en magasineringsvolym **E<sub>L</sub> på 735 m<sup>3</sup>**.

Permeabel grusplan:

Ytan på 2865 m<sup>2</sup> sänks med 0,75 m vilket med hänsyn tagen till markens porvolym ger en magasineringsvolym **E<sub>L</sub> på 1610 m<sup>3</sup>**.

Inverkan på stadsmiljö

Nivåskillnaden kan ge en viss dynamik och rumslig variation till den annars väldigt platta skolgården. Sittplatserna som anläggs i kanterna på den stora planen ramar in platsen, ger en kanteffekt samt underlättar för åskådning, vila och uppehälle.

### ***Söderkullaparken***

Då Söderkullaparken ligger långt ner i Söderkullas avrinningsområde, och är en passage för den ytavrinning som når lågpunkten, är parken en plats där stora fördröjningsvolymmer behöver skapas. Här finns det möjlighet att fördröja en mängd vatten som annars riskerar översvämma husen. Här finns dels plats för att skapa en uppdämningsyta i bollplanen. Tack vare parkens låga nivå är det också en naturlig plats att leda ytavrinning till för samlad fördröjning med strypt utflöde. Genom att anlägga en mindre damm i parken skulle träden runt om kunna bevaras och dessutom erbjuda skydd mot direkt solinstrålning vilket skapar goda förutsättningar för dammens vattenkvalitet.

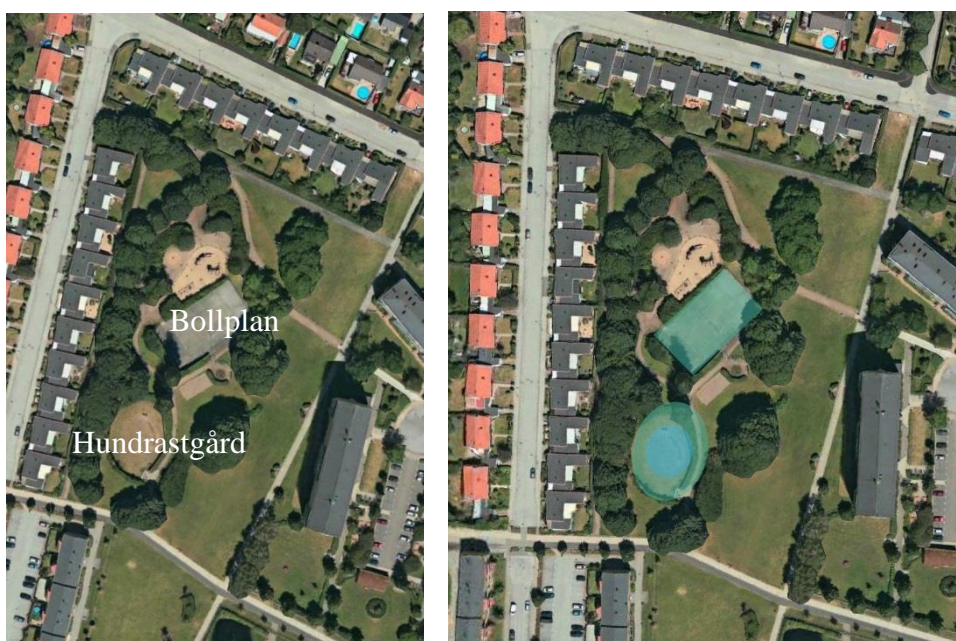


Parken besitter redan idag många värden och är uppskattad för många ändamål, men är i och med sin lokalisering en plats där åtgärder behöver sättas in. Eftersom Söderkullaparken innehåller aktivitetsytor som en bollplan och en lekpark, och dessutom ett stort antal stora, gamla träd, krävs försiktigare åtgärder.

### Damm

#### Utformning

Dammlösningen tar hundrastgårdens yta i anspråk och denna kommer därför behöva rivras eller flyttas, se Figur 65. Markytan som används, inklusive slänter för magasineringvolym, får en elliptisk form med längd och bredd på 40 x 25 m. Maximal utgrävning sätts till 1,20 i dammens mitt vilket ger en maximal släntlutning på ca 1:10.



Figur 60. I Söderkullaparken föreslås en översvämningssyta i bollplanen och en dagvattendamm där hundrastgården ligger idag.

En permanent vattenspegel på 0,5 m säkerställs genom gummiduk. Djupet sätts så grunt som 0,5 m för att kunna erbjuda en större magasineringvolym. Detta lämnar 0,7 m i magasineringshöjd vilket ger en magasineringvolym **EL** på cirka **2300 m<sup>3</sup>**.



I enighet med Malmö Stads dagvattenpolicy anläggs inget stängsel kring dammen, däremot planteras skyddsvegetation etappvis längs slänter och kant. En mindre fontän installeras i dammens mitt för att syresätta vattnet. En brygga anläggs invid dammen.

#### Inverkan på stadsmiljö

En marksänkning utan permanent vattenyta i den mer småskaliga Söderkullaparken vore abrupt i den annars välstrukturerade miljön. Att anlägga en damm är däremot, till skillnad från att acceptera att en yta översvämmas, en permanent lösning. Detta gör att dammen förutom sin funktion som fördröjningselement för dagvatten även bör kunna tillföra andra kvaliteter till området den placeras i. En permanent vattenyta i Söderkullaparken skulle addera ett element som inte återfinns i området idag. Bryggan tillgängliggör vattnet och skapar ytterligare ett aktivitetsmoment i parken. Hundrastgården har inte lika stora krav på platsförutsättningar som en damm, och det är därför enklare att hitta ett nytt, mer passande utrymme för denna.

#### *Nedsänkning av aktivitetsyta*

Figur 66 visar den nedsänkta översvämningsytan i Söderkullaparken.



Figur 61. Översvämningsyta på bollplan i Söderkullaparken.

### Utformning

Ytan på 800 m<sup>2</sup> sänks med en meter, vilket med hänsyn taget till markens porvolym ger **EL 600 m<sup>3</sup>**.

### Inverkan på stadsmiljö

Nedsänkningen av bollplanerna har ingen begränsande inverkan på de aktiviteter planerna är skapade för. Sittplatser längs kanterna skapar i kombination med nedsänkningen också en läktarkänsla som framförallt kan upplevas av barn. De skulle även uppmuntra till åskådning som inte ges möjlighet till idag, och på så sätt skapa en ny mötesplats för flera målgrupper och generationer, och möjlighet för dessa att interagera med varandra.

### ***Norra Gulsparvsgatan/Lövsångaregatan***

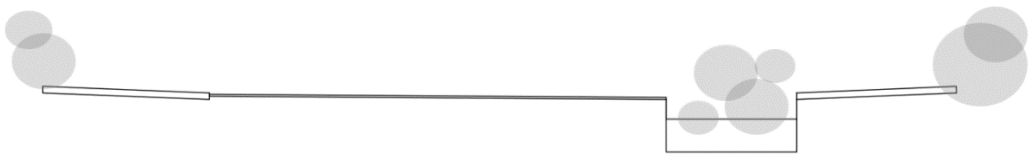
Norra Gulsparvsgatan och Lövsångaregatan är långa, raka lokalgator som sluttar mot Söderkullas absoluta lågpunkt. Gatorna är stora med breda trottoarer och har gott om utrymme för parkering och möten. Norra Gulsparvsgatan är en återvändsgata och är endast målpunkt för de som bor i anknytning till gatan. Lövsångaregatan används förutom av de som bor på gatan, av boende på Norra Gulsparvsgatan och i Eriksfält och är därför lite bredare än Norra Gulsparvsgatan. På båda gatorna finns utrymme för regnbäddar. Regnbäddar kan hjälpa till att avvattna gatorna och minska belastningen i lågpunkten samtidigt som de bidrar med ett grönt inslag i den gråa asfalten.

### Utformning

Växtbäddarna fungerar som ett stråk mellan trottoar och gata med uppehåll vid vardera fastighets garageutfart. Växtbäddarna löper mellan villornas utfarter på N. Gulsparvsgatan och Lövsångaregatan och gör att parkeringsmöjligheter på ena sidan av vägen försvinner. Växtbäddarna har lummig grönska med lågvuxen vegetation. Öppningar i kantstenen möjliggör inflöde till regnbädden. Regnbädden är nedsänkt vilket skapar en fördröjningszon ovanför jorden. Regnbäddarnas bredd sätts till 1 m på Norra Gulsparvsgatan och 2 m på Lövsångaregatan vilket är vad som kan avsättas med tanke på dimensioneringsprinciper för gator med hastighetsbegränsning 30 km/h eller lägre. Figur 67 visar regnbäddarnas placering och Figur 68 visar en sektion över regnbädden på Lövsångaregatan.



