

Examensarbete  
TVVR 15/5003

# Funktionen av hållbara dagvattenlösningar och gröna ytor vid extrema regn

– En analys baserad på översvämningarna i Malmö den 31  
augusti 2014

---

Joanna Theland



Avdelningen för Teknisk Vattenresurslära  
Institutionen för Bygg- och Miljöteknologi  
Lunds Universitet

Avdelningen för Teknisk Vattenresurslära  
TVVR 15/5003  
ISSN 1101-9824

# **Funktionen av hållbara dagvattenlösningar och gröna ytor vid extrema regn**

– En analys baserad på översvämningarna i Malmö den 31  
augusti 2014

Joanna Theland

## Förord

Detta examensarbete på 30 högskolepoäng utgör den avslutande delen i min utbildning till civilingenjör i Ekosystemteknik med inriktning mot vattenresurshantering vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har genomförts på avdelningen för Teknisk Vattenresurslära.

Jag vill tacka alla som bidragit med data och underlag till denna studie, ett speciellt tack till Helén Nilsson på Länsförsäkringar och Leif Ståhl på VA Syd för ert hjälpsamma bemötande.

Vidare vill jag rikta ett stort tack till min handledare Johanna Sörensen för den ursprungliga idén till detta examensarbete. Tack också för den tid, det engagemang och alla intressanta diskussioner du bidragit med under arbetets gång.

Malmö, mars 2015  
Joanna Theland

## Abstract

As our cities grow bigger and denser and as climate change contributes to more extreme rainfall events, the need for improved storm water management is becoming a widely discussed matter. In order to develop storm water handling and to include it in city landscapes, solutions within the concept “sustainable storm water management” are being used in countries all around the world. In Malmö, Sweden, several solutions of this kind have been implemented during the past 20 years. This study aims to investigate the performance of a smaller swale (Vanåsgatan) and a larger system of sustainable storm water solutions (Augustenborg) during the extreme rainfall that took place in Malmö on the 31<sup>st</sup> of August 2014. The study also investigates if the existence of green surfaces within the city had an effect on the occurrence of reported floods.

The results show a satisfying performance in both the swale at Vanåsgatan and in the gathered solutions at Augustenborg. There was reported basement flooding in both areas. However, they were fewer and of less extent compared to before the solutions were implemented. No correlation between the existence of green surfaces and the occurrence of reported floods was found. The complexity of the sewer system along with topographic differences should be mentioned as a limiting factor in this study. At extreme events, storm water originating from areas upstream often has great impact on the situation downstream.

To avoid severe floods in cities it is important to design the storm water system based on the specific attributes of different areas. It is equally important to have a long term strategy that involves the city as a whole and finally it is crucial to create space for water within cities.

**Keywords:** *Pluvial flooding, sustainable urban drainage system (SUDS), Vanåsgatan, Augustenborg, climate change adaptation*

## Sammanfattning

I takt med att våra städer växer och förtätas och när klimatförändringarna samtidigt bidrar till ökad och mer intensiv nederbörd ökar behovet av fungerande dagvattenhantering. I arbetet med att utveckla hanteringen av dagvatten och samtidigt integrera den i stadsbilden har lösningar inom konceptet ”hållbar dagvattenhantering” implementerats på flera håll i världen, bland annat i stor utsträckning i Malmö. I denna studie undersöks ett mindre svackdike (Vanåsgatan) samt ett större system med ett flertal hållbara dagvattenlösningar (Augustenborg) utifrån deras prestation vid skyfallet i Malmö den 31 augusti 2014. Studien utreder även om andelen gröna ytor påverkade graden av översvämningar i olika delar av Malmö.

Resultaten visar att svackdikedet vid Vanåsgatan samt att de samlade lösningarna i Augustenborg presterade väl. Det fanns anmälda källaröversvämningar i bägge områdena, dock var de både färre och av mindre omfattning i jämförelse med innan lösningarna implementerades. Vidare hittades inget samband mellan andelen gröna ytor och källaröversvämningar. Avloppssystemets komplexitet samt topografiska skillnader bör lyftas fram som en begränsning i denna studie. Vid kraftiga regn är det problematiskt att utföra isolerade analyser av enskilda områden då dagvatten från högre belägna områden kan få stora konsekvenser nedströms.

För att undvika allvarliga översvämningar i stadsmiljöer bör det finnas ytor där vattnet kan fördröjas kontrollerat vid kraftiga regn. Ett framgångsrikt dagvattensystem bör anpassas efter möjligheterna i varje specifikt område och utifrån systemet som helhet.

**Nyckelord:** *Översvämning, skyfall, hållbar dagvattenhantering, Vanåsgatan, Augustenborg, klimatanpassning*

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Syfte .....	2
3	Avgränsningar .....	3
4	Bakgrund .....	4
4.1	Skyfallet i Malmö den 31 augusti.....	4
4.2	Översvämningar i stadsmiljö .....	5
4.3	Befintligt avloppssystem i Malmö.....	6
4.4	Topografi i Malmö .....	7
4.5	Hållbar dagvattenhantering .....	8
4.5.1	Hållbar dagvattenhantering i Malmö.....	9
5	Metod.....	12
5.1	Data .....	12
5.2	Analys.....	13
6	Undersökta dagvattenlösningar .....	16
6.1	Svackdiket vid Vanåsgatan.....	16
6.2	Augustenborg .....	17
7	Resultat och diskussion .....	19
7.1	Fördelningen av källaröversvämningar .....	19
7.2	Utvärdering av hållbara dagvattenlösningar.....	20
7.2.1	Svackdiket vid Vanåsgatan.....	20
7.2.2	Augustenborg .....	24
7.3	Betydelsen av gröna ytor.....	29
8	Slutsatser .....	31
9	Framtida studier.....	32
10	Referenser.....	33
11	Bilagor .....	35
11.1	Karta över jordarter .....	35

# 1 Inledning

Under de senaste decennierna har folkförflyttning från landsbygd till stadsområden skett i ett rasande tempo. Idag bor lite mer än hälften av jordens befolkning i städer och år 2050 förväntas denna siffra överstiga två tredjedelar (UN 2014). I takt med att våra städer växer ökar också trycket på många av de system som möjliggör fungerande samhällen i stadsmiljö. Ett av dessa system är omhändertagandet av vatten, både i form av spillvatten från våra hushåll och i form av dagvatten från nederbörd. Större och tätare städer, ofta i kombination med större andel hårdgjorda ytor, ökar behovet av fungerande dagvattenhantering, något som blivit allt tydligare då översvämningar till följd av kraftiga regn ökat i urbana områden runt om i världen (van Dijk et al. 2014). Med klimatförändringarna förväntas samtidigt ökad och mer intensiv nederbörd, speciellt över Sverige och övriga delar av Skandinavien (Collins et al. 2013), något som sätter ytterligare press på dessa redan belastade system.

I Sverige dominerade fram till början av 1950-talet kombinerade system för omhändertagande av spill- och dagvatten (regn-, smält- och grundvatten som tillfälligt rinner på markytan i stadsmiljöer). Vid kraftiga regn innebär kombinerade system stor risk för översvämningar i källare och i andra lågt belägna punkter. Under 1960-talet infördes ett system där dag- och spillvatten avleds i separata ledningar, ett så kallat duplikatsystem (Svenskt Vatten 2007). För ungefär 20 år sedan introducerades ytterligare ett nytt synsätt gällande omhändertagande av dagvattnen. Fokuset för det nya konceptet ”långsiktig hållbar dagvattenhantering” var främst att skapa ett system som efterliknar naturens sätt att ta hand om vatten. Konkret innebär detta att utforma system som minskar belastningen på det befintliga rörledningssystemet under mark, främst genom att fördröja och avleda vattnet i öppna system samt att underlätta för infiltration genom minskad andel hårdgjorda ytor (Stahre 2004). Malmö har länge legat i framkant i arbetet med att implementera hållbara dagvattenlösningar för fördröjning och ytlig avledning.

Den 31 augusti 2014 drabbades Malmö dessvärre av omfattande översvämningar till följd av ett kraftigt skyfall. Utifrån denna händelse är det av intresse att utvärdera hur de hållbara dagvattenlösningarna presterade då de, liksom det övriga dagvattensystemet, inte är designade för extrema regn. Att behålla och skapa gröna ytor i städer diskuteras frekvent som en viktig del i urbaniseringsprocessen, ett incitament till detta är bland annat dämpad dagvattenavrinning (Boverket 2010). Ur översvämningssynpunkt är det därför också intressant att undersöka huruvida det går att se något samband mellan förekomsten av gröna ytor och anmälda översvämningar vid det kraftiga regn som föll över Malmö den 31 augusti 2014.

## 2 Syfte

Syftet med denna studie var att undersöka funktionen av hållbara dagvattenlösningar och gröna ytor vid det kraftiga regn som föll över Malmö den 31 augusti 2014. Studien har utrett funktionen av två hållbara dagvattenlösningar belägna i olika delar av staden. Kopplingen mellan gröna ytor och anmälda källaröversvämningar har undersökts i staden som helhet. Resultaten innehåller även en kortfattad översikt över fördelningen av källaröversvämningar. Följande frågeställningar har varit vägledande genom arbetet:

- Hur presterade svackdiket vid Vanåsgatan och de samlade hållbara dagvattenlösningarna i Augustenborg vid skyfallet?
- Skiljde sig omfattningen av källaröversvämningar mellan områden med stor andel gröna ytor i jämförelse med områden med färre infiltrationsmöjligheter?



### 3 Avgränsningar

Trots att många vägar och annan infrastruktur drabbades hårt av översvämningarna behandlar denna studie endast fastigheter som då i huvudsak drabbades av källaröversvämningar. Denna avgränsning gjordes då det var betydligt lättare att hitta data från fastigheter i jämförelse med att hitta data från vägar och andra gemensamma områden. När översvämningar generellt nämns i studien avses alltså främst källaröversvämningar.

Denna studie är endast baserad på data från händelsen den 31 augusti 2014. Geografiskt är analysen avgränsad till anmälda översvämningar inom postorterna Malmö och Limhamn. Analysen av gröna ytor har också avgränsats till anmälningar inom Inre Ringvägen.

På grund av studiens tidsomfattning har endast två hållbara dagvattenlösningar valts för analys. Denna studie undersöker också endast hur de hållbara lösningarna fungerade lokalt, i de områden där de implementerades. Huruvida svackdiket och lösningarna i Augustenborg haft någon positiv inverkan på översvämningssituationen i närliggande områden eller i staden som helhet har inte undersökts i denna studie.

På grund av avloppssystemets komplexitet har analysen endast betraktat det befintliga avloppssystemet i grova drag, det vill säga utifrån typ av system (kombinerat eller duplikat) samt huvudsaklig sträckning av större ledningar. Huruvida vissa fastigheter har haft lokala skydd mot källaröversvämningar, så som backventiler eller avstängningsbara golvbrunnar har inte undersökts i denna studie.

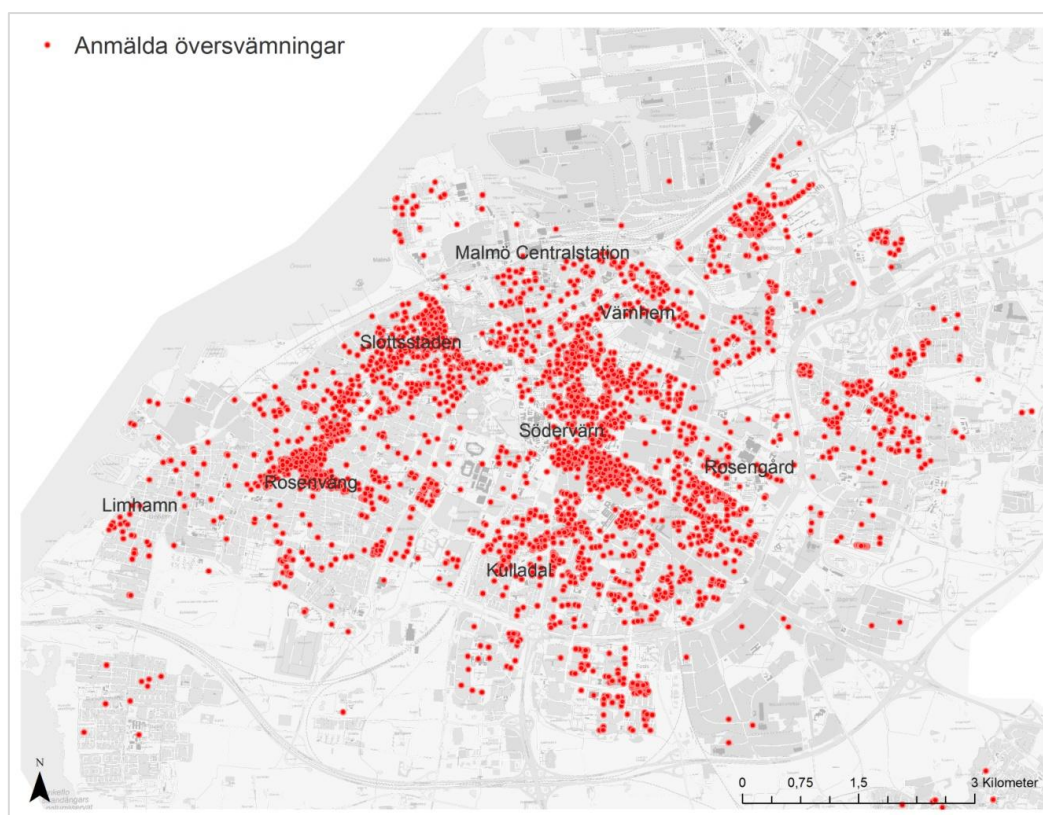
Begreppet ”hållbar dagvattenhantering” innefattar normalt, utöver den tekniska utformningen, ett flertal ekologiska, sociala och ekonomiska aspekter. Denna studie utreder dock endast den tekniska funktionen vid ett extremt regn.