Figur 62. Placering av växtbäddar på Norra Gulsparvsgatan och Lövsångaregatan.



Figur 63. Sektionsriktning av regnbädd i gata (Lövsångaregatan).

Totalt uppnås en area för regnbäddarna på cirka 570 m<sup>2</sup>. Med en fördröjningszon på 300 mm och en infiltrationskapacitet på 120 mm blir den maximala magasineringensvolymen **EL 102 m<sup>3</sup>**.

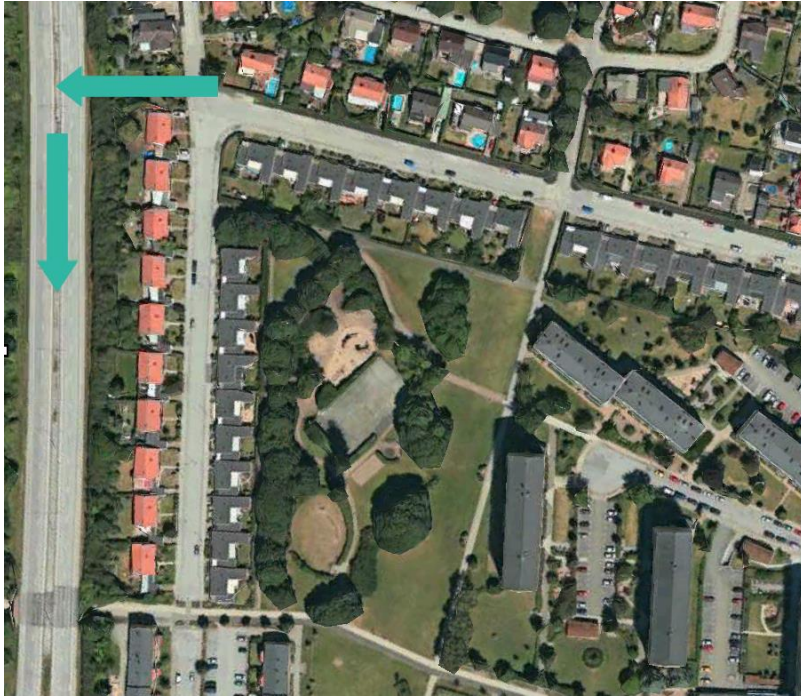
#### Inverkan på *stadsmiljö*

Regnbäddar placerade i gatan bryter den grå och monotona beläggningen med gröna inslag och bidrar till mer variation. Gaturummets stora skala minskas tack vare denna variation och den erbjuder dessutom en mer spännande utsikt över gatan för de boende. Regnbäddarna minskar bredden på gatan och bidrar till en lägre hastighet vilket tillgängliggör gatan. Växtligheten hålls låg så att sikten ut på gatan ej skymms vilket gör att uppsikten bibehålls. Regnbäddarna kan också utgöra föremål för intresse och nyfikenhet.

### ***Flödesväg genom bullervallen***

Det faktum att området är instängt gör att vatten som inte har möjlighet att infiltrera eller dräneras av ledningsnätet ackumuleras i områdets lågpunkt. En möjlighet är att bryta bullervallen och på så sätt skapa en flödesväg för ytavrinning från lågpunkten ut på Trelleborgsvägen. Eftersom Trelleborgsvägen idag är anpassad efter en högre hastighet än vad som tillåts är bullervallen överflödig. Ett avbrott i denna skulle därför inte påverka de boende negativt.

Ytavrinning skulle då istället samlas på Trelleborgsvägen, vilket också kan ifrågasättas, dock är vägen som konstruktion mindre sårbar än vad bebyggelsen vid lågpunkten i Söderkulla är. För att minska eventuella förvärringar som detta skulle kunna medföra på Trelleborgsvägen vid större regn, skulle denna med fördel kunna byggas om och ges en fil i varje riktning. Detta skulle frigöra stora ytor vid sidan av vägen där breda svackdiken kan anläggas. En del av den hårdgjorda ytan mellan körbanorna kan också omvandlas till ett grönt infiltrationsstråk. Vägen skulle på så sätt kunna avvattna sig själv mer effektivt samtidigt som den skulle ha större möjlighet att infiltrera ytavrinning som kommer från uppströms liggande områden. En ombyggnation av vägen skulle vara en motiverad åtgärd även utan den nya flödesvägen genom bullervallen då Trelleborgsvägen redan idag är hårt översvämningsdrabbad. Figur 69 visar vilken plats bullervallen lämpligen separeras. Inget hus behöver rivras eftersom endast en boule-bana ligger vid markeringen.



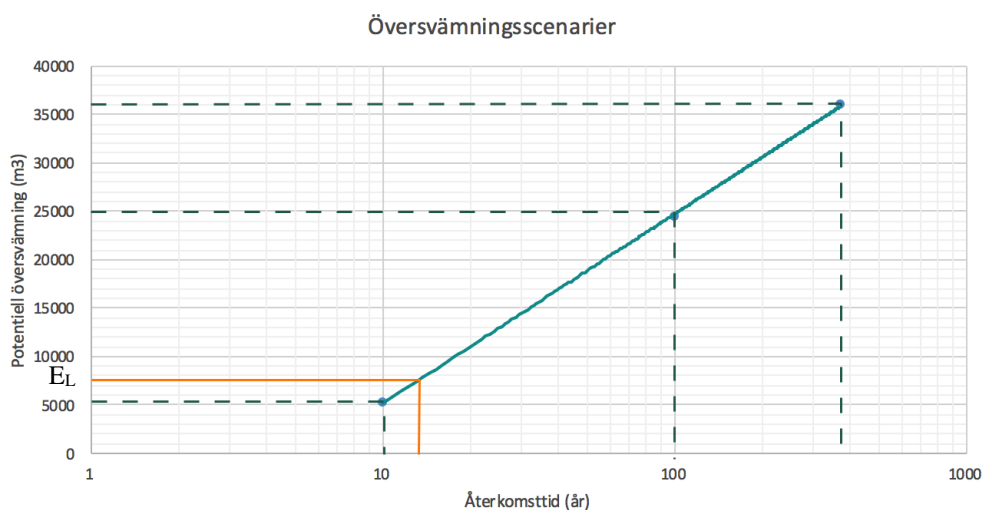
Figur 64. Ny flödesväg genom bullervallen ut på Trelleborgsvägen.

### **Kombinerad effekt av lösningar**

Kombineras föreslagna lösningar är det möjligt att fördröja **7560 m<sup>3</sup>** på fallområdet, se Tabell 1 och Figur 70. Den mängd ytvavrinning som fördröjs eller den översvämningsvolym som minskas av de sammanvägda lösningarna hamnar strax över 10-årsscenarioet

**Tabell 1. Fördröjningsvolym för respektive lösning.**

<b>Lösning</b>	<b>Fördröjningsvolym E<sub>L</sub> (m<sup>3</sup>)</b>
Infiltrationsstråk på parkeringar	120
Fosietorpsparken grönyta	1010
Fosietorpsparken aktivitetsytor	1050
Söderkullaskolan gröna tak	33
Söderkullaskolan aktivitetsytor	2345
Söderkullaparken damm	2300
Söderkullaparken aktivitetsyta	600
Regnbäddar i gata	102
<b>Kombinerad effekt av lösningar</b>	<b>7560</b>



Figur 65. Lösningförslagets fördröjningskapacitet.

Tabell 2 visar hur stor del av den kombinerade effekten som de individuella lösningarna står för.

**Tabell 2 - Individuella lösningars andel av total fördröjningsvolym.**

<b>Typ av lösning</b>	<b>Andel (%)</b>
Infiltrationsytor	3,4
Nedsänkta ytor	66,2
Damm	30,4

### ***Lösningar för extrema händelser***

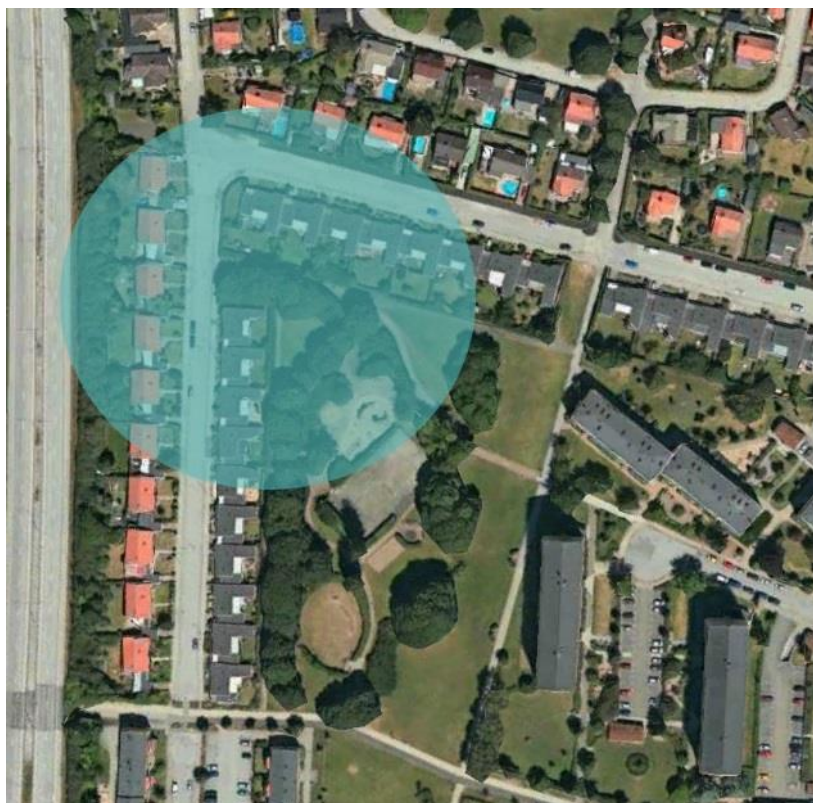
Sett till de större regnhändelserna med återkomsttider på 100 och 370 år har de kombinerade lösningarna mindre inverkan på minskningen av översvämningsvolymen. Tabell 3 visar hur mycket fördröjningsvolym 100- och 370-årsscenarierna skulle kräva utöver de föreslagna åtgärderna, om de omsattes i infiltrationsytor med en maxinfiltration på 120 mm, dammyta med ett magasineringsdjup på 1,5 m uttryckt i ha och antal fotbollsplaner (60x90m), samt hur djupa samtliga bollplaner som sänkts ned i området skulle bli om dessa sänktes för att rymma hela översvämningsvolymen.

**Tabell 3. Ytor som lösningar för extrema händelser tar i anspråk.**

<b>T (år)</b>	<b>Y (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Infiltrationsytor (ha)</b>	<b>Dammyta (ha)</b>	<b>Dammyta (st fotbollsplan)</b>	<b>Nedsänkning bollplaner (m)</b>
<b>100</b>	16911	14,1	1,1	2,1	3,5
<b>370</b>	28412	23,7	1,9	3,5	6,0



Figur 71 illustrerar ungefärlig storlek på den damm som skulle behövas sättas in utöver de föreslagna lösningarna för att magasinera översvämningens volym som uppstår vid 370- årsscenarioet, i relation till omgivningen.



Figur 66. Yta som utöver de föreslagna lösningarna skulle behövas för att fördröja översvämningens volym som uppstår vid 370-årsscenarioet.



## **4. Diskussion**

Diskussionen behandlar både fallstudiens utfall som sådant och hur det kan knytas till eller ifrågasättas av aspekter av klimatanpassning i ett större perspektiv.

### **4.1. Lösningförslag**

Nedan diskuteras de föreslagna åtgärdernas inbördes inverkan i relation till fallområdet och vad olika alternativ skulle medföra för fallområdet. Effektivitetsspekter som inte tagits hänsyn till vid utvärdering av lösningarnas effektivitet diskuteras.

#### **4.1.1. Lösningarnas inverkan i fallområdet**

De öppna dagvattenlösningar i form av infiltrationstråk, regnbäddar och gröna tak som föreslagits i fallområdet har en mycket liten inverkan på mängden ytavrinning vid kraftiga regn, och bedöms därför ha en låg inverkan på fallområdets kapacitet att hantera skyfall. Det är istället främst uppdamningsytorna som utformats på aktivitetsytor och parkytor som bidrar med den största andelen av uppnådd fördröjningsvolym. Framförallt är det just i parkerna och på aktivitetsytor en större yta finns tillgänglig och kan utnyttjas för flera funktioner utan att stadsmiljön direkt äventyras. De nedsänkta ytorna utgör förvisso många gånger ett större ingrepp än att anlägga infiltrationslösningar, men fallstudien har också visat att sådana ingrepp har potential att utformas så att de kan förlänga varaktigheten av och öka aktiviteter på dessa platser. Detta medför en multifunktionalitet i tid som infiltrationslösningarna saknar. Stadsbyggnadens modernistiska karaktär med stora rigida gator, huskroppar och parkeringar har gjort det svårt att hitta tillräckligt stora sammanhängande utrymmen för införande av långa kedjor av öppna dagvattenlösningar. Sådana kedjor med infiltrationsytor, trög avledning och samlad fördröjning skulle potentiellt kunna ge en större effekt på ytavrinningen till följd av skyfall än de utvärderade punktinsatserna har visat på.

En damm kan vara en bra lösning för att åstadkomma en större fördröjningsvolym hos en enskild lösning. Däremot är en anläggning av en damm ett större ingrepp och dammen har inte samma multifunktionalitet i tid som lösningarna utan permanent vattenyta har.

Dammen får dock ses som multifunktionell i rummet då den erbjuder både fördröjningskapacitet, rekreativa värden och en viss rening av dagvatten. Det ska också skiljas på en anlagd översvämningsyta dit dagvatten tillåts dämmas upp och en lösning i form av en damm, dit dagvatten kan ledas kontinuerligt och utgör det centrala elementet i dammens existens. En uppdämningsyta kan potentiellt fördröja mer vatten än en damm av samma storlek. Däremot blir den svårutformad i en mer småskalig parkmiljö som Söderkullaparken, om den inte utformas som, eller som i bollplanens fall redan består av, en hårdgjord aktivitetsyta. Det kan också ifrågasättas om en damm i en redan attraktiv park med många goda kvaliteter som Söderkullaparken kommer att vara kvalitetshöjande. Däremot skulle anläggning av en damm i Söderkullaparken vara en för dess miljö rimlig metod att utöka fördröjningsvolymerna vid sidan av nedsänkningen av bollplanen, men som alltså mest skulle motiveras av just behovet av fördröjningsvolymerna snarare än brister i stadsmiljön. En jämförelse kan göras med nedsänkningen av markytan i Fosietorpsparken. Här fungerar en nedsänkning utan permanent vattenyta eftersom den södra delen av parken är öppen och storskalig och tål en nedsänkning på ett helt annat sätt.

Fallstudien visar att de föreslagna lösningarna är långt ifrån tillräckliga för att kunna fördröja en betydande andel av de vattenmassorna som kan ansamlas i lågpunkten vid skyfall. För att motverka översvämningen vid scenariot Arvid skulle omkring 28 500 m<sup>3</sup> behöva fördröjas på fallområdet utöver den fördröjningsvolym på 7560 m<sup>3</sup> som föreslagna lösningar står för. 100-års scenariot motsvaras av en ytterligare behövd fördröjningsvolym på 16900 m<sup>3</sup> och detta är orimligt med tanke på områdets utformning. Alternativet att skapa en flödesväg för ytavrinning ut ur området från lågpunkten får ses som den enda enskilda åtgärden med potentiell betydelsefull verkan för att motverka att husen översvämmas i lika hög grad som tidigare. Denna åtgärd innebär ett avbrott i bullervallen och ett kontinuerligt flöde ut på Trelleborgsvägen. Trelleborgsvägen är redan med dagens förutsättningar hårt drabbad vid skyfall, men är också en tåligare, mindre sårbar konstruktion. Det kan däremot ifrågasättas vilka konsekvenser detta skulle kunna få ur en säkerhetsaspekt.