## 4 Bakgrund

I följande kapitel finns inledningsvis en kortare introduktion till skyfallet i Malmö den 31 augusti. Vidare ges en överblick över vanliga orsaker till översvämningar i stadsmiljö till följd av kraftiga regn. I efterföljande avsnitt beskrivs avloppssystemet i Malmö i grova drag. Avslutningsvis presenteras hållbar dagvattenhantering utifrån bakgrund, teknisk utformning samt implementering i Malmö.

### 4.1 Skyfallet i Malmö den 31 augusti

Den 31 augusti drabbades stora delar av Malmö av omfattande översvämningar till följd av ett kraftigt skyfall. Enligt Sveriges Radio (2014) hade de tre största försäkringsbolagen, fram till och med den 10 september, fått in över 4400 skadeanmälningar motsvarande ungefär 250 miljoner kronor. Figur 1 nedan visar omfattningen av de anmälda översvämningar som använts som underlag i denna studie.



Figur 1. Fördelningen av anmälda källaröversvämningar i Malmö efter skyfallet den 31 augusti 2014.

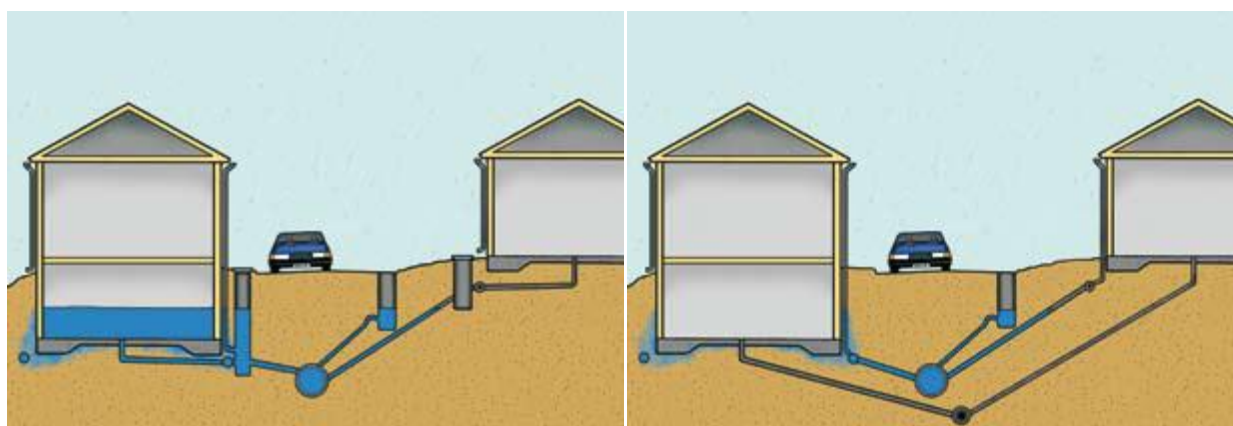
Enligt en analys av regndata, utförd av DHI (2014), varade det huvudsakliga skyfallet mellan kl 04 och kl 10 på morgonen. Under denna tidsperiod noterades regnvolymer på mellan 50 och 120 mm i olika delar av staden. I figur 2 nedan presenteras den interpolerade areella fördelningen av de registrerade regnvolymererna under tiden för skyfallet. De centrala delarna av Malmö tog emot mellan 100 och 120 mm regn medan det i områden i utkanten av staden, exempelvis i Limhamn och i Rosengård, föll mellan 60 och 80 mm regn under samma tidsperiod. Enligt DHI (2014) motsvarade det regn som föll över de centrala delarna av staden återkomsttider på upp mot och även över 200 år. De blå markeringarna i figur 2 visar nederbördsstationer tillhörande VA Syd medan stationen markerad med rött längst ner i det högra hörnet tillhör SMHI (DHI 2014).



Figur 2. Interpolerad regnvolym (mm) registrerad i Malmö mellan kl 04 och kl 10 på morgonen den 31 augusti 2014 (vidareutveckling av figur från DHI (2014)).

## 4.2 Översvämningar i stadsmiljö

Källaröversvämningar till följd av kraftiga skyfall orsakas främst av kapacitetsbrist i avloppssystemet. I äldre system avleds dagvatten tillsammans med spill- och dränvatten i kombinerade ledningar. I moderna duplikatsystem skiljs dag-, spill- och eventuellt dränvatten åt och avleds i separata ledningar (Svenskt Vatten 2007). De kombinerade systemen är oftast dimensionerade för regn med en återkomsttid på mellan 2 och 10 år. Då regnintensiteten överskrider det dimensionerade regnet uppstår kapacitetsbrist i systemen (Olshammar & Baresel 2013). Kapacitetsbristen leder då till översvämningar, ofta i källare eller i andra lågt belägna punkter där vattnet lättast tar sig fram. Till vänster i figur 3 nedan presenteras en skiss över ett kombinerat system som drabbats av översvämning i källaren. Till höger visas ett duplikatsystem där dag- och dränvatten avleds separat från spillvattnet och där källaröversvämning således undviks.

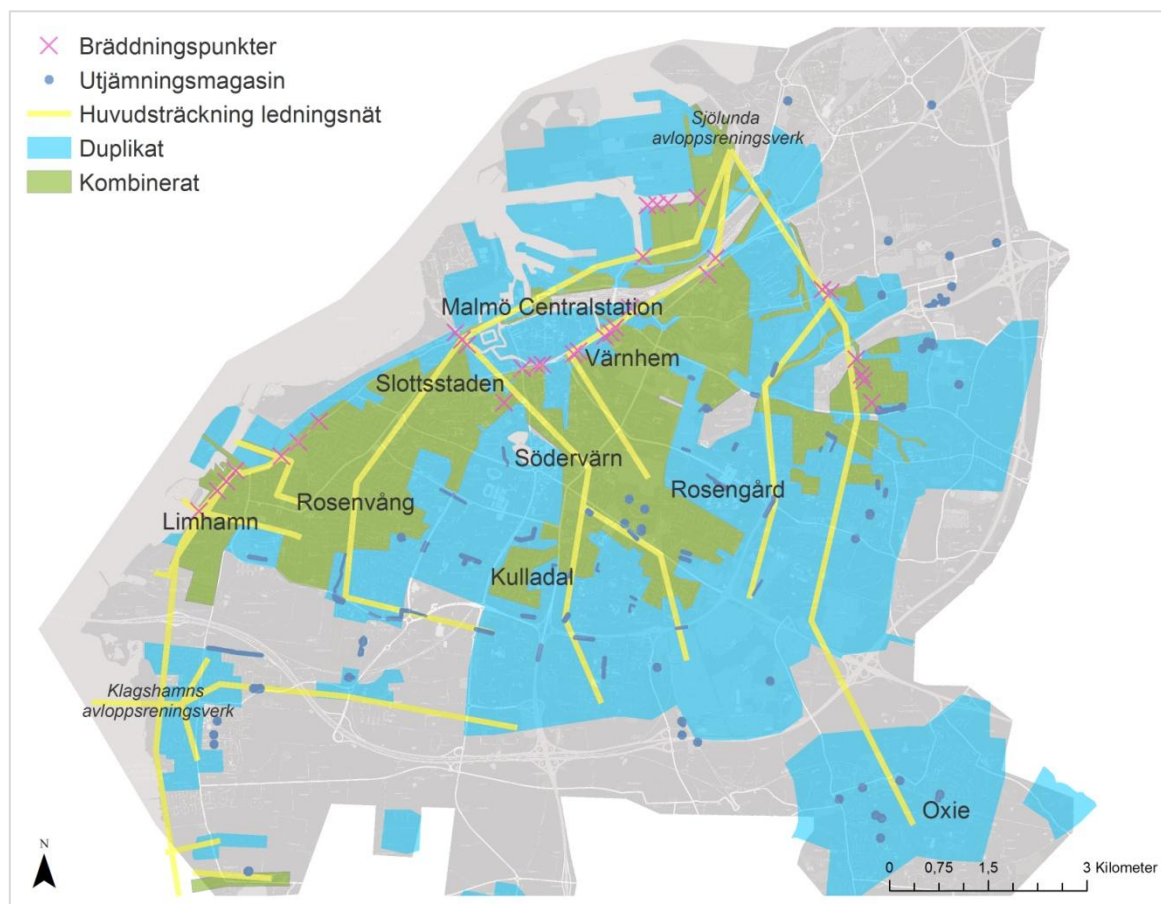


Figur 3. Skiss över kombinerat system (vänster) samt duplikatsystem (höger) (Svenskt Vatten 2007).

Vid kraftiga regn kan vattnet även tränga in genom källarväggen eller genom källargolvet. En översvämning av detta slag orsakas främst av ovanligt kraftig tillströmning av grundvatten från omgivande mark alternativt av fel eller brister i dräneringssystemet. Vatten från markytan kan också orsaka översvämning i källare genom tillrinning via källartrappor, garageuppfarter eller källarfönster (VA Syd 2014a).

### 4.3 Befintligt avloppssystem i Malmö

I figur 4 nedan presenteras en översiktlig bild över avloppssystemet i Malmö. Huvudsakligen rinner den största delen av stadens avloppsvatten till Sjölunda avloppsreningsverk. I figuren syns detta tydligt utifrån huvudledningarnas sträckning (gula linjer). Undantaget är avloppsvattnet från Limhamn, i västra delen av Malmö, som tas omhand av Klagshamns avloppsreningsverk.



Figur 4. Avloppssystemet i Malmö presenterat utifrån bräddningspunkter (rosa kryss), utjämningsmagasin (mörkblå punkter), huvudsträckning av ledningsnätet (gula linjer), områden med duplikatsystem (ljusblå skuggning) samt områden med kombinerat system (grön skuggning) (skapad med underlag från VA Syd (2014b)).

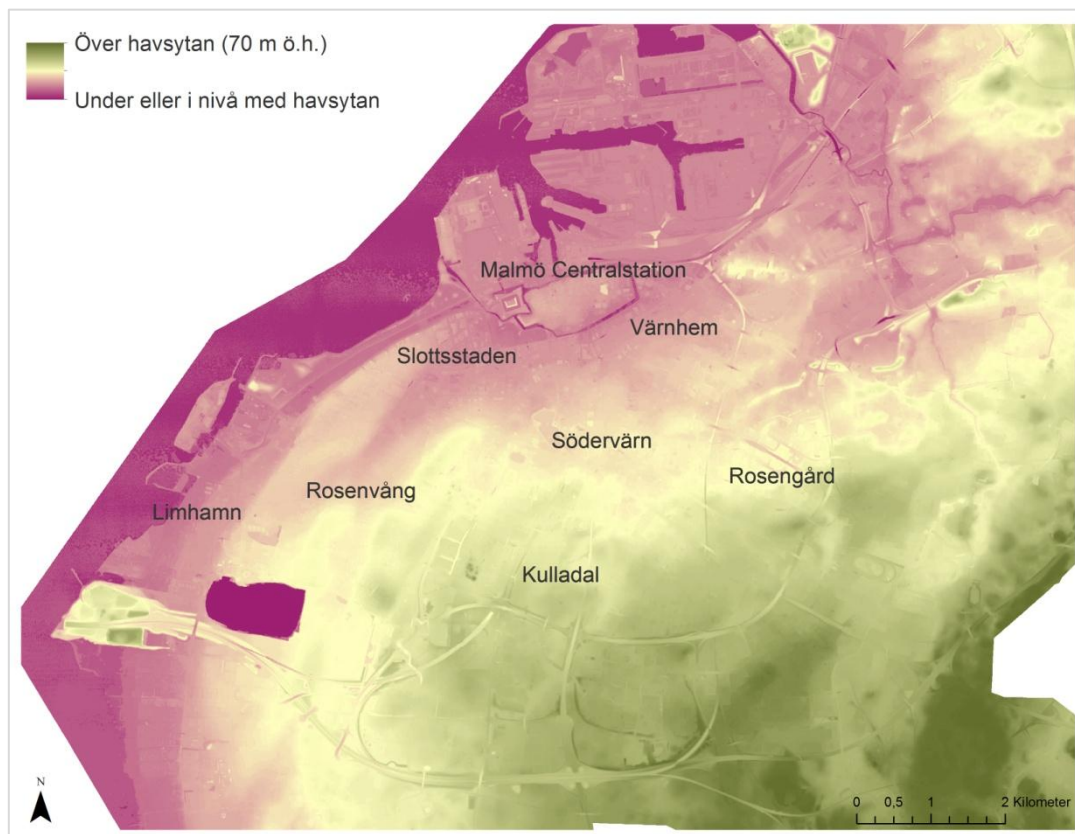
I de yttre delarna av Malmö finns i huvudsak främst duplikatsystem (blå skuggning) medan stora delar av de centrala och västra delarna utgörs av kombinerade system (grön skuggning). I områden med duplikatsystem transporteras dagvattnet till närliggande recipient, exempelvis från de centrala delarna till kanalen och från de östra delarna till Risebergabäcken. I områden med kombinerade system transporteras dagvattnet via ledningsnätet till avloppsreningsverken.

För att minska belastningen på de kombinerade systemen, exempelvis i samband med kraftiga regn, sker bräddning (rosa kryss) av avloppsvatten till närliggande recipienter. Avloppssystemet innehåller även ett antal utjämningsmagasin som syftar till att avlasta ledningsnätet genom att utjämna kraftiga

flödestoppar. I Malmö utgörs vissa utjämningsmagasin av öppna lösningar så som våtmarker och dammar, dessa lösningar kommer att beskrivas närmare i nästa kapitel. Det finns också magasin som är rörbaserade och därmed nedgrävda under mark.