Översvämningsvolymen som ackumuleras i lågpunkten vid scenariot Arvid skulle då uppta en yta av 2,85 ha med 1 meters vattendjup över Trelleborgsvägen, i tillägg till de volymer som redan finns där. Stora vattendjup kan äventyra säkerheten för människor och bilar samt blockera framkomlighet för blåljusfordon.

Beroende på ledningsnätets förutsättningar skulle det också kunna orsaka uppdämning i andra områden om ännu mer vatten blir stående. Det faktum att Trelleborgsvägen är kraftigt överdimensionerad gör däremot att det finns god potential att förbättra förutsättningarna vid ett sådant alternativ. Efter ombyggnation skulle de föreslagna svackdikena på sidan av vägen kunna erbjuda en stor fördröjningsvolym där vattnet ges möjlighet att långsamt infiltrera samtidigt som det avleds trögt.

#### **4.1.2. Den bestående risken för översvämning**

För att förhindra en översvämning vid skyfallet Arvid skulle enligt den använda modellen en platt infiltrationsyta på 23,7 ha behöva föras in, vilket innebär nästan hela den hårdgjord yta som finns i området. De fördröjningsvolymerna som skulle krävas för att inrymma den ytavrinning som enligt modellen genererades vid Arvid skulle motsvaras av att samtliga bollplaner i området sänks med 6,0 m eller att en damm lika stor som 3,5 fotbollsplaner med ett magasineringsdjup på 1,5 m anläggs. Vid 100-årsscenarioet skulle denna yta motsvaras av 2,1 stycken fotbollsplaner med samma magasineringsdjup eller att alla bollplanerna på området sänks med 3,5 m. Dessa extremlösningar är uppenbart inte helt rimliga att införa med avseende på stadsmiljön. Att anlägga en damm lika stor som 3,5 fotbollsplaner vid lågpunkten i området skulle kräva att upp mot 25 stycken hus rivs vilket kan vara svårt att motivera både för politiker och boende. Potentiellt skulle det kunna motiveras av en kostnads-nyttoanalys där kostnaden för skadan av kommande skyfall ställs i jämförelse med kostnaden att köpa ut husen, riva dem och anlägga en stor damm. Frågan blir då också hur man ska införa de boendes affektionsvärde till sina hus i en sådan kostnads-nyttoanalys.

Dessa jämförelser gör det tydligt att det inte är rimligt att kunna skydda sig mot hur kraftiga skyfall som helst. Någonstans finns det en gräns där man är villig att ta risken hellre än att utföra de åtgärder som krävs för att eliminera den. Sannolikheten för att ett regn som Arvid ska inträffa är statistiskt sett väldigt liten, och de lösningarna som skulle krävas för att förhindra en översvämning till följd av ett sådant skyfall skulle antagligen inte bli fullt utnyttjade speciellt ofta, om man ska tro statistiken var 370:e år.

Tänker man i kostnads-nyttoperspektiv så är kanske reparations- och försäkringskostnader för den inträffade översvämningen en gång på 370 år ett billigare och bättre alternativ än implementering av lösningar som inte kan bidra med fler funktioner. En damm lika stor som 3,5 fotbollsplaner är svår att motivera ur andra perspektiv än att just rädda viss bebyggelse var 370:e år.

Vidare är osäkerheten i statistiken något som gör sig påmint då man talar om klimatförändringar. Det som baserat på nederbördsstatistik från exempelvis de senaste 50 åren är ett 370-årsregn, kanske "bara" är ett 100-årsregn om vi hade haft vetskap om hur nederbördsmönstren skulle se ut i framtiden. Det finns exempelvis en risk att ett 370-årsregn inträffar tre gånger på tio år. Om det skulle inträffa så skulle det ge utslag på ny statistik och innebörden av ett 370-årsregn skulle förändras. På så sätt måste begreppet återkomsttid tas med en nypa salt.

Som boende i frekvent drabbade områden står man relativt försvarslös inför översvämningensrisken. Eftersom magnituden av de åtgärder som krävs är så omfattande har man som enskild privatperson varken makt att ta beslut eller möjlighet att ta saken i egna händer. Det är därför viktigt att hela samhället inser vikten av klimatanpassning och att det skapas ett medvetande kring dess drivkrafter. Den processen måste börja med att de yrkesgrupper som har makt att förändra arbetar i samförstånd med varandra för att minska sårbarheten. Därför är det viktigt att arbetet med klimatanpassning prioriteras och att man inom detta kommunicerar och arbetar transprofessionellt.

#### **4.1.3. Övriga aspekter av effektivitet**

Då lösningarna i denna studie utvärderas med avseende på deras fördröjningsvolym utelämnas viktiga effektivitetsaspekter som gäller öppna dagvattenlösningar, exempelvis infiltrationsytor. Eftersom den absolut största andel av den årliga nederbörden består av mindre renghändelser, är de öppna dagvattenlösningarna effektiva genom att de lokalt kan ta hand om en stor andel av årsnederbörden. På så sätt minskar dels belastningen på ledningsnät och reningsverk sett över året, vilket är en viktig effektivitetsaspekt då allt för mycket dagvatten tenderar att belasta just dessa på en årlig basis.

En ytterligare fördel som kan utnyttjas är den minskade åtgången av dricksvatten som kan följa i de fall dagvatten samlas upp från exempelvis takytor för att sedan kunna användas till exempelvis bevattning och toalettspolning. Dessutom kan de utgöra ett steg tillbaka mot en mer naturlig vattenbalans.

Ytterligare en faktor är synligheten av öppna dagvattenlösningar och deras signal gentemot de boende i området att åtgärder vidtas för att minska konsekvenser av skyfall, vilket kan ha en lugnande effekt för de som bor på utsatta platser. Med tanke på deras ringa effektivitet kan det visserligen på samma sätt ses som en falsk trygghet. Infiltrationslösningarna i stort bidrar däremot till att öka medvetenhet och intresse för dagvattenhantering. Det bör alltså framhållas att det finns andra fördelar med öppna dagvattenlösningar än deras förmåga att hantera skyfall som denna fallstudie utvärderat. Samtidigt saknar de uppdämningslösningar som i fallstudien visat sig vara mer effektiva med avseende på att motverka översvämningar de ovan nämnda effektivitetsaspekterna, förutom lösningen på gräsytan i Fosietorpsytan som erbjuder infiltration.

#### **4.1.4. Vikten av åtgärder uppströms**

Söderkullas topografi tillsammans med den storskaliga och hårdgjorda stadsmiljön är bidragande orsaker till den ohållbara situation som föreligger i Söderkulla vid kraftiga skyfall. Alla grunder till problemet ligger däremot inte enbart i fallområdet i sig. Eftersom det har setts att upptryckning ur ledningar är ett stort problem finns det stor anledning att titta extra på de områden som är anslutna till samma dagvattennät uppströms Söderkulla. Det indikerar nämligen att ledningsnätet är kraftigt överbelastat. De områden som ligger uppströms Söderkulla i ledningsnätets upptagningsområde är byggda under 1960- och framförallt 1970-talet, och har alltså anslutits till ledningsnätet efter det anlagts för Söderkulla. Det kan då misstänkas att huvudledningen är för liten för att klara ytavrinning från alla dessa områden vid större regn och istället dämmer dagvatten upp i Söderkullas lågpunkter.

Förutom tillkommande anslutningar från nyexploateringar kan också förtätning av områden inverka på att situationen förvärras. Det resulterar i att fler hårdgjorda ytor inom områdena ansluts till ledningsnätet vilket kan bli kritiskt.

Med detta sagt skulle det alltså krävas omfattande åtgärder i hela ledningsnätets upptagningsområde för att påverka den volym dagvatten som trycker upp i Söderkullas lågpunkter. För att minska upptryckningsfaktorn skulle arean hårdgjorda ytor som är knutna till ledningsnätet behöva minskas hela vägen uppströms, antingen genom att de minskas till sin area, eller genom att de ansluts till öppna dagvattenelement. Eftersom uppdämningsvolymen vid skyfallet Arvid utgör nästan halva volymen av översvämningen, skulle åtgärder uppströms vara av stor vikt. Om upptryckningsfaktorn kunde minskas eller tas bort skulle den totala översvämningens volym på fallområdet minska drastiskt i 100årsscenarioet och scenarioet Arvid. Detta skulle resultera i att de åtgärder som föreslagits inom fallområdet skulle ge en större effekt. Dessutom skulle en mindre volym behöva släppas ut på Trelleborgsvägen i det fall bullervallen bryts.

## **4.2. Implementering av konceptuell modell på fallområdet**

Här behandlas de generaliseringar och osäkerheter som föreligger i konceptuell modell, vattenbalans och nederbördsdata.

### **4.2.1. Vattenbalans**

Vattenbalansen som används för att ta fram översvämningens volymer för vardera scenario är en grov förenkling av verkligheten. Vattenbalansen ignorerar beräkningsmässigt variationer både i tid och rum. Ledningsnätets dränering behandlas som en jämn subtraktion från det regn som faller på hårdgjorda ytor, utan hänsyn tagen till placering och tillstånd på brunnar. Grönytors infiltrationskapacitet behandlas liknande, alltså som en över grönytorna jämnt fördelad subtraktion av det regn som faller på dessa ytor. Det antas att det regn som faller utöver markens maximala infiltrationshastighet, direkt bildar ytavrinning som blir del av en potentiell översvämningens volym på fallområdet. I verkligheten borde en del av denna tillfälliga avrinning låsas in i finare kupering hos grönytorna där de kan fördröjas och så småningom infiltrera. Motsatt effekt kan uppstå på upphöjda delar av grönytor genom att markens lutning gör att det är lättare för vattnet att rinna av höjden istället för att infiltreras. Däremot rinner det sannolikt av till en lägre punkt på grönytan där det kanske till och med kan fördröjas, varför denna effekt bedöms vara mindre än den tidigare.

Den area som uppskattats som permeabel kontra impermeabel kan vara felbedömd. Dessutom är infiltrationskapaciteten starkt beroende av markens fuktighet innan regnet och kan därför variera.

Den volym som trycker upp ur ledningsnätet vid 100-årsscenarioet och scenarioet Arvid är baserade på grova uppskattningar utifrån en flödeslogg före och efter magasinet i Söderkullaparken under skyfallet Arvid. Den upptryckning som uppskattats för Arvid har halverats för att skapa ett antagande kring den upptryckta volymen under 100-årsscenarioet. Rimligheten i detta är inte närmare undersökt och det saknas vetenskap om med vilken återkomsttid, varaktighet och med vilket flöde upptryckning ur ledningsnätet sker. Förutom osäkerheten inom uppdämningsfaktorn själv, kan den också ligga till grund för en överskattning av ledningsnätets kapacitet under 100-års scenarioet och scenarioet Arvid, då ledningsnätet inte kan dränera med full kapacitet ifall uppdämning pågår ur vissa delar. Detta skulle tala för större volymer potentiell översvämning än vad som anges i scenarierna. Det finns dock inga uppgifter att validera de beräknade volymerna emot, utan en mer omfattande modellering skulle behöva utföras för att kunna bestämma volymer med en större säkerhet.

Den kritiska varaktighet som valts kan diskuteras. Å ena sidan är korta, högintensiva regn mest kritiska med avseende på urbana översvämningar. Samtidigt är det studerade fallområdet instängt och därför kan ett ackumulerande flöde över längre tid bidra till stora volymer som inte kan ta sig ut ur området, vilket skulle motivera en längre tid. Avvägningen mellan dessa argument, tillsammans med studier som visar att det i Malmö rapporteras flest fall av översvämningar vid varaktigheter på 4-8 timmar har beaktats, gjorde att 6 timmar valdes. Modellen beaktar förutom geografiska variationer heller inte tidsmässiga variationer inom den kritiska varaktighet som bestämts. Regnvolymer som faller utöver kapacitet hos ledningsnät och infiltration behandlas som permanent ytavrinning, medan en del av den ytavrinning som bildas i själva verket skulle kunna rinna undan om det blir uppehåll eller ges plats i ledningsnätet under den kritiska varaktigheten.

#### 4.2.2. Utvärdering av lösningarnas effektivitet

Lösningarnas effektivitet bedöms utefter den totala översvämningsvolym som teoretiskt sett kan fördröjas i lösningarna i relation till den potentiella översvämningsvolymen. Även här blir svarta lådan-effekten påtaglig. För att detta mått ska bli riktigt krävs att så mycket vatten som lösningarna är beräknade att kunna fördröja, också når lösningen. När jämförelsen med lösningarnas kapacitet görs, behandlar modellen detta som att alla lösningar har tillgång till alla blockvolymen som tillkommit i vattenbalansen. I verkligheten är detta starkt beroende av lösningarnas placering i avrinningsområdet i relation till flödesvägar. En förnuftig placering av lösningarna, där de är lokaliserade så att deras fulla fördröjningskapacitet kan utnyttjas, gör att denna effekt blir mindre betydande.

Om fördröjningsvolymen per åtgärdsenhet inte blir utnyttjad på grund av att tillräckligt mycket vatten inte når dit, stämmer inte effektivitetsmålet. Modellen som använts skulle lämpa sig bättre vid undersökning av ett mindre fallområde ur det avseende att man inte riskerar lika mycket variationer och kan ha mer detaljerad koll på exakt vilka volymer ytavrinning som hamnar var. Det studerade fallområdet är också speciellt i det avseende att ytavrinningen ackumuleras i en instängd lågpunkt dit hela området bidrar med ytavrinning. På ett mer platt område skulle den potentiella översvämningsvolymen kunna ha en större spridning i flera, mindre vattenmassor. En viss sådan effekt skulle sannolikt också uppstå i det studerade fallområdet, då en del av översvämningsvolymen skulle kapslas in i gropar och sänkor där det inte gör någon skada.

Upptryckning ur ledningsnätet behandlas som en blockvolym som sprids jämnt över området, när den i själva verket påverkar området på en högst lokal nivå. Teoretiskt sett kan alltså en volym som tryckts upp ur ledningar nedströms, fördröjas i ett fördröjningselement insatt längre uppströms i området vilket är omöjligt i verkligheten. Åter igen krävs här rimliga placeringar av lösningar. Modellen antar också att det dagvatten som enligt förslaget släpps ut i Fosietorpsparken, nämligen dagvatten från området uppströms Söderkulla, Almvik, på så sett hindras från att trycka upp ur ledningen längre nedströms i Söderkulla. På så sätt behandlas en del volymer som om de kan tas från upptryckningen och fördröjas längre uppströms.



### **4.2.3. Regndata**

Den regndata som använts är av varierande slag, vilket gör att kompatibiliteten då dessa sammanförs i samma modell kan ifrågasättas. Datan som använts för att framställa ytavrinningsvolym för 10- och 100-årsscenario är CDS-regn för Malmö och datan som använts för scenariot Arvid är loggad från en enskild regnmätare på Söderkullaskolan. Dels kan de geografiska variationerna vara en osäkerhetsfaktor, men framförallt datans uppbyggnad. CDS-regnen som används gav utslag för samma kritiska volym, alltså volym utöver ledningsnätets kapacitet för hårdgjorda ytor och volym över infiltrationskapaciteten för grönytor, för samtliga varaktigheter från 1-24 timmar. Detta beror på att perioden är 24 timmar och att CDS-regnets peak är onaturligt spetsig. För att kompensera för denna effekt kan en längre varaktighet väljas vilket ytterligare motiverar att en kortare varaktighet än 6 timmar inte bör väljas i detta fall.

100-årsregnet skiljer inte speciellt mycket från scenariot Arvid med avseende på genererad ytavrinning. Tas faktorn för upptryckning ur ledningsnät bort bildas till och med mer ytavrinning under 100-årsregnet än Arvid, som brukar beskrivas som ett 370-årsregn. Detta bedöms dels bero på CDS-regnets utformning. Volymerna som genereras över ledningsnätets kapacitet blir stora eftersom CDS-regnet utgörs av en enda stor peak med överdriven maxintensitet, medan Arvid många gånger varierar under och över ledningsnätets kapacitet och inte bildar lika stora kritiska volymer rent datamässigt.

## **4.3. Utveckling av konceptuell modell**

Nedan följer diskussion kring det utvecklade visualiseringsverktygets tänka användning, hur det användes i fallstudien och hur dess koppling till 3PA bestått i utvecklingen av den.