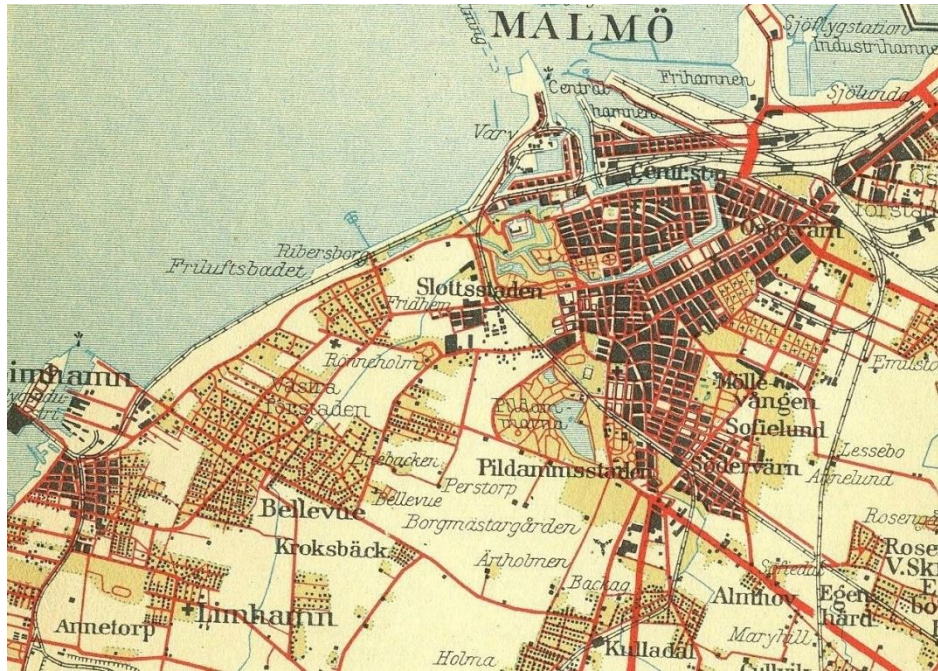
#### 4.4 Topografi i Malmö

I figur 5 nedan visas en topografisk karta över Malmö. Mörklila skuggning innebär att området ligger låglänt medan grön skuggning betyder att området är beläget högre. I figur 5 syns det tydligt hur de centrala delarna av Malmö ligger lågt i förhållande till havsnivån. I västra Malmö, mellan Slottsstaden och Rosenvång syns också en tydlig långsmal sänka. Det mörklila området vid Limhamn är ett kalkbrott.



Figur 5. Topografisk karta över Malmö. Mörklila skuggning representerar områden under eller i nivå med havsytan, grön skuggning visar mer höglänta områden.

I figur 6 på nästa sida visas en äldre karta över Malmö (Axel Eliassons Konstförlag 1940). Det går att observera hur en bäck eller ett mindre vattendrag rinner i området mellan Limhamn och Slottsstaden. Det har visat sig vara svårt att hitta information om exakt var vattnet i bäcken rinner idag men troligt är att vattnet avleds i en kombinerad huvudledning som ligger i området. Figur 6 ger också en bild över omfattningen av den urbanisering som skett i Malmö under de senaste 70 åren. Idag består i princip alla områden som syns på kartan av tät bebyggelse.



Figur 6. Äldre karta över Malmö (Axel Eliassons Konstförlag 1940). Ett mindre vattendrag, som rinner i nordöstlig riktning, kan ses mellan områdena Limhamn och Slottsstaden.

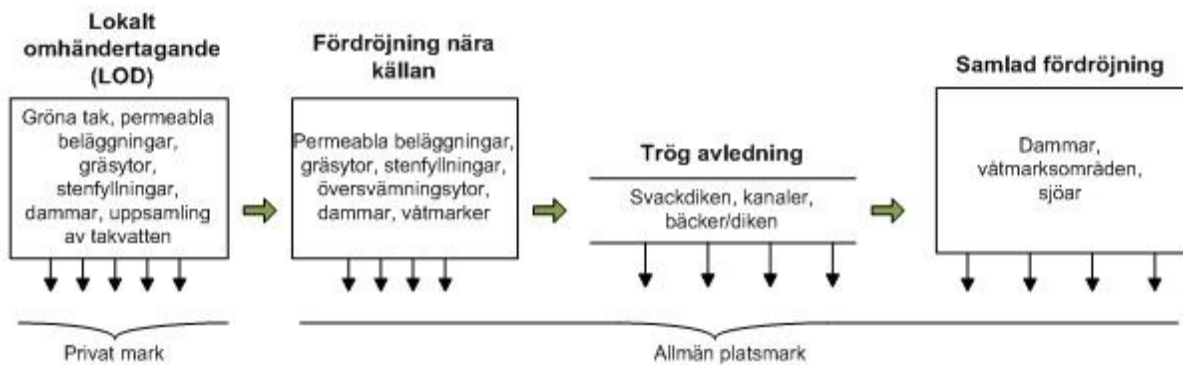
#### 4.5 Hållbar dagvattenhantering

I takt med att våra städer växer sker en drastisk förändring av landskapsbilden. Landskapsförändringar associerade med urbanisering är framför allt minskad vegetation och ökad andel hårdgjorda ytor. Avsaknaden av infiltrationsytor skapar ett hydrologiskt system som kännetecknas av ökad ytavrinning samt kraftigare och snabbare förekommande flödestoppar (Goonetilleke et al. 2005). Att bygga och utveckla långsiktigt hållbara städer innefattar att utforma dagvattensystem som kan hantera ökad avrinning på grund av utbyggnad och förtätning. Systemen måste samtidigt designas för ökad och mer intensiv nederbörd, något som förespås över Sverige och övriga delar av Skandinavien (Collins et al. 2013). Efterfrågan efter mer naturliga och klimatanpassade system för omhändertagande av dagvatten har ökat under de senaste 20 åren och lösningarna finns idag samlade under begreppet hållbar dagvattenhantering.

Hållbar dagvattenhantering rymmer lösningar som efterliknar naturens eget system för omhändertagande av dagvatten. Vid sidan av de tekniska aspekterna som främst innefattar mängden vatten och dess kvalitet innefattar begreppet också stadsmiljö. Användandet av hållbara dagvattenlösningar i urban miljö kan bland annat ha estetiska, biologiska, pedagogiska, PR-mässiga, kulturella, rekreativa eller ekonomiska värden (Stahre 2004). Ur översvämningssynpunkt är det dock av störst intresse att diskutera hållbar dagvattenhantering utifrån avlednings- och fördröjningskapacitet. I följande stycken kommer därför hållbar dagvattenhantering beskrivas med fokus på teknisk funktion och utformning.

Hållbara dagvattenlösningar återfinns oftast ovan mark och kan bland annat inkludera ökade infiltrations- och perkolationsmöjligheter, trög avledning, fördröjning i dammar och våtmarker samt avledning i öppna system (Stahre 2004). Hållbara dagvattenlösningar kan delas upp i fyra kategorier: lokalt omhändertagande på privat mark (LOD), fördröjning nära källan, trög avledning och samlad fördröjning. I figur 7 nedan presenteras de olika kategorierna med exempel på teknisk utformning. De

gröna pilarna visar hur de olika kategorierna kan kombineras. De svarta pilarna symboliserar möjligheten till infiltration.



Figur 7. Schematisk bild över kategorier för hållbar dagvattenhantering med exempel på teknisk utformning (vidareutveckling av figur från Stahre (2004)).

Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) syftar till att ta hand om dagvattnet lokalt och på så sätt undvika avrinning till dagvattensystemet. LOD innefattar normalt endast anläggningar på privat mark, denna avgränsning underlättar anläggningarnas utformning och drift då ansvaret för omhändertagande och underhåll ligger på markägaren. Exempel på lösningar inom kategorin LOD är bland annat gröna tak, infiltration på gräsytor, permeabla eller genomsläppliga beläggningar, infiltration i stenfyllningar (vilket i sin tur bidrar till ökad perkolation), dammar samt uppsamling och återanvändning av takavrinning (Stahre 2004). Metoderna för fördröjning av dagvatten nära källan liknar LOD med skillnaden att detta sker på allmän platsmark samt att syftet är att fördröja vattnet, inte att ta hand om det. Fördröjningen sker i de övre delarna i avrinningsområdet för att minska belastningarna på dagvattensystemet nedströms. Trög avledning sker även det på allmän platsmark och syftar till att långsamt vidaretransportera dagvatten, huvudsakligen i öppna system som svackdiken, kanaler och bäcker. Samlad fördröjning innebär fördröjning av dagvatten i större, öppna anläggningar i de nedre delarna i avrinningsområdet, exempel på lösningar inom denna kategori är dammar, våtmarksområden och sjöar (Stahre 2004).

#### 4.5.1 Hållbar dagvattenhantering i Malmö

Under det senaste decenniet har utvecklingen av dagvattensystemet i Malmö på grund av ett flertal anledningar främst varit fokuserad på fördröjningsåtgärder. Denna inriktning beror dels på förekomsten av kombinerade ledningar med begränsad kapacitet i stadskärnan.

Översvämningssproblematik i de äldre delarna av Malmö uppstår därför ofta vid kraftiga regn när kombinerat dag- och spillvatten från ett växande Malmö passerar genom staden för att nå Sjölanda avloppsreningsverk. Fokuset på fördröjning har också sin grund i en begränsad kapacitet i mottagande recipienter, främst i Risebergabäcken (Malmö stad 2008).

I Malmö introducerades konceptet hållbar dagvattenhantering redan under slutet av 80-talet.

Bakgrunden var främst att Malmö VA-verk (nuvarande VA Syd) ville hitta nya tekniska lösningar för fördröjning av flödestoppar i avrinningen från nya bostadsområden (Stahre 2008). Hållbar dagvattenhantering i Malmö har sedan dess fått stor uppmärksamhet på både nationell och internationell nivå. Det är framför allt samarbetet mellan förvaltningarna tidigt i planeringsskedet som utmärker Malmö inom området. Mer ingående information angående ansvarsförhållandet mellan kommunala förvaltningar och övriga aktörer i arbetet med nya system för dagvattenhantering finns i Malmö stads dagvattenstrategi (Malmö stad 2008).

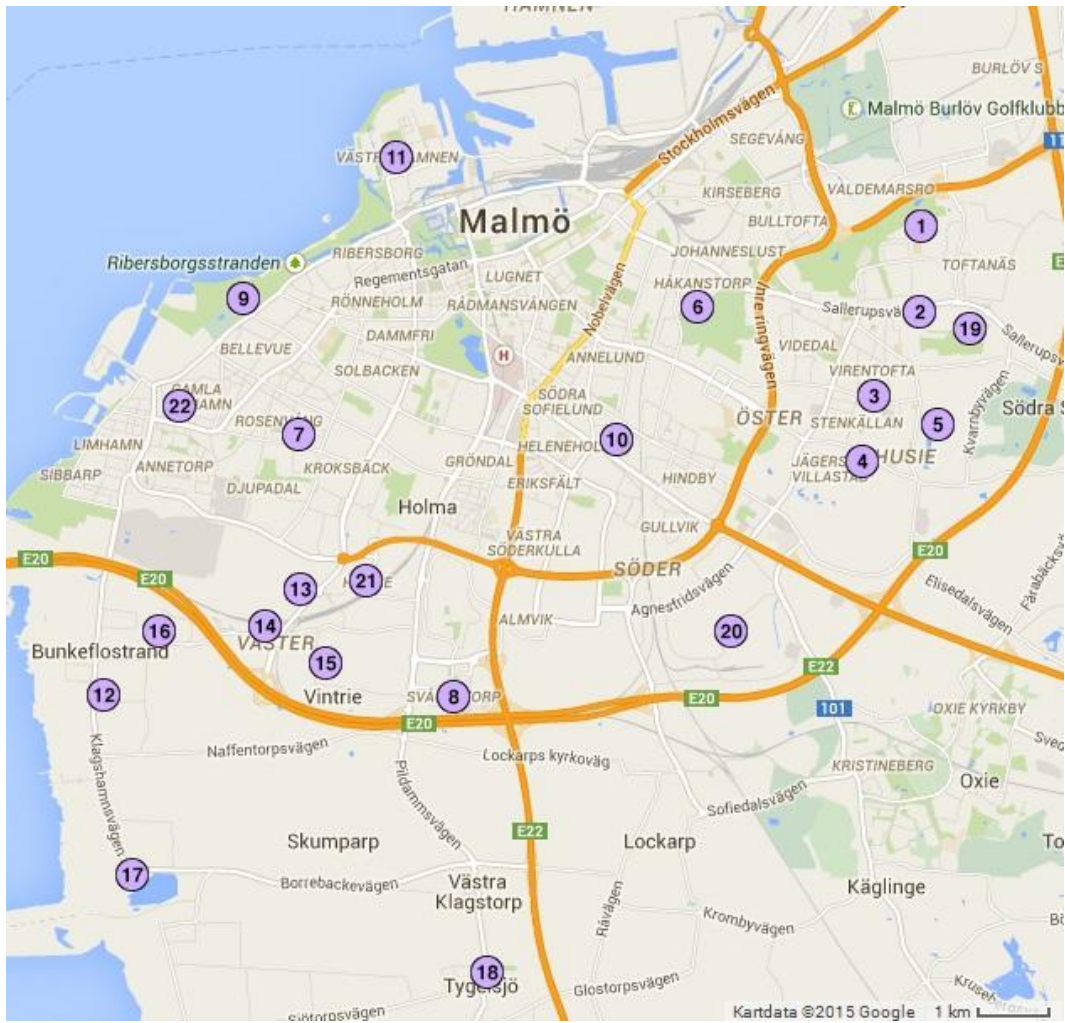
I tabell 1 nedan presenteras en sammanfattning av implementerade hållbara dagvattenlösningar i Malmö sedan starten i slutet av 80-talet. Som tidigare nämnts syftar lösningarna till att främst fördröja vattnet för att avlasta de befintliga rörledningssystemen. De fördröjningsåtgärder som finns presenterade i tabell 1 är främst baserade på trög avledning i öppna system. Dessa system har valts då marken i Malmö till största delen utgörs av tät moränlera vilket varken lämpar sig för infiltration eller perkolation (Malmö stad 2008). Denna studie kommer att undersöka svackdiken vid Vanåsgatan (7) samt de samlade lösningarna i Augustenborg (10), markerade med grönt i tabell 1.

Tabell 1. Överblick över hållbara dagvattenlösningar i Malmö (översatt från Haghghatafsar et al. (2014)).