### **4.3.1. Tänk användningsområde**

Det visualiseringsverktyg som utvecklats är tänkt att kunna åskådliggöra magnituden av de lösningar som kan krävas för att motverka urbana översvämningar samt att tydligt kunna visa på effektiviteten hos planerade lösningar i området.

Detta för att framförallt kunna kommunicera vikten av dem till andra professioner som stadsplanerare och politiker. Det handlar om att kunna sätta planerade lösningars effektivitet i ett mer direkt och greppbart samband med översvämningsvolymerna och återkomsttider. Modellens betydelse kan lätt ifrågasättas av VA-planerare eftersom det ligger dem närmre till hands att både tolka betydelsen av återkomsttider och regnintensiteter, samt att ha en uppfattning om effektiviteten hos olika öppna dagvattenlösningar.

Däremot kan den ha ett förtydligande och övertygande värde på övriga professioner till vilka VA-planerare av olika anledningar behöver kommunicera detta. Exempelvis till stadsplanerare för att uppnå samförstånd i planeringsprocesser, och motivera att flera funktioner byggs in då man gör stadsbyggnadsåtgärder på torg, innergårdar, gator eller hela områden. Fallstudien har visat att en lösning som ger fördröjningsvolymerna också kan ge tillfälle att förbättra stadsmiljön. Ett annat exempel kan vara kommunikation med politiker då man behöver motivera finansiering av en lösningsåtgärd. Det kan då vara en stor fördel att i ett tidigt skede kunna knyta lösningens betydelse mot kostnader för en potentiell översvämning av en viss magnitud.

#### **4.3.2. Användning inom fallstudien**

Fallstudien har varit ett försök att sätta samman aspekten av krav på fördröjningsvolymerna och aspekten av en god stadsmiljö och se hur det fungerar. I fallstudien har modellen främst använts som ett visualiseringsverktyg för att redovisa lösningars effektivitetsbidrag på en skala med tydliga referenspunkter i form av de tre översvämningsscenarierna. Rimligheten i de för scenarierna framtagna översvämningsvolymerna måste åsidosättas då modellens användningsområde och funktion diskuteras. Detta eftersom mer detaljerat framarbetade volymer kan integreras i modellen, och ifall modellen skulle implementeras i ett helt verkligt fall, skulle analyserna och framtagningen av volymerna ersättas av professioner och mer omfattande undersökningar.

För att i fallstudien kunna undersöka relationen mellan krav på fördröjningsvolymerna och kvaliteter och värden i stadsmiljö, har Gehl-analyser använts för att motsvara kvalitetskrav och resonemang som stadsplanerare hade värderat i en verklig process.

Det finns andra metoder att analysera kvaliteter i stadsmiljön än Gehl-analysen, men metoden valdes eftersom den är erkänd och erbjuder ett bra underlag för att analysera en plats förutsättningar inför implementering av en åtgärd. Dessutom är tanken bakom Gehls principer att forma en stadsmiljö för människan genom att skapa förutsättningar för aktiviteter och möten, vilket lägger en grund för den sociala hållbarheten. Gehl-analysen behövde kompletteras med analyser om rörelsemönster för att ge en mer övergripande uppfattning om stadsmiljöns funktion, vilket Gehl-analysen ensam inte ger.

### **4.3.3. Återanknytning till 3PA**

Verktöget är baserat på en konceptuell modell som är en utveckling och en kvantifiering av 3PA. I och med detta är det intressant att utvärdera huruvida budskapet med 3PA har följt med genom utvecklingen av den konceptuella modellen. Kärnan i förhållningssättet 3PA är att lösningar som ämnar minska effekterna av skyfall måste integreras väl i stadsmiljön och måste fungera även i de situationer då de inte agerar översvämningsskydd. Vikten av att skapa ett samförstånd hos flera discipliner och professioner angående skadebilden till följd av extrema regn och urbana översvämningar framhålls och man belyser fördelarna med att arbeta med multifunktionella ytor då man implementerar åtgärder mot översvämningar i stadsmiljö. För att uppnå lyckad multifunktionalitet menar man att transdisciplinärt samarbete i tidiga skeden av planeringsprocessen är lösningen. 3PA:s tre domäner utgörs av vardagsregn, dimensioneringsregn och skyfall. Den modifiering som gjorts för att anpassa 3PA till en modell för översvämningshantering är att domänen för vardagsregn tagits bort och det lindrigaste scenariot är istället det där det kan börja bli problem med översvämningar, nämligen dimensioneringsregnet som kvantifierats till ett regn med tio års återkomsttid. Vidare läggs ytterligare ett extremregn till efter 100års-scenariot. I diagrammet har skadebild mot återkomsttid har ersatts med översvämningssvolym mot återkomsttid. Den utvecklade modellen ämnar nu kunna utvärdera effektiviteten hos åtgärder som planeras för att minska effekterna vid stora regnmängder med avseende på deras fördröjningsvolym.

En legitim fråga är då vad som händer med vardagsdomänen som eliminerats jämfört med 3PA:s ursprungliga koncept. En påverkan är att lösningar som skulle kunna utgöra en annan form av effektivitet med avseende på vardagsregn, alltså öppna dagvattenlösningar vilka kan bidra med att mindre dagvatten når reningsverket på en årlig basis, eller en minskning av förbrukat dricksvatten till följd av kontinuerlig uppsamling av regnvatten, uteblir.

Eftersom fallstudien visat att det varit lättare att skapa översvämningssytor där man avsiktligt låter dagvatten dämna upp i befintlig stadsmiljö snarare än öppna dagvattenlösningar som översvämningsskydd, har det också tagits ett steg ifrån att göra nytta av vardagsregn. Istället har det enligt 3PA:s ursprungliga budskap säkerställts att lösningarna fungerar till vardags med avseende på deras utformning. Då lösningarna inte används som översvämningsskydd, kan de ändå uppskattas på en daglig basis och bidrar då med kvaliteter till stadsmiljön. Som tillägg gör domänförskjutningen att de nya scenarierna centreras kring översvämningssvolymen där det finns tydliga svårigheter att tillgodose intressen hos både VA- och stadsplanerare, eftersom det finns en brist på lediga ytor i staden. Detta gör att man då måste kunna samarbeta mellan professionerna för att skapa multifunktionella ytor.

#### **4.4. Komplexitet kring klimatanpassning**

Det faktum att nästan all hårdgjord yta i fallområdet skulle behöva omvandlas till infiltrationsyta för att motverka översvämningen till följd av Arvid gör det tydligt att stadens existens i sig är en tydlig orsak till den problematik vi idag ser med urbana översvämningar. Stadens existens attraherar och orsakar vissa skadeformer som inte förelegat om staden inte existerat, vilket gör frågan om implementering av lösningar i en redan befintlig stadsmiljö något paradoxal. Detta kan kopplas direkt till det resonemang kring självordnad kritikalitet som ligger till grund för 3PA. Nämligen att det komplexa systemet staden, utlöser sin egen problematik, och att implementerade lösningar kan hjälpa fram till den punkt då staden justeras till den nya jämvikten genom att den exempelvis att förtätas.

För att bibehålla effekten av implementerade klimatanpassningsåtgärder krävs att stadsmiljön inte justeras till den nya jämvikten, och åter igen blir sårbar, utan att buffertzonen som skapats av klimatanpassningen bevaras.

Svårigheten i detta är den konflikt som skapas med andra intressen som kan verka mer attraktiva då de ger någon form av direktavkastning, exempelvis en nyexploatering som ska leda till försäljning av bostadsrätter.

Den pågående klimatförändringen blir den utlösande faktorn i framdrivandet av klimatanpassningsbehovet, som gör att de bakomliggande orsakerna i form av urbanisering och förtätning tydliggörs. Många urbana områden är anlagda utan att en buffertzona byggts in, alternativt har buffertzonen byggts bort till förmån för direktavkastning genom förtätning. Detta resonemang går att relatera till fallområdet, där nya områden exploaterats och förtätats i efterhand uppströms fallområdet och anslutits till samma dagvattensystem vilket drivit fram behovet av klimatanpassning. På så sätt har det som en gång var del av en omfattande stadsförnyelse blivit föremål för behovet av en ny, nämligen klimatanpassningen.

## 5. Slutsats

Fallstudien har visat att det kan finnas svårigheter att hitta yta för erforderliga fördröjningsvolymmer eller kedjor av lösningar i befintliga urbana områden utan att äventyra övriga intressen i stadsmiljön. Studien indikerar också att det enda rimliga sättet att avhjälpa den flödesackumulation som sker vid kraftiga skyfall i den instängda lågpunkten är att skapa en flödesväg ut ur området genom att bryta den barriär som bullervallen utgör. Det har också framkommit att en stor andel av den översvämningsvolym som drabbar fallområdet består av dagvatten som dämats upp ur ett överbelastat ledningsnät. Därför behöver vikten av åtgärder i hela ledningsnätets upptagningsområde belysas. Åtgärder enbart inom fallområdet kan bli näst intill verkningslösa om inte denna faktor beaktas.

Den konceptuella modellen visar att infiltrationsytor är ineffektiva som skydd mot översvämningsvatten. Istället verkar uppdamningsytor vara det alternativ där man kan åstadkomma både störst fördröjningsvolym och uppnå flera funktioner i samma lösning. Däremot finns det andra viktiga effektivitetsaspekter hos infiltrationslösningar som inte utvärderas i fallstudien. Framförallt gäller det den minskning av årlig belastning på ledningsnät och reningsverk som infiltrationsytor kan ge upphov till.

Det har i fallstudien framkommit att det är möjligt att kombinera skapandet av fördröjningsvolymmer med insatser för att bidra med kvaliteter i stadsmiljön. Det finns dock utmaningar i att sammanväga de kvalitativa och kvantitativa utvärderingsmetoder som ligger till grund för utvärdering av kvaliteter i stadsmiljön respektive behovet av fördröjningsvolymmer. Sammanvägningen kan inte göras av en modell utan måste göras i samverkan mellan människor som representerar respektive intresse. Olika professioner bör dra nytta av varandras behov av åtgärder så att de kan göras multifunktionella och på så sätt bidra med flera vinster på samma yta.

Den konceptuella modell som utvecklats skulle vara mer lätthanterlig och trovärdig ifall den skulle appliceras på ett mindre fallområde eller på mindre delområden. Den kan skapa en överskådlighet i tidiga planeringsskeden för att överblicka vilka magnituder på åtgärder som skulle krävas i olika scenarion.

Visualiseringsverktygets användbarhet som kommunikationsverktyg skulle kunna stärkas om en förlängning i form av en kostnads-nyttoanalys av fallområdet, där skadekostnader beräknas i relation till översvämningsvolym och återkomsttider. Detta skulle kunna stärka verktygets betydelse som underlag vid beslutsfattning om åtgärder.

Då klimatanpassningsåtgärder har realiserats måste den buffertzonen som byggts in i och med klimatanpassningsprocessen bibehållas för att ge en långsiktigt hållbar verkan. Därför måste fortsatt urbanisering och förtätning ske med en försäkran om att buffertzonen inte elimineras. Stadsutvecklingen framöver måste därför reservera utrymme för klimatanpassning vid samtliga ingrepp som utförs i staden.

## 6. Litteraturförteckning

Baek Pedersen, P. (2009). Sustainable Compact City. Köpenhamn: Arkitektens Forlag

BeBR (2016). Västra Söderkulla.

<http://www.bebyggelseregistret.raa.se/bbr2/miljo/visaHelaBeskrivningen.raa?miljoId=21200000000265> [2016-05-22]

Bengtsson, L. (2004). Hydrologi – Teori och processer [internt material]. Lund: Avd. Teknisk Vattenresurslära

Blomberg, A., & Burman, A. (red.) 2001. Mångfaldskonferenser 1999: Biodiversitet i städer. CBMs Skriftserie 5. Uppsala: Centrum för biologisk mångfald: <http://www.slu.se/Global/externwebben/centrumbildningar-projekt/centrum-for-biologisk-mangfald/Dokument/publikationer-cbm/cbm-skriftserie/skrift5.pdf>

Boverket (2010a). Socialt hållbar utveckling – en kunskapsöversikt. Regeringsuppdrag IJ2009/1746/IU. <http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/socialt-hallbar-stadsutveckling.pdf>

Boverket (2010b). Mångfunktionella ytor – klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönstruktur. [http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/mangfunktionella\\_ytor.pdf](http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/mangfunktionella_ytor.pdf)

Boverket (2012). Klimatanpassning. <http://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/halsa-och-klimat-i-samhallsplaneringen/klimatanpassning/> [2016-02-24]

Boverket (2014). Under miljonprogrammet byggdes en miljon bostäder. <http://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/miljonprogrammet/> [2016-05-24]

Butler, D. & Davies, J. W. (2004). Urban Drainage. 2. Uppl. London: Spon Press



Clausen, O. (2015). Efter ett år kan de inte flytta tillbaka. [radioprogram] Malmöhus, P4, 30 juli.

Danielsson, P. (2013). Kvalitetssäkring av sedumtak. Stockholm: Skanska  
<http://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/E8C6E6F7-837C-4C38-86FB-4F57CEF048B8%5CFinalReport%5CSBUF%2012588%20Slutrapport%20Kvalitetss%C3%A4kring%20av%20sedumtak.pdf>

DG Environment News Alert Service. (2012). The Multifunctionality of Green Infrastructure. In depth report, Science for Environment Policy.  
[http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/Green\\_Infrastructure.pdf](http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/Green_Infrastructure.pdf)

Esri (2016). Tool Reference, ArcGIS Pro. <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/main/arcgis-pro-tool-reference.htm> [2016-05-22]  
Expressen (2014). Kraftigt regnoväder drar in över Sverige.  
<http://www.expressen.se/kvallsposten/kraftigt-regnovader-drar-in-over-sverige/> [2016-06-01]

Fratini, C.F., Geldof, G.D., Kluck, J. & Mikkelsen, P.S. (2012). *Three Points Approach (3PA) for urban flood risk management: A tool to support climate change adaptation through transdisciplinarity and multifunctionality*. Urban Water Journal, 9:5, 317-331, DOI: 10.1080/1573062X.2012.668913

FN (2008). United Nations expert group meeting on population distribution, urbanization, international migration and development. Department of Economic and Social Affairs at the United Nations Secretariat:  
[http://www.un.org/esa/population/meetings/EGM\\_PopDist/P01\\_UNPopDiv.pdf](http://www.un.org/esa/population/meetings/EGM_PopDist/P01_UNPopDiv.pdf)

FN. (2014). Milleniemål 7: Säkra en miljömässigt hållbar utveckling.  
<http://www.millenniemaalen.nu/sakra-en-miljomassigt-hallbar-utveckling/>

Ward, R.C. & Robinson, M. (2000). Principle of Hydrology. 4. Uppl. London: McGraw-Hill

Gehl Architects (2016). Handbok för 'Liv – Rum – Hus' Workshops.  
<https://www.boras.se/download/18.3f32b16112959a1b55280003361/1390353523548/Gehl+Workshophandbok+Liv-rum-hus.pdf>

Gehl, J. (2010a). Life between buildings. 6. Uppl. Köpenhamn: The Danish Architectural Press

Gehl, J. (2010b). Cities for People. Washington: Island Press

Hernebring, C. (2006). 10års-regnets återkomst, förr och nu – regndata för dimensionering/kontroll-beräkning av VA-system i tätorter. (Rapport 2006-04). Stockholm: Svenskt Vatten [http://vav.griffel.net/filer/VA-Forsk\\_2006-04.pdf](http://vav.griffel.net/filer/VA-Forsk_2006-04.pdf)

Hernebring, C., Milotti, S., Steen Kronborg, S., Wolf, T. & Mårtensson, E. (2015). *Skyfallet i sydvästra Skåne 2014-08-31 - Fokuserat mot konsekvenser och relation till regnstatistik i Malmö*. Vatten 71, 85-99.  
[http://www.tidskriftenvatten.se/mag/tidskriftenvatten.se/dircode/docs/48\\_article\\_4764.pdf](http://www.tidskriftenvatten.se/mag/tidskriftenvatten.se/dircode/docs/48_article_4764.pdf)

Hydén, C. (2008). Trafiken i den hållbara staden. Uppl. 1:3. Lund: Studentlitteratur AB

Jordbruksverket (2012). Hållbar samhällsutveckling – vad innebär det?  
[http://www.jordbruksverket.se/download/18.1b0209b113b93739ab180001755/H& \[2016-06-01\]](http://www.jordbruksverket.se/download/18.1b0209b113b93739ab180001755/H& [2016-06-01])

KTH (2015). Ekologisk Hållbarhet. <https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/ekologisk-hallbarhet-1.432074>

Larm, Thomas. (2001). Utformning och dimensionering av dagvattenanläggningar. VA-FORSK-Rapport 1000-10. Utgiven av VAV AB i samarbete med KTH.  
<http://www.stormtac.com/admin/Uploads/Dimension.pdf>

LeGates, T.R., & Stout, F. (2007). The City Reader. 4. Uppl. New York: Routledge

Lerer, S.M., Danielsen Sørup, H.J., Arnbjerg-Nielsen, K. & Steen Mikkelsen, P. A new tool for quantifying the impacts of water sensitive urban design – the power of simplicity. Urban Drainage Magazine. 2015, 285-289.