Nr	Namn	Anläggningsår	Anläggningstyp
1	Toftanäs våtmark	1989-1990	Våtmark, kontrollerad översvämning
2	Sallerupsvägen	1992	Damm, slingrande bäck
3	Kasernparken	1992-1993	Damm, vassbädd
4	Amiralsgatan	1995-1996	Dammar
5	Husie mosse	1996-1997	Fördröjningssjöar
6	Olof Hågensens våtmark	1997	Våtmark, kontrollerad översvämning
7	Vanåsgatan	1999	Svackdike, inverterade vägbulor
8	Svågertorp	1998-2001	Rensbrunnar, dammar
9	Limhamnsfältet	1998	Svackdike
10	Augustenborg	1998-2005	Gröna tak, kanaler, svackdiken, permeabel beläggning, kontrollerad översvämning
11	Bo01 Västra Hamnen	2000-2002	Kanaler, ”rain gardens”, vattenkonst
12	Fjärilsparken	2000-2004	Eko-korridor (större svackdike)
13	Elinelund rekreationsområde	2001-2002	Dammar, filterväggar
14	Gottorpsvägen	2001	Dammar, filterväggar
15	Vintrie	2001-2003	Fördröjningsdammar i serie
16	Annestad	2005	Fördröjningskanal, kontrollerad översvämning
17	Växthusparken	2005	Eko-korridor (öppet vattendrag och damm)
18	Tygelsjö eko-korridor	2004-2007	Eko-korridor (vårmark, vattendrag och dammar)
19	Gyllins trädgård	2009-2010	Gröna tak, kontrollerad översvämning
20	Skogholms ängar	2011	Fördröjningsdammar i serie
21	Hyllie vattenpark	Invigning 2015	Fördröjningsdamm
22	Bortkoppling av takavrinning från kombinerade system	-	Infiltration, kontrollerad översvämning
23	Strypning av dagvattenledningar i kombinerade system (Limhamn)	2007	Kontrollerad översvämning

I figur 8 nedan visas de hållbara dagvattenlösningarna från tabell 1. Den första kolumnen i tabell 1 (Nr) motsvarar siffrorna på punkterna i figur 8. De flesta lösningarna är belägna i utkanten av staden i områden med duplikatsystem. Anläggningarna Vanåsgatan (7) och Augustenborg (10) återfinns däremot mer centralt i områden med kombinerade system.





Figur 8. Karta över hållbara dagvattenlösningar i Malmö (skapad med karttjänsten batchgeo utifrån underlag från Haghightafsar et al. (2014)).

## 5 Metod

I följande kapitel presenteras de data studien är baserad på tillsammans med eventuella begränsningar och felkällor. Vidare beskrivs också de metoder som användes vid utvärdering och analys, en del mer specifika analyssteg har vävts in i resultatdelen.

### 5.1 Data

Första steget i denna studie var att samla in lämplig data gällande omfattningen av källaröversvämningar till följd av skyfallet den 31 augusti 2014. Initialt kontaktades försäkrings- och fastighetsbolag, nyhetsredaktioner samt enheter inom Malmö stad. I tabell 2 nedan presenteras de aktörer som, efter kontakt via e-post eller telefon, valde att bidra med underlag till denna studie. Länsförsäkringar Skåne och VA Syd har bidragit med flest anmälningar. Vid källaröversvämning uppmanas de drabbade att meddela både sitt försäkringsbolag samt VA Syd. Om anmälningar från samma fastighet inkommit från ett flertal aktörer har dubletter tagits bort. Då Länsförsäkringar Skåne är ett av de mest anlitade försäkringsbolagen i Malmö och då VA Syd får in anmälningar från drabbade oavsett försäkringsbolag bedöms underlaget, med komplement från övriga aktörer, som tillförlitligt. Förutom att bidra med anmälda översvämningar har det kommunala VA-bolaget VA Syd bidragit med översiktlig, och i vissa fall omfattande, information gällande avloppssystemet i Malmö.

Tabell 2. Antalet anmälda källaröversvämningar från respektive uppgiftslämnare.

Aktör	Roll	Antal anmälningar
Länsförsäkringar Skåne	Försäkringsbolag	2517
Moderna försäkringar	Försäkringsbolag	114
Lifra	Privat fastighetsbolag	33
MKB	Kommunalt fastighetsbolag	160
Stadsfastigheter	Kommunalt fastighetsbolag	164
VA Syd	Kommunalt VA-bolag	1316

#### *Begränsningar och felkällor*

Anmälningarna gäller huvudsakligen källaröversvämningar. Det går dock inte att utesluta att ett fåtal av anmälningarna rör andra skador orsakade av regnet, exempelvis skador på tak och liknande. Andelen anmälningar av dessa slag är dock få i förhållande till antalet källaröversvämningar och de bedöms därför inte påverka studiens resultat. Utifrån anmälningarna går det inte heller att avgöra om översvämningen i en specifik fastighet beror på inträngande vatten från det kombinerande ledningsnätet eller från vatten som strömmat in genom exempelvis fönster, dörrar eller garageinfarter. I denna studie spelar denna särskiljning mindre roll då det i bägge fallen visar på ett otillräckligt system för omhändertagande av dagvatten. I anmälningarna från försäkringsbolagen bör ytterligare en felkälla nämnas. Adresserna motsvarar försäkringstagarens hemadress vilket hos majoriteten av anmälningarna även motsvarar den översvämningsdrabbade fastigheten. Det finns dock undantagsfall där försäkringstagaren exempelvis har en sommarstuga eller en kolonilott som drabbats av översvämningar, i dessa fall misstolkas alltså fastighetstagarens hemadress som den översvämningsdrabbade fastigheten. Andelen anmälningar av detta slag bedöms vara få i förhållande till det totala antalet anmälningar. Vid analysen av de hållbara dagvattenlösningarna har

anmälningarna även detaljstuderats och underlaget bedömdes utifrån en kvalitativ analys som tillförlitligt. Vidare är även företag och privatpersoner med boxadress exkluderade från studien.

## 5.2 Analys

Inledningsvis sammanställdes anmälningarna, som i huvudsak bestod av adress samt postadress, i Excel. För bearbetning och analys av data användes det GIS-baserade programmet ArcMap. Då ett register över koordinat kontra adress inte fanns tillgängligt löstes inläsning av anmälningar i ArcMap med hjälp av geokodning genom onlinetjänsten batchgeo.

### *Hållbara dagvattenlösningar*

Lösningarna som undersöktes närmare i denna studie var svackdiket vid Vanåsgatan samt det omfattande systemet för hållbart omhändertagande av dagvatten i bostadsområdet Augustenborg. Till skillnad från många av de hållbara lösningarna i Malmö implementerades dessa i befintliga system centralt i staden. Lösningarna ligger i områden med kombinerat ledningsnät och var innan implementeringen frekvent drabbade av källaröversvämningar på grund av kapacitetsbrist i systemen vid kraftiga regn. Då majoriteten av anmälningarna i underlaget rörde källaröversvämningar, vilka är mer frekvent förekommande i områden med kombinerade system bedömdes det som lämpligt att analysera hållbara lösningar i områden med kombinerat ledningsnät. Ytterligare skäl för valet av just dessa lösningar var skillnaden i storlek mellan de två. Svackdiket vid Vanåsgatan är en mindre lösning som främst syftar till att avlasta det kombinerade systemet på den specifika gatan. Konceptet i Augustenborg förenar flera hållbara dagvattenlösningar med syftet att åtgärda problem i ett helt bostadsområde.

Inledningsvis bedömdes lösningarnas prestation utifrån hur väl de fungerade i förhållande till den problematik de initialt designades för. Vidare utvärderades lösningarnas funktion i jämförelse med andra lösningar i närliggande områden. På grund av avloppssystemets komplexitet ansågs det vara missvisande att jämföra områden belägna i skilda delar av staden. Vanåsgatan jämfördes därför med två parallellgator och Augustenborg med två intilliggande bostadsområden. För att säkerställa att gatorna och områdena var jämförbara upprättades en checklista där ett antal kriterier undersöktes. De kriterier som undersöktes var topografi, geologi, typ av bebyggelse, anmälda översvämningar och självklart också val av system för dagvattenhantering. I tabell 3 nedan visas en översikt över jämförda områden samt en sammanställning av de kriterier som ingick i analysen.

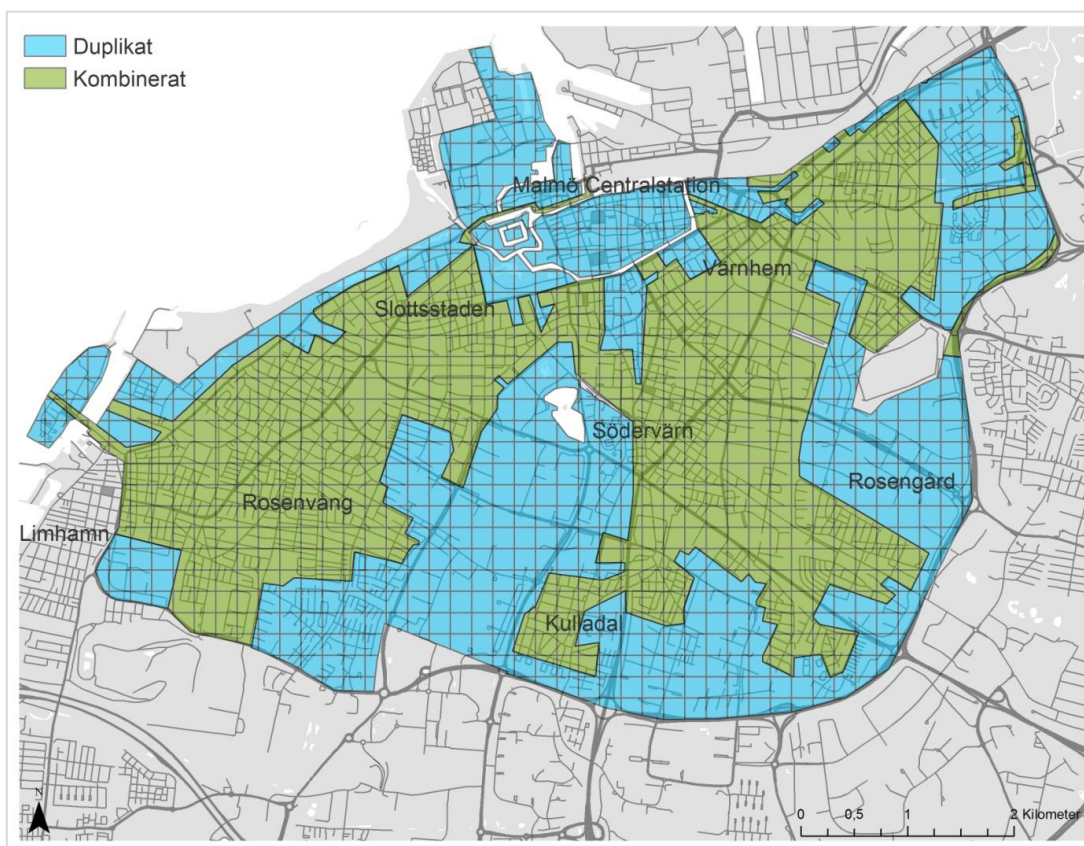
Tabell 3. Jämförda områden vid analys av svackdiket vid Vanåsgatan och de samlade lösningarna i Augustenborg. Tabellen visar även de kriterier som jämförts och diskuterats.

Hållbar dagvattenlösning	Jämförda områden	Jämförda kriterier
Svackdiket vid Vanåsgatan	Vanåsgatan	Topografi
	Kronovallsgatan	Geologi
	Malteholmsgatan	Bebyggelse
Augustenborg	Augustenborg	Översvämningar
	Lönngården	Dagvattenhantering
	Södra Sofielund	

### *Gröna ytor*

För att utreda kopplingen mellan förekomsten av gröna ytor och källaröversvämningar delades Malmö, med hjälp av ArcMap, in i kvadratiska polygoner med ytan 200 X 200 meter. Undersökningen

begränsades geografisk till inom Inre Ringvägen. Anledningen till att analysen begränsades till inom Inre Ringvägen var främst att Malmö som stad är som mest tätbebyggd inom detta område, utanför Inre Ringvägen förekommer exempelvis åkermark och större industriområden. För att undvika att analysera områden helt utan fastigheter, exempelvis parker och större grönområden användes områden med existerande ledningsnät som ytterligare geografisk begränsning. En översiktlig karta över det analyserade området med tillhörande polygoner finns presenterad i figur 9 nedan. Blå skuggning betyder att området har duplikatsystem medan grön skuggning innebär områden med kombinerat system.



Figur 9. Undersökt område indelat i kvadratiska polygoner med ytan 200 X 200 meter. Blå skuggning betyder att området har duplikatsystem medan grön skuggning innebär områden med kombinerat system.

Varje polygon tilldelades ett unikt nummer. I respektive polygon beräknades sedan antal översvämningar, antal fastigheter samt arean för gröna respektive hårdgjorda ytor. I tabell 4 nedan presenteras de huvudsakliga verktygen som användes i denna analys. I arbetet med att uppskatta gröna respektive hårdgjorda ytor användes verktyget ”maximum likelihood classification”. För att kunna använda detta verktyg måste först ett antal steg under ”image classification” (Toolbar) genomföras.

Tabell 4. Viktiga verktyg som användes för att genomföra analyser i ArcMap.

Tool	Toolbox	Funktion i denna analys
Create Fishnet	Data Management	Skapade rutnät bestående av polygoner
Maximum likelihood classification	Spatial Analyst	Klassificerade gröna respektive hårdgjorda ytor utifrån en geometriskt korrigerad flygbild (ett så kallat ortofoto)
Tabulate area	Spatial Analyst	Beräknade arean av gröna respektive hårdgjorda ytor

Fortsatta beräkningar utfördes i Excel. Tabell 5 nedan exemplifierar och sammanfattar beräknade parametrar. Observera att tabell 5 nedan endast är en exempeltabell som syftar till att visa vilka parametrar som beräknades. ”Polygon Nr” är unika värden som motsvarar de specifika polygonerna i figur 9. Polygon Nr ”n” representerar den polygon som genererades sist och därmed har högst värde på sitt Polygon Nr. Antal översvämningar innebär antalet anmälda översvämningar inom varje specifik polygon. Antal fastigheter visar antalet fastigheter i varje polygon. Andelen fastigheter som anmält översvämning beräknades genom att dividera antal översvämningar med antal fastigheter för varje polygon. Andel gröna ytor beräknades som tidigare nämnts med hjälp av verktygen ”maximum likelihood classification” och ”tabulate area”.

Tabell 5. Exempeltabell som visar beräknade parametrar för analysen av gröna ytor.

Polygon Nr	Antal översvämningar	Antal fastigheter	Andel fastigheter som anmält översvämning	Andel gröna ytor
1	5	10	50 %	70 %
2	1	5	20 %	30 %
3	0	0	0 %	20 %
n	10	10	100 %	10 %

Likt tabell 5 ovan, skapades motsvarande tabell för det undersökta området. Med hjälp av en pivottabell beräknades sedan ett medelvärde av andelen gröna ytor för varje procentenhet av fastigheter som anmält översvämning. Beräkningarna resulterade slutligen i ett punktdiagram och genomfördes separat för områden med duplikat- respektive kombinerat system.

### ***Begränsningar och felkällor***

När det gäller analysen av hållbara dagvattenlösningar hade det i teorin varit idealt att jämföra närliggande gator och områden med precis samma topografiska läge. I praktiken var det tyvärr inte möjligt att hitta jämförbara gator och områden belägna på precis samma nivå. Topografin utgör därför, tillsammans med valet av system för omhändertagande av dagvatten, de varierande parametrarna i denna del av studien.

Vid analysen av gröna ytor användes inledningsvis ett flertal verktyg i ArcMap för att uppskatta andelen gröna respektive hårdgjorda ytor. Resultatet av denna uppskattning skulle kunna förfinas med hjälp av relativt tidskrävande handpåläggning. Förbättringar i analysmetoden involverar också ett register över adress kontra koordinat vilket hade gjort inläsningen av anmälningar i ArcMap mer noggrann. För flerfamiljshus förekommer ofta flera adresser inom samma fastighet. Ett register av ovan nämnda slag hade möjliggjort en jämförelse mellan antalet översvämningar per antalet adresser istället för som i denna studie, antalet översvämningar per antalet fastigheter. Det är möjligt att denna förbättring hade gjort analysen mer noggrann.

För att på bästa sätt kunna studera effekten av gröna ytor i förhållande till översvämningens problematik hade det optimala varit att analysera avrinningsområden med sammanhängande gröna respektive hårdgjorda stråk. Tyvärr fanns inte referensområden av detta slag tillgängliga och analysmetoden i denna studie har därför utformats utifrån tillgängliga förutsättningar.

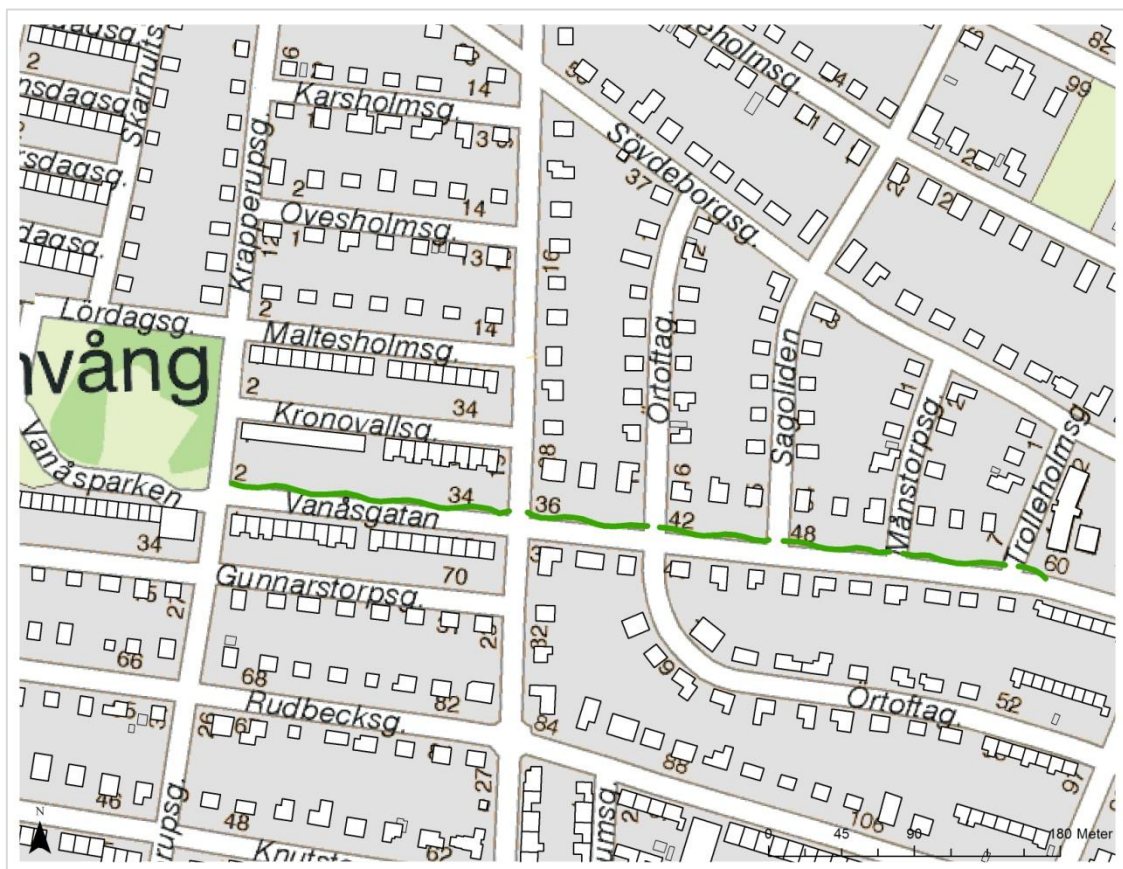
## 6 Undersökta dagvattenlösningar

I detta kapitel presenteras de undersökta dagvattenlösningarna svackdiket vid Vanåsgatan och Augustenborg utifrån bakgrund och utformning.

### 6.1 Svackdiket vid Vanåsgatan

Vanåsgatan är belägen i västra Rosenvång i Malmö. Bostadsområdet byggdes omkring 1950 och består främst av villor och radhus. Området har främst kombinerat avloppssystem vilket anlades i samband med att bostäderna uppfördes. I området finns även i viss mån duplikatsystem till vilket ett fåtal fastigheter är anslutna. På 60-talet planterades en trädrad av vitpil på en gräsremsa längs med Vanåsgatan. Pilträden orsakade svåra rotinträngningar i en kombinerad huvudledning längs med gatan. Dagvattenbrunnar och privata servisledningar, det vill säga ledningar från hus kopplade till huvudledningen, drabbades också av rotinträngningarna. Det underdimensionerade systemet i kombination med inträngande rötter orsakade stopp i ledningarna vilket vid nederbörd resulterade i frekventa källar- och ytöversvämningar längs med gatan (Orvesten et al. 2003; Stahre 2008).

En utvärdering av olika alternativ för uppgradering av kapaciteten i systemet visade att situationen skulle förbättras avsevärt om dagvattnet från den västra delen av gatan kunde kopplas bort från det kombinerade systemet (Stahre 2008). Lösningen blev därför att ersätta pilträden samt att anlägga ett svackdike för lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) från gatan. I figur 10 nedan visas en översiktlig bild över den västra delen av Vanåsgatan samt närliggande gator. Svackdiket visualiseras som en grön, slingrande linje.



Figur 10. Översikt över Vanåsgatan och närliggande gator. Svackdiket illustreras som en grön, slingrande linje.

I den 5 meter breda gräsremsan, längs med gatans västra del, anlades 1999 ett 500 meter långt svackdike. Botten av svackdiket ligger ungefär 0,3 meter under gatans nivå. För att leda in dagvattnet från gatan ner i diket anlades inverterade (nedsänkta) vägbulor i gatan. Tanken är att majoriteten av dagvattnet från gatan ska infiltrera och tas omhand lokalt i svackdiket. Flödesriktningen är från öst till väst och vid extrema regn, så som den 31 augusti 2014, kan diket avlastas genom avledning av överflödigt vatten till Vanåsparken belägen i gatans västra ände (Stahre 2008), se figur 10 ovan. I figur 11 nedan visas en bild på svackdiket.



Figur 11. Svackdiket vid Vanåsgatan (Stahre 2008).

## 6.2 Augustenborg

Bostadsområdet Augustenborg är beläget i södra Malmö. Området uppfördes omkring 1950 av Malmös kommunala bostadsbolag (MKB) och består främst av flerfamiljshus. Initialt var Augustenborg ett modernt och attraktivt bostadsområde men på 70-talet blev standarden gammalmodig och många valde att flytta. Med åren förvandlades Augustenborg till ett problemområde. På mitten av 90-talet valde därför MKB att inleda ett projekt i hopp om att återställa områdets status och popularitet, resultatet blev ”Ekostaden Augustenborg” (Stahre 2008).

Projektet inkluderar många sociala och ekologiskt hållbara initiativ, bland annat ett omfattande hållbart system för omhändertagande av dagvatten. Området bestod tidigare av enbart kombinerat system för omhändertagande av dag- och spillvatten. Detta system var kraftigt överbelastat vilket resulterade i frekventa källaröversvämningar vid kraftiga regn (Stahre 2008). Istället för att uppgradera det kombinerade systemet till ett rörbaserat duplikatsystem valdes en nyare och mer hållbar lösning. Det nya systemet inkluderar i stor utsträckning lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) genom infiltration på gröna tak, gräsmattor och parkeringsplatser. För att ytterligare minska belastningen på det kombinerade systemet används fördröjningsåtgärder som dammar och andra ytor som, vid behov, kan översvämmas. Systemet innefattar också kanaler och diken som ger upphov till trög avledning (Stahre 2008). För att fånga upp det vatten som inte infiltrerar anlades också en separat dagvattenledning under mark genom delar av området.

Uppslaget på denna sida presenterar de olika dagvattenlösningarna i Augustenborg. Översiktskartan, informationstexten och bilderna kommer från VA SYD (2011) och beskriver dagvattnets väg genom bostadsområdet.

## Välkommen till Ekostaden Augustenborg!

Med hjälp av denna översiktskarta kan du själv följa dagvattnet på en vandring genom bostadsområdet. Olika typer av öppna dagvattenlösningar kombineras med tekniska såväl som estetiska fördelar.



### Augustenborgs öppna dagvattensystem

- 1 Inne på kommunens förråd har Augustenborgs botaniska takträdgård med cirka 10 000 m<sup>2</sup> gröna tak skapats. Takens växtlighet både reducerar och fördörjer dagvattnet och den har även en isolerande effekt på byggnaden. De gröna taken utgör också ett positivt tillskott till närmiljön och medför att den biologiska mångfalden ökar. På takträdgården, som är öppen för allmänheten, bedrivs även visé forskning.
- 2 Dagvatten från området med kommunens förråd pumpas under vägen och leds in i kanalsystemet via denna inloppsdamn.
- 3 Dagvattnet leds genom kvarteret i betongkanaler (se bild).
- 4 Vattnet tillåts breddas ut i denna våtmark.
- 5 De så kallade ökrännorna återfinns på många ställen i Augustenborg. Rännorna är framtagna i samarbete med Morten Øvsteb, fritidsforskare och boende i Augustenborg. Utformningen av rännorna är gjord för att rörelse skall skapas i vattnet så att det sker en viss självrensning (se bild).
- 6 Dammarna utgör en fördörjningsvolym. Vattnet pumpas mellan de båda dammarna för att undvika stillastående vatten. Vid höga flöden kan vattnet breddas upp på gräsytan mellan dammarna.
- 7 Detta bostadshus har gröna tak. Gröna tak återfinns också på områdets samtliga miljöhus för sophantering.
- 8 Vattnets väg fortsätter i denna kubkanal, utformad som en stilliserad bäck (se bild).
- 9 Basketplanen samt amfiteatern inne på skolgården är utformade för att kunna nyttjas som fördörjningsmagasin vid behov. Från skolgården rinner dagvattnet ut i diket i parken (10).
- 10 Vattnet rinner i ett dike genom parken. Vid riktigt kraftiga regn kan dagvattnet rinna ut över parkens gräsyvor.
- 11 Denna damm är det sista steget i södra stråket. Härifrån rinner vattnet ut till en dagvattenledning i Lantmannagatan (se bild).
- 12 På flera av innergårdarna i området finns dammar med olika utseende. Dammarna har utformats tillsammans med de boende i området. De har sett egen prägel på sina gårdsdammar och därför ser alla dammarna olika ut (se bild).
- 13 Längs Lönnegatan består systemet huvudsakligen av diken med makadam i botten.
- 14 I denna damm samlas vattnet upp innan det leds under vägen och vidare ner i systemet. Vid kraftiga regn finns även möjligheter för överskottsvattnet att breddas ut till ledningsnätet i Lönnegatan. Inloppet till dammen har planterats med växter som är tänkta att fungera som ett filter. Växternas uppgift är att ta upp näringsämnen i vattnet.
- 15 Den sista biten i det norra stråket rinner dagvattnet i stensatta kanaler (se bild).
- 16 Detta är den sista dammen i det norra stråket. Härifrån rinner dagvattnet ut i ledningsnätet i Lönnegatan.



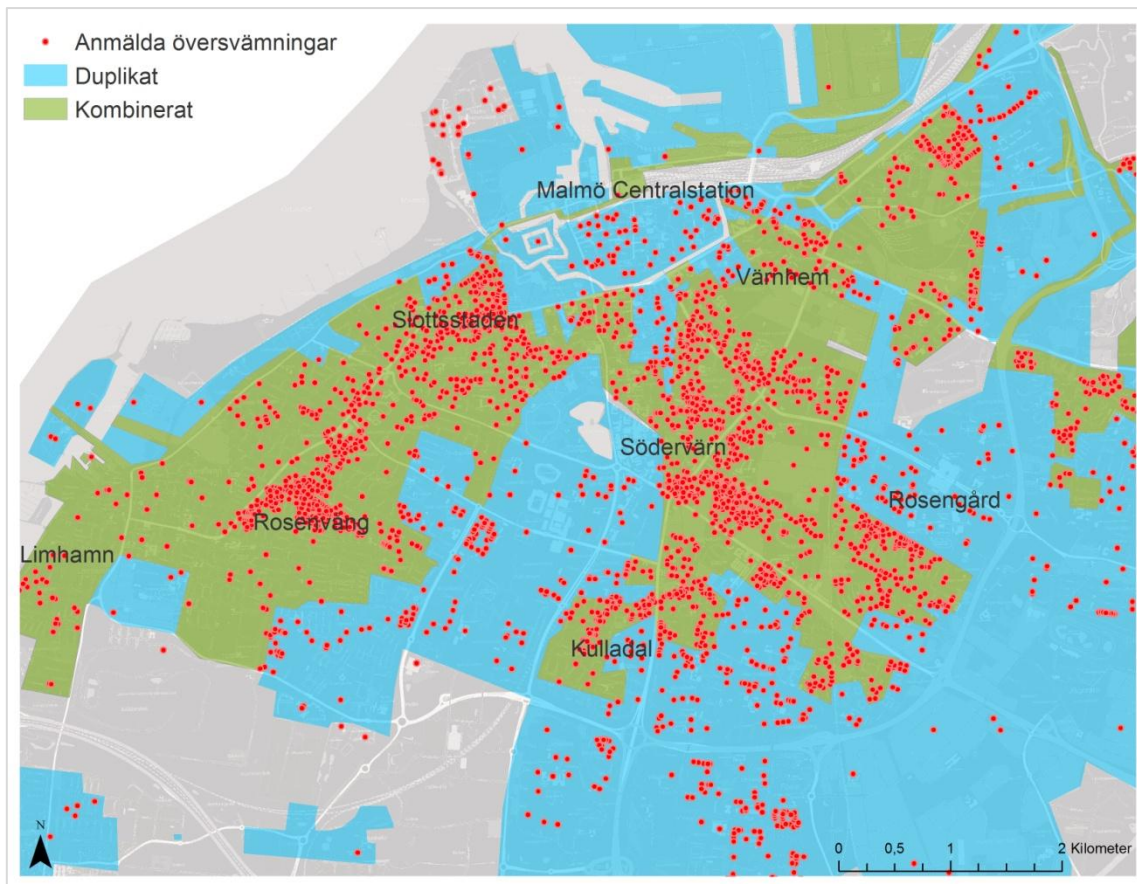


## 7 Resultat och diskussion

I detta kapitel presenteras inledningsvis fördelningen av källaröversvämningar i Malmö till följd av skyfallet den 31 augusti 2014. Vidare utvärderas de hållbara dagvattenlösningarna och kopplingen mellan gröna ytor och källaröversvämningar. Avsnitten diskuteras separat under varje enskild rubrik.

### 7.1 Fördelningen av källaröversvämningar

I figur 12 nedan visualiseras anmälda källaröversvämningar till följd av skyfallet i Malmö den 31 augusti 2014. Det är tydligt (och väntat) att flest översvämningar skedde i områden med kombinerat ledningsnät (grön skuggning). Ungefär 80 % av översvämningarna drabbade områden med kombinerade system medan omkring 20 % av översvämningarna återfinns i områden med duplikatsystem.



Figur 12. Fördelningen av anmälda källaröversvämningar i Malmö till följd av skyfallet den 31 augusti 2014. Röda punkter visar anmälda översvämningar medan blå och grön skuggning innebär att området har duplikat- respektive kombinerat system.

#### *Diskussion*

Speciellt hårt drabbade är områdena kring Rosenvång, Slottsstaden och Södervärn. Från figur 5 i kapitel 4.4 (Topografi i Malmö) går det att se hur Slottsstaden och området som sträcker sig mot Rosenvång ligger lägre än omgivande områden. I figur 12 syns det tydligt att detta område är speciellt drabbat av källaröversvämningar. Generellt har områden som ligger lågt i förhållande till sin omgivning drabbats hårdare.



Figur 14 nedan visar det topografiska läget för området. Lila skuggning innebär lågt liggande områden, det nordvästra hörnet på bilden är beläget cirka + 6,5 m ö.h. Grön skuggning betyder att området ligger högre och i det sydöstra hörnet på bilden är marknivån + 12,5 m ö.h. Genom figur 13 och figur 14 syns ett tydligt samband mellan lägre topografi och omfattningen av källaröversvämningar.

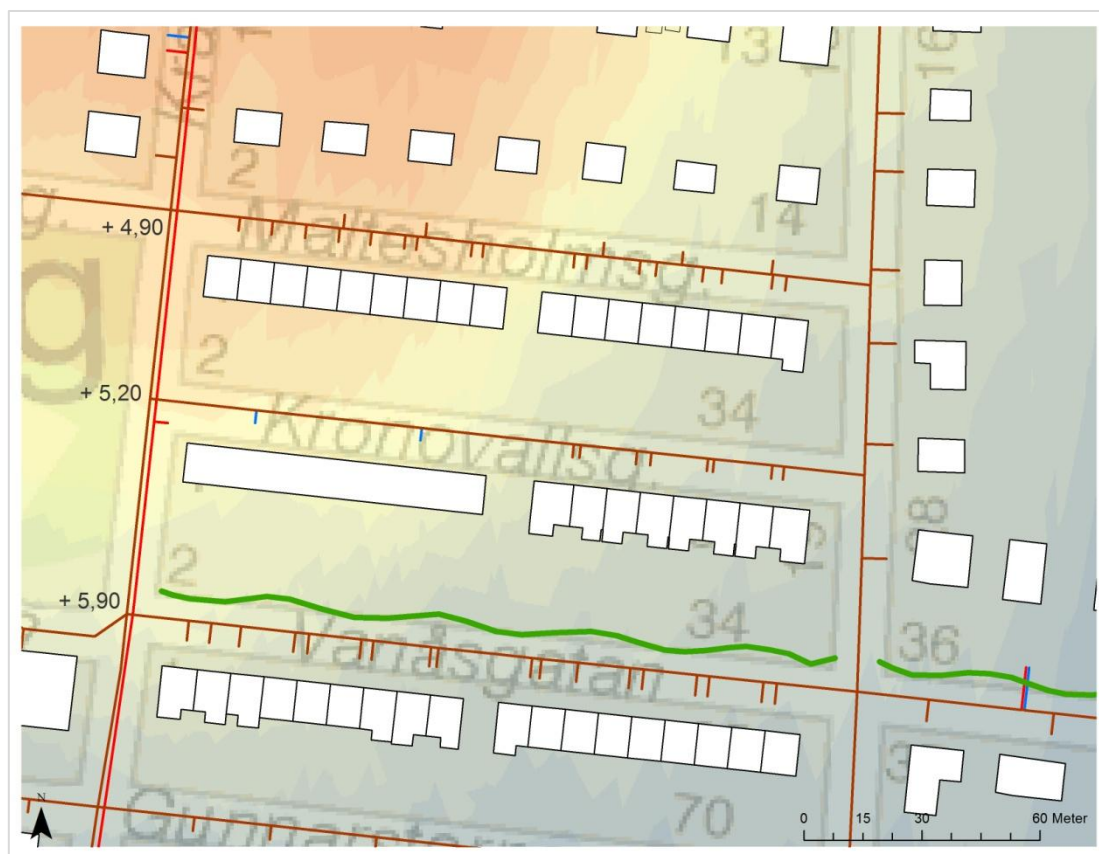


Figur 14. Topografisk översikt över Vanåsgatan och omgivande gator. Lila skuggning innebär lågt liggande gator, det nordvästra hörnet på bilden är beläget cirka +6,5 m ö.h. Grön skuggning betyder att området ligger högre och i det sydöstra hörnet på bilden är marknivån +12,5 m ö.h.

### *I jämförelse med andra lösningar*

För att utreda hur svackdicket presterade i jämförelse med andra lösningar gjordes en jämförelse mellan Vanåsgatans västra del och de två gatorna norr om denna, det vill säga Kronovallsgatan och Malteholmsgatan.

I figur 15 nedan visas en översiktlig bild över det befintliga ledningsnätets utformning på dessa gator. Den gröna, svängda linjen illustrerar sträckningen av svackdicket. De bruna linjerna visar kombinerade ledningar medan den röda linjen till vänster visar en separat spillvattenledning. Korta linjer symboliserar servisledningarna från fastigheter till huvudledningarna. I figur 14 ovan syns det tydligt hur området lutar diagonalt med högre marknivåer i sydöst och lägre i nordväst. Ledningsnätet följer samma lutning som topografin och vattnet längs med Vanåsgatan, Kronovallsgatan och Malteholmsgatan rinner sannolikt huvudsakligen från öst till väst. Höjderna som finns angivna till vänster i bild berättar på vilken nivå (m ö.h.) de kombinerade ledningarna från Vanåsgatan, Kronovallsgatan och Malteholmsgatan är påkopplade till den kombinerade huvudledningen i vertikal riktning.



Figur 15. Översiktlig bild över ledningsnätet på Vanåsgatan, Kronovallsgatan och Malteholmsgatan. Bruna linjer visar kombinerade ledningar medan röda linjer visar spillvattenledningar. Den gröna linjen symboliserar svackdicket medan blå linjer visar dagvattenledningar. Färgskalan visar omfattningen av anmälda översvämningar där röd färg betyder fler och blå färre.

På Vanåsgatan används svackdicket för lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) från gatan samt en kombinerad ledning för omhändertagande av dag- och spillvatten från fastigheterna. På Kronovallsgatan har det större huset till vänster i bild, bestående av ett flertal radhus, duplikatsystem där fastigheternas spillvatten är kopplat till spillvattenledningen (röd linje) och fastigheternas dagvatten (blå linjer) är kopplat till den kombinerade ledningen (brun linje). Resterande fastigheter på Kronovallsgatan har kombinerat system. På Malteholmsgatan är alla fastigheter kopplade till den kombinerade ledningen. De kombinerade ledningarna längs med Vanåsgatan, Kronovallsgatan och Malteholmsgatan har samma dimension.

I tabell 6 nedan presenteras de kriterier som användes för att undersöka om gatorna var av liknande karaktär.

Tabell 6. Jämförda kriterier vid analys av dagvattenhanteringen på Vanåsgatan, Kronovallsgatan och Malteholmsgatan. De parametrar som jämförts är marknivå (topografi), geologi, bebyggelse, system för dagvattenhantering samt anmälda översvämningar.

Gata	Påkoppling till huvudledning (m ö.h.)	Geologi	Bebyggelse	Dagvattenhantering	Anmälningar
Vanåsgatan	+ 5,90	Morän	Radhus	LOD och kombinerat	1
Kronovallsgatan	+ 5,20	Morän	Radhus	Kombinerat och duplikat	0
Malteholmsgatan	+ 4,90	Morän	Radhus och villor	Kombinerat	6

Det som skiljer gatorna åt är främst valet av dagvattenhantering samt deras topografi. Från figur 14 samt från höjden för påkoppling till huvudledningen framgår det att Vanåsgatan är högst belägen av de tre, följt av Kronovallsgatan och sedan Malteholmsgatan. Det geologiska förhållandet för samtliga gator är liknande då den huvudsakliga jordarten består av morän, se 11.1 (Bilagor). Bebyggelsen längs med gatorna varierar mellan radhus och fristående villor. Som nämnts ovan består dagvattenhanteringen på Vanåsgatan av LOD via ett svackdike samt av en kombinerad ledning. På Kronovallsgatan finns duplikat- respektive kombinerat system. Malteholmsgatan består endast av fastigheter kopplade till det kombinerade systemet.

I tabell 6 framgår det att Malteholmsgatan, där sex av husen anmält översvämning, är hårdast drabbad. På Vanåsgatan har endast en fastighet anmält att de fått översvämning medan inga anmälningar inkommit från fastigheter på Kronovallsgatan.

### *Diskussion*

Svackdikets syfte är att ta hand om dagvatten från gatan och på så vis minska belastningen på den kombinerade ledningen. Före implementeringen drabbades ett flertal fastigheter längs med gatan frekvent av källaröversvämningar vid kraftiga regn. Vid skyfallet den 31 augusti 2014 anmälde, enligt denna studie, endast en fastighet att de fått in vatten i källaren. Denna fastighet är belägen lågt, nära huvudledningen och är tekniskt sett en av de mest sårbara fastigheterna på Vanåsgatan. Det är svårt att avgöra i hur stor utsträckning fler fastigheter hade varit drabbade om svackdiket inte hade funnits. Vidare är det, utifrån denna studie, också svårt att avgöra i vilken utsträckning borttagandet av pilträden också påverkade kapaciteten i det kombinerade systemet. En begränsning i denna studie är det komplexa avloppssystemet i kombination med topografiska skillnader. Vid kraftiga regn kan dagvatten från högre belägna områden få stor effekt nedströms vilket gör det komplicerat att utföra isolerade utvärderingar av enskilda områden.

Vid jämförandet av de olika systemen för omhändertagande av dagvatten på Vanåsgatan, Kronovallsgatan och Malteholmsgatan kan ett flertal aspekter diskuteras. Först och främst ser det ut som att duplikatsystemet vid det större bostadskomplexet på Kronovallsgatan fungerat väl. Fastigheten hade med största sannolikhet varit drabbad av översvämningar om spillvattnet hade varit kopplat till den kombinerade ledningen. Fastigheten ligger nämligen lägre och på ungefär samma avstånd från huvudledningen som den översvämningsdrabbade fastigheten på Vanåsgatan. Husen på Kronovallsgatan där avloppet är kopplat till den kombinerade ledningen undviker med största sannolikhet översvämningar på grund av deras, lite högre, topografiska läge. Malteholmsgatan, som endast har kombinerat system, har flest anmälda källaröversvämningar. Att fastigheterna på denna gata drabbats hårdast beror förmodligen, förutom på det kombinerade systemet, också till stor del på att gatan ligger lägre i förhållande till både Kronovallsgatan och Vanåsgatan.

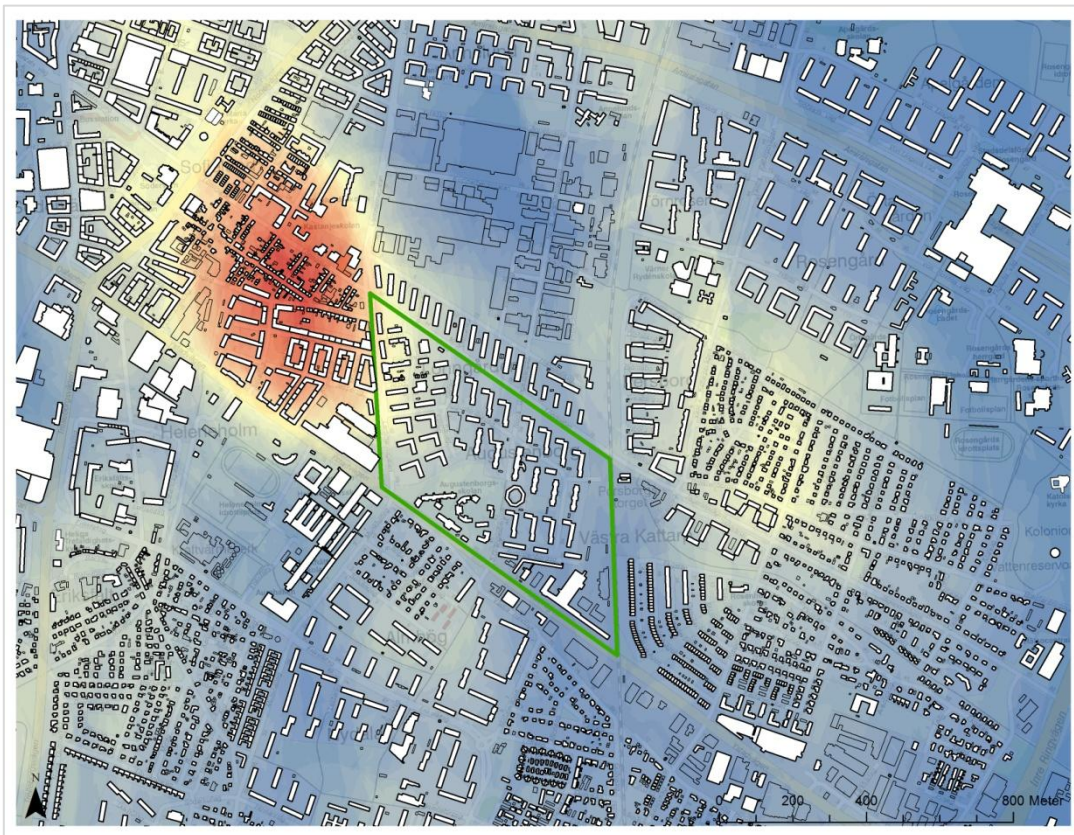
Sammanfattningsvis har denna analys visat att det går att undvika källaröversvämningar i riskområden, antingen genom implementering av duplikatsystem för att på så sätt ”koppla bort” källare från dagvattensystemet alternativt genom att avlasta kombinerade ledningar med hjälp av hållbara dagvattenlösningar (i detta fall ett svackdike). Denna analys visar att duplikatsystemet eventuellt fungerar aningen mer effektivt än svackdiket då källaröversvämning i den större fastigheten på Kronovallsgatan undveks medan en högre belägen fastighet på Vanåsgatan, med liknande avstånd till huvudledningen, anmält att de drabbats. Att duplikatsystem på ett effektivt sätt hjälper till att undvika källaröversvämningar konstaterades redan i inledningen av resultatdelen där fördelningen av anmälda källaröversvämningar presenterades, se figur 12.

## 7.2.2 Augustenborg

De hållbara dagvattenlösningarna i Augustenborg implementerades med syftet att minska belastningen på det befintliga, kombinerade systemet i området. Lösningarna utformades för både lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD), fördröjning och trög avledning. Målet med implementeringen av dessa lösningar var bland annat att minska den frekventa förekomsten av källaröversvämningar i området (Stahre 2008). Vid skyfallet den 31 augusti 2014 föll enligt en mätstation i Augustenborg 104 mm regn i området mellan kl 04 och kl 10 på morgonen (DHI 2014).

### *Prestation utifrån planerad funktion*

Figur 16 nedan visar en översiktlig bild över området Augustenborg, markerat med gröna linjer. För att inte peka ut enskilda, drabbade fastigheter (enligt överrensommelse med uppgiftslämnarna) användes färgskalor för att illustrera förekomsten av anmälda översvämningar. Röd färg innebär att området är hårt drabbat av översvämningar medan blå färg innebär att området är mindre drabbat.

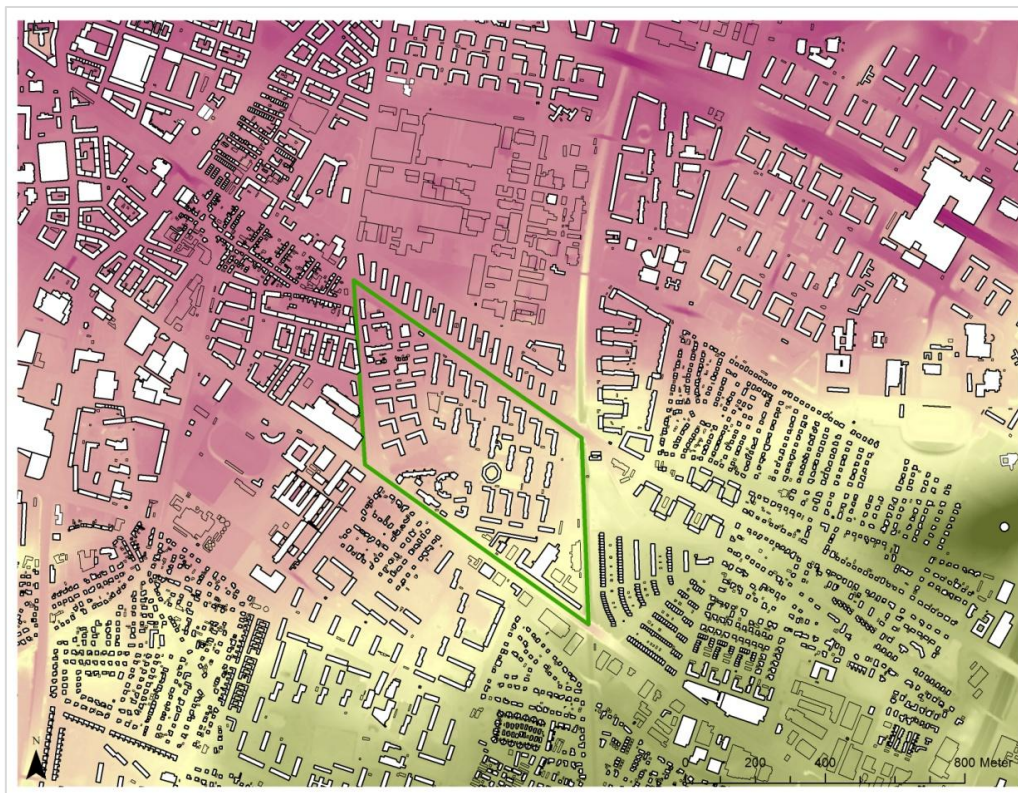


Figur 16. Översikt över Augustenborg (markerat med grönt) och närliggande områden. Färgskalorna beskriver omfattningen av anmälda översvämningar. Röd färg innebär att området är hårt drabbat av översvämningar medan blå färg innebär att området är mindre drabbat.

Från figur 16 syns det att förekomsten av anmälda översvämningar i Augustenborg är låg (främst blå färg). Detta bekräftas även av det kommunala fastighetsbolaget MKB som äger majoriteten av fastigheterna i området. Deras bedömning är att många källare drabbades men att vattenmängderna var förhållandevis små och att de inte orsakade några omfattande skador (MKB 2014).

Figur 17 nedan visar det topografiska läget för området. Lila skuggning innebär lågt liggande områden, det nordvästra hörnet på bilden är beläget cirka + 9 m ö.h. Grön skuggning betyder att området ligger högre och i det sydöstra hörnet på bilden är marknivån + 22 m ö.h. Ledningsnätet följer

i huvudsak samma lutning som topografin och vattnet i området rinner således från sydöst till nordväst i bild.



Figur 17. Topografisk karta över Augustenborg (markerat med grönt) och närliggande områden. Lila skuggning innebär lågt liggande punkter, det nordvästra hörnet på bilden är beläget cirka +9 m ö.h. Grön skuggning betyder att området ligger högre och i det sydöstra hörnet på bilden är marknivån +22 m ö.h.

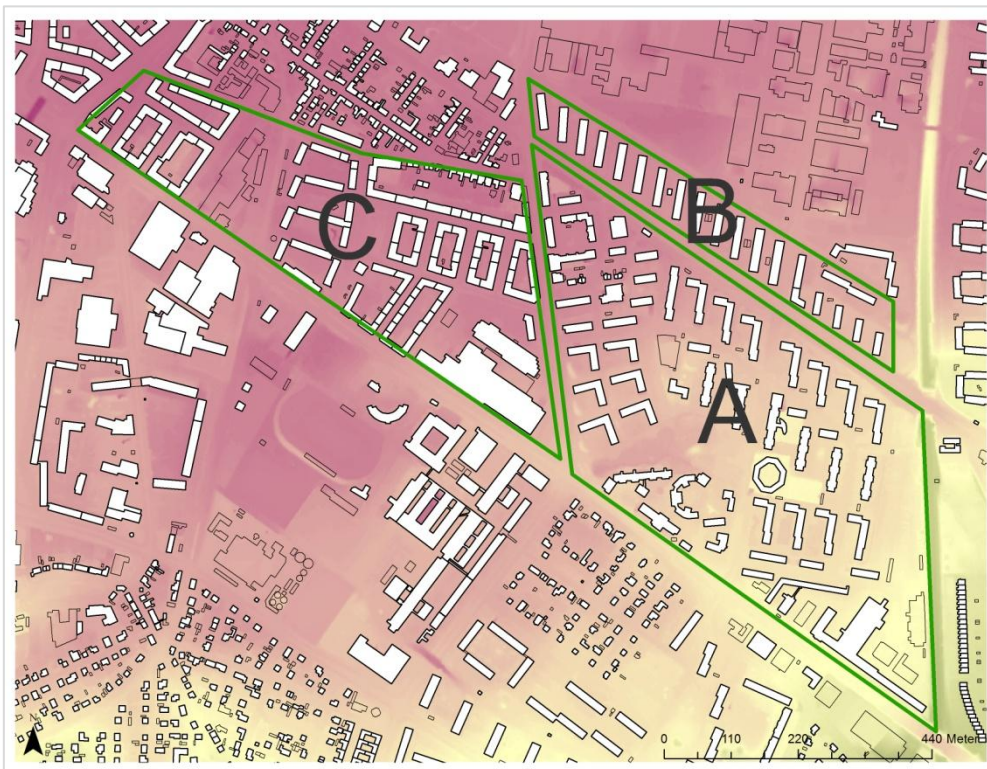
### *I jämförelse med andra lösningar*

För att utreda hur lösningarna i Augustenborg presterade i jämförelse med lösningar i andra områden gjordes en jämförelse mellan Augustenborg (A), Lönngården (B) samt en del av Södra Sofielund (C), se figur 18 nedan. Färgskalorna på kartan visar förekomsten av översvämningar i de olika områdena. Röd färg innebär att många fastigheter har anmält att de drabbats av översvämningar medan blå färg indikerar färre källaröversvämningar. Observera att denna färgskala, i detta fall, är lite missvisande då det ser ut som att Augustenborg (A) samt Lönngården (B) knappt drabbades av översvämningar. Detta stämmer inte riktigt, dessa områden drabbades men de anmälda översvämningarna är inte av samma täthet som i Södra Sofielund (C). Andelen översvämmade fastigheter per område kommer att presenteras vidare nedan.



Figur 18. Översikt över Augustenborg (A), Lönngården (B) och Södra Sofielund (C). Färgskalorna beskriver omfattningen av anmälda översvämningar. Röd färg innebär att området drabbades hårt av översvämningar medan blå färg innebär att området drabbades i mindre utsträckning.

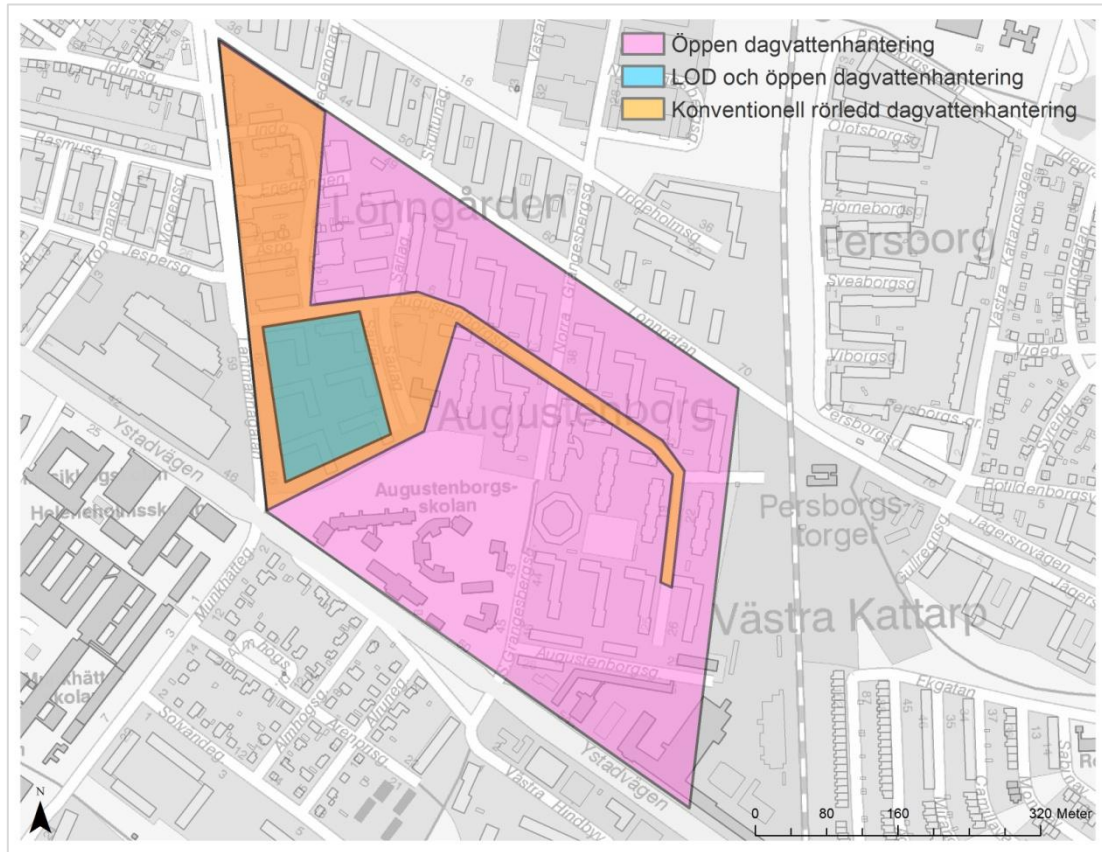
I figur 19 nedan presenteras en topografisk karta över de jämförda områdena, lila färg indikerar lågt liggande områden medan gult betyder att området ligger högre. Det syns tydligt att Södra Sofielund (C), Lönngården (B) samt de nordvästra delarna av Augustenborg (A) ligger lägre.



Figur 19. Topografisk översikt över Augustenborg (A), Lönngården (B) och Södra Sofielund (C). Lila skuggning innebär lågt liggande områden medan gul skuggning betyder att området ligger högre.



I föregående kapitel, där svackdiktet vid Vanåsgatan utvärderades, presenterades en detaljerad karta över avloppssystemet i det undersökta området. En lika detaljerad överblick kommer inte att presenteras i detta kapitel då det undersökta området i detta fall är mycket större vilket innebär ett mer komplext avloppssystem. I figur 20 nedan visas istället en översiktlig bild över dagvattenhanteringen i Augustenborg.



Figur 20. Överblick över dagvattensystemet i Augustenborg. Rosa skuggning innebär att området har öppen dagvattenhantering i form av kanaler, diken och dammar. Blå skuggning innebär att området har lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) samt öppen dagvattenhantering. Orange skuggning betyder att området har konventionell, rörledd dagvattenhantering (skapad med underlag från Shukri (2010) och VA SYD (2014b)).

Rosa skuggning innebär att området har öppen dagvattenhantering i form av kanaler, diken och dammar. Blå skuggning innebär att området har lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) samt öppen dagvattenhantering. Orange skuggning betyder att området främst har rörledd dagvattenhantering i kombination med kombinerade ledningar. Det ska förtydligas att det även i rosa och blått område finns kombinerade ledningar, dock syftar designen av de hållbara dagvattenlösningarna till att, i dessa områden, fördröja och trögt avleda dagvattnet och på så sätt undvika kraftigt inflöde till det kombinerade systemet.

I tabell 7 nedan presenteras de kriterier som användes för att undersöka om Augustenborg, Lönngården och Södra Sofielund var av liknande karaktär.

Tabell 7. Jämförda kriterier vid analys av dagvattenhanteringen i områdena Augustenborg, Lönngården och Södra Sofielund. De parametrar som jämförts är marknivå (topografi), geologi, bebyggelse, system för dagvattenhantering samt anmälda översvämningar.

Område	Marknivå (m ö.h.)		Geologi	Bebyggelse	Dagvattenhantering	Anmälda översvämningar
	Högst	Lägst				
Augustenborg (A)	+16	+11	Morän	Flerfamiljshus	LOD, fördröjning, trög avledning, duplikat och kombinerat	40 % av fastigheterna
Lönngården (B)	+14	+11	Morän	Flerfamiljshus	Kombinerat	95 % av fastigheterna
Södra Sofielund (C)	+13	+10	Morän	Flerfamiljshus	Kombinerat och duplikat	90 % av fastigheterna

Det som skiljer dessa områden åt är främst topografi samt val av dagvattenhantering. I Augustenborg består dagvattenhanteringen, som tidigt nämnts, av ett flertal hållbara dagvattenlösningar, bland annat av LOD, fördröjning samt av trög avledning. En del av dagvattnet i området avleds också via en större dagvattenledning medan en del vatten avleds i kombinerade ledningar. I området Lönngården avleds dagvattnet huvudsakligen via kombinerade ledningar. I Södra Sofielund tas dagvattnet omhand via kombinerade ledningar men också i viss utsträckning av duplikatsystem. Samtliga områden består huvudsakligen av flerfamiljshus där den huvudsakliga jordarten utgörs av morän, se 11.1 (Bilagor).

Från tabell 7 ser vi att 40 % av fastigheterna i Augustenborg har anmält att de drabbades av källaröversvämningar till följd av skyfallet. I området Lönngården har anmälningar inkommit från 95 % av fastigheterna medan motsvarande siffra för Södra Sofielund var 90 %.

#### *Diskussion*

Sedan implementeringen av hållbara dagvattenlösningar i Augustenborg är den generella bilden att förekomsten av källaröversvämningar i området har minskat (Naturvårdsverket 2010; Klimatanpassningsportalen 2013). Denna studie bekräftar detta påstående genom att visa hur Augustenborg drabbades av relativt få och tämligen milda källaröversvämningar. Funktionsmässigt visar denna studie att de hållbara dagvattenlösningarna i Augustenborg presterar tillfredsställande, även vid regn som ordentligt överstiger vad de initialt är dimensionerade för.

Vid jämförandet av de olika systemen för dagvattenhantering i Augustenborg, Lönngården och Södra Sofielund kan ett flertal aspekter diskuteras. Det är tydligt att Augustenborg klarade sig bättre än både Lönngården och Södra Sofielund. Enligt denna undersökning presterade kombinationen av duplikat- och kombinerat system i Södra Sofielund i liknande utsträckning som det kombinerade systemet i Lönngården. Att dessa områden är mycket hårt drabbade av källaröversvämningar beror förmodligen på valet av system för dagvattenhantering samt på deras topografiska läge.

Det ska förtydligas att implementeringen av de hållbara dagvattenlösningarna i Augustenborg innebar en uppgradering av dagvattensystemet i området. Huruvida liknande resultat hade kunnat uppnås med mer traditionella lösningar, så som rörlett duplikatsystem, bör därför diskuteras. Att separera dag- och spillvatten är standard vid nybyggnation och ett viktigt steg vid uppgradering av avloppssystemet. Det är dock viktigt att diskutera vilken typ av dagvattenhantering vi vill ha för att i dagsläget och i framtiden kunna skydda fastigheter och infrastruktur från kostsamma översvämningar till följd av kraftiga regn. Att implementera duplikatsystem utan att skapa ytor där vattnet kan fördröjas vid kraftiga regn bör ses som en lösning som skyddar högre belägna fastigheterna i enskilda områden. Vid

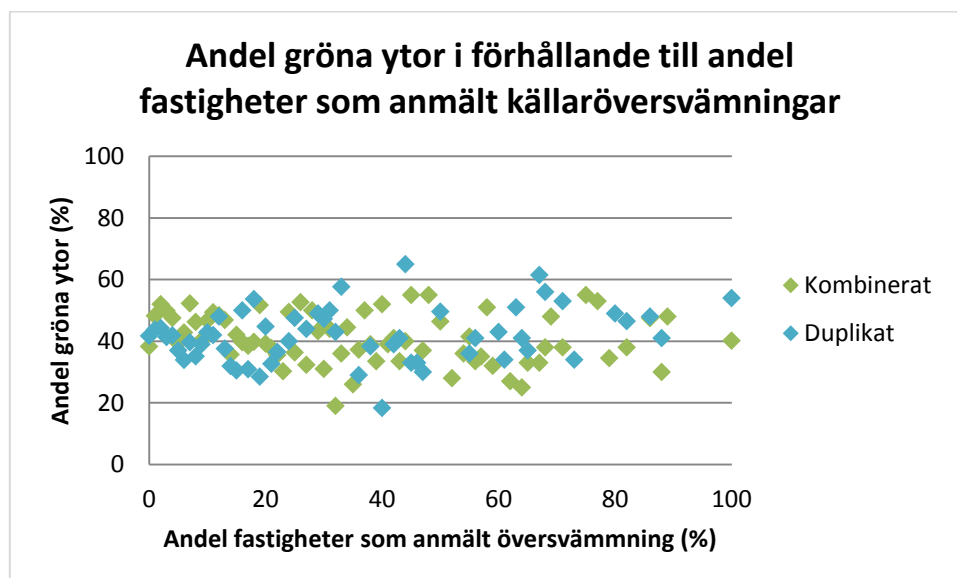
kraftiga regn går ofta även dagvattenledningarna i duplikatsystemen fulla och mycket av vattnet kan då rinna på ytan och orsaka skador på fastigheter och infrastruktur belägna i lågpunkter. Hållbara dagvattenlösningar möjliggör en minskad belastning på det befintliga ledningsnätet, de har samtidigt en stor flexibilitet då de kan integreras i stadsbilden och på så sätt skapa flerfunktionella ytor där vattnet blir en naturlig del av staden. Målet bör vara att hitta en kombination av öppna och rörledda lösningar för att på så sätt skapa ett system som kan fördröja samt avleda stora mängder av det vatten som genereras i staden vid kraftiga regn.

Det är också viktigt att hela dagvattensystemet ses som en enhet, inte som små isolerade områden. Åtgärder, i form av fördröjningsmagasin och system för trög avledning, bör implementeras längs med hela avrinningsområden, något som även Stahre (2004) argumenterar för.

### 7.3 Betydelsen av gröna ytor

I följande stycken presenteras och diskuteras det undersökta sambandet mellan källaröversvämningar och förekomsten av gröna ytor. Hur detta samband tagits fram och undersökts finns beskrivet i kapitel 5.2 (Analys).

I figur 21 nedan presenteras ett punktdiagram där sambandet mellan andelen fastigheter som anmält översvämningar har jämförts med andelen gröna ytor i området. Initialt visualiserades en punkt för varje undersökt polygon (200 X 200 m). Då denna bild blev väldigt plottrig och otydlig visualiserades därför istället en punkt per procentenhet av andelen fastigheter som anmält att de drabbats av översvämning. Om flera polygoner innehöll samma andel fastigheter som anmält översvämning beräknades medelvärdet av andelen gröna ytor för dessa polygoner. I figur 21 visas alltså en punkt per procentenhet av andelen översvämningsdrabbade fastigheter samt det motsvarande värdet (medelvärdet för polygoner med samma översvämningsförekomst) av andelen gröna ytor.



Figur 21. Punktdiagram som visar sambandet mellan andelen fastigheter som anmält översvämningar och andelen gröna ytor i området. Gröna punkter visar sambandet i områden med kombinerat system medan blå punkter visar sambandet i områden med duplikatsystem.

De undersökta polygonerna delades upp mellan områden med duplikat- respektive kombinerat system. Bakom denna uppdelning låg främst en tanke om att det kunde vara intressant att undersöka om det gick att se någon skillnad mellan de två. Från figur 21 framgår inget tydligt samband mellan andelen

fastigheter som anmält översvämning och andelen gröna ytor i området, varken för områden med duplikat- respektive kombinerat system.

### *Diskussion*

Att utfallet av resultaten ger indikationen att det inte finns något samband mellan förekomsten av gröna ytor och källaröversvämningar kan diskuteras utifrån ett flertal aspekter. Vid kraftiga regn utgör avloppssystemens komplexitet samt topografiska skillnader en stor begränsning i denna studie. Trots att ett område kan bestå av stora delar grönytor och rent volymmässigt generera små mängder dagvatten i form av tillrinning till ledningsnätet kan området fortfarande drabbas hårt om det är beläget nedströms eller i en lokal lågpunkt. Det sammankopplade avloppssystemet samt det topografiska läget gör det möjligt för områden belägna nedströms samt i lokala lågpunkter att ta emot stora mängder dag- (och spillvatten) från högre liggande områden, både via ledningsnätet och via avrinning på ytan.

Vidare är den huvudsakliga jordarten i Malmö moränlera. Denna jordart lämpar sig, på grund av sin täthet, mindre bra för infiltration. Vid kraftiga regn uppträder således de gröna ytorna, bestående av denna jordart, på nästintill samma sätt som de hårdgjorda ytorna. Denna aspekt tas delvis upp i en studie av Deak Sjöman och Gill (2014). Studien visar att tätbebyggda områden bestående av sandiga jordarter genererar samma mängd ytavrinning som områden med mindre bebyggelse på leriga jordarter. Vid förtätning av bostadsområden belägna på sandiga jordarter bör fokus därför främst ligga på att behålla stora andelar gröna ytor medan det vid förtätning på leriga jordarter föreslås åtgärder som permeabla beläggningar i kombination med lösningar som möjliggör infiltration, exempelvis stenfyllningar (Deak Sjöman & Gill 2014). Analysmetoden bör också diskuteras som en eventuell begränsning i denna studie. Större, sammanhängande stråk av gröna respektive hårdgjorda ytor i hela avrinningsområden hade möjliggjort en mer korrekt analys.

Vid förtätning och utbyggnad av Malmö räcker det, enligt denna