Lidström, V. (2012). Vårt vatten – Grundläggande lärobok i vatten- och avloppsteknik. Lund: Svenskt Vatten

Länsstyrelserna. (2012). Klimatanpassning i fysisk planering – en vägledning från länsstyrelserna.

<http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2012/klimatanpassning-fysisk-planering.pdf>

Länstyrelserna i Jönköpings län (2014). Skyfallskartering i GIS – arbetsätt och metod.

<http://www.lansstyrelsen.se/Jonkoping/Sv/nyheter/2014/Pages/skyfallskartering.aspx> [2016-05-22]

Länsstyrelsen i Skåne län (2002). Bostadsmiljöer i Malmö. Inventering. Del 3:1965-1975. Malmö: Storstadens arkitektur och Kulturmiljö

[http://malmo.se/download/18.76105f1c125780a6228800015367/1383646338128/del3\\_low.pdf](http://malmo.se/download/18.76105f1c125780a6228800015367/1383646338128/del3_low.pdf)

Malmöhus (2015). Efter ett år kan de inte flytta tillbaka [radioprogram]. Sveriges Radio, P4, 30 juli.

<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=96&artikel=6222224> [2016-05-15]

Malmö Stad (2008). Dagvattenstrategi i Malmö.

<http://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp/Dagvattenstrategi> [2016-05-25]

Malmö Stad (2016). 40 km/h innanför Inre Ringvägen.

<http://malmo.se/Stadsplanering--trafik/Trafik--hallbart-resande/Trafiksakerhet/Omradet-for-40-km-h.html> [2016-05-22]

Malmö Stadsbyggnadskontor (2012). Så förtätar vi Malmö.

<http://malmo.se/download/18.1c002f7b12a6486c372800012053/fortatning-Dialog+PM.pdf>

Molla, M. B. (2015). The Value of Urban Green Infrastructure and its Environmental Response in Urban Ecosystem, a literary review. Hawassa University, Wondo Genet College of Forestry and Natural Resources, Department of Natural Resource and Environmental Studies, P. O. Box: 128, Shashemene, Ethiopia. International Journal of Environmental Sciences Vol. 4 No. 2. 2015. Pp. 89-101.

Madsen, H. (2002). Regneark til bestemmelse af CDS-regn – Teknisk dokumentation og brugervejledning version 2.0. Lyngsby: Miljø & Resurser DTU <http://www2.er.dtu.dk/publications/fulltext/2002/mr2002-044.pdf>

Naturskyddsföreningen (2015). Vad betyder hållbar utveckling och LHU? <http://www.naturskyddsforeningen.se/skola/lhu> [2016-05-30]

Nico Larco (2016) Sustainable urban design – a (draft) framework, Journal of Urban Design, 21:1, 1-29, DOI: 10.1080/13574809.2015.1071649 <http://dx.doi.org/10.1080/13574809.2015.1071649> [2016-03-17]

Ramböll (2015a). Hydraulisk modellering kring Söderkullaparken - PM [internt material]. Malmö: Ramböll Sverige AB

Ramböll (2015b). Trelleborgsvägen & Söderkullaparken – Geoteknisk och hydrogeologisk undersökning [internt material]. Malmö: Ramböll Sverige AB

Regeringen (1997). Regeringens skrivelse 1997/98:13, Ekologisk hållbarhet. Sundsvall: Miljödepartementet. <http://www.regeringen.se/contentassets/a10d6e99c49842e585012fdc447a297b/ekologisk-hallbarhet> [2016-05-30]

SCB (2010). Förändring av vegetationsgrad och grönytor inom tätorter 2000-2005. [http://www.scb.se/Statistik/MI/MI0805/2005A01X/MI0805\\_2005A01X\\_SM\\_MI12SM1003.pdf](http://www.scb.se/Statistik/MI/MI0805/2005A01X/MI0805_2005A01X_SM_MI12SM1003.pdf)

Scandinavian Green Roof Institute (2016). About Green Roofs.  
<http://greenroof.se/en/about-green-roofs/> [2016-05-16]

SMHI (2014). Häftigare skyfall i framtida klimat.  
<http://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/haftigare-skyfall-i-framtida-klimat-1.32213> [2016-05-30]

SMHI (2015). Klimatindikator – Nederbörd.  
<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatindikator-nederbord-1.2887> [2016-05-30]

Stahre, P. (2004). En långsiktigt hållbar dagvattenhantering - Planering och exempel. Malmö: Svenskt Vatten

Stahre, P. (2008). Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden – Malmö's way towards a sustainable urban drainage. Malmö: VA SYD  
<http://www.vasyd.se/Artiklar/Sjalvservice/Informationsmaterial-om-Vatten-och-avlopp> [2016-06-01]

Stadsmättningsavdelningen (2015). Malmö Översiktsplan: Stadskartan nedtonad med lager: Avloppssystem 1:10 5000 [karta]. Malmö: Stadsmättningsavdelningen. Tillgänglig:  
[http://kartor.malmo.se/rest/ol/2.1/?config=../configs-2.1/config\\_op.js](http://kartor.malmo.se/rest/ol/2.1/?config=../configs-2.1/config_op.js) [2016-05-15]

Svenskt Vatten (2011a). P104 Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem. Stockholm: Svenskt Vatten

Svenskt Vatten (2011b). P105 Hållbar dag- och dränvattenhantering – Råd vid planering och utformning. Stockholm: Svenskt Vatten

Svenskt Vatten (2013). Vattenvisionen – Forsknings- och innovationsagenda för vattensektorn.  
<http://www.svensktvatten.se/globalassets/forskning/vattenplattformen/vattenvisionen.pdf>

Svenskt Vatten (2016). P110 Avledning av dag-, drän- och spillvatten – Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem. Stockholm: Svenskt Vatten

Svensson, C. (1996). Översikt av fysikaliska egenskaper hos kornfraktionerna.

<http://connywww.tg.lth.se/Sv.jordarterdokument/IndelnigeSammanstning/egenskkornfrdokument/effektivporositet.html> [2016-05-25]

Uppsala vatten (2014). Dagvattenhantering en exempelsamling. Uppsala: Uppsala kommun.

[http://www.uppsalavatten.se/Global/Uppsala\\_vatten/Dokument/Rapporter%20och%20redovisningar/dagvatten\\_exempelsamling.pdf](http://www.uppsalavatten.se/Global/Uppsala_vatten/Dokument/Rapporter%20och%20redovisningar/dagvatten_exempelsamling.pdf)

VA SYD (2011). Dagvatten – Bortkoppling av stuprör.

<http://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp/Avlopp-Dagvatten> [2016-06-01]

VA SYD (2016a). Dagvatten i Stadsmiljön.

<http://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp/Dagvatten-i-stadsmiljon> [2016-06-01]

VA SYD (2016b). Skyfalls- och översvämningshistorik [internt material]. Malmö: VA SYD

Ängelholms kommun (2011). Dagvattenpolicy för Ängelholms Kommun.

[http://engelholm.se/Documents/Kommun%20och%20politik/Press%20och%20informationsmaterial/Beslutsinformation%20fr%C3%A5n%20KS%20och%20KSAU/Beslut\\_2.pdf](http://engelholm.se/Documents/Kommun%20och%20politik/Press%20och%20informationsmaterial/Beslutsinformation%20fr%C3%A5n%20KS%20och%20KSAU/Beslut_2.pdf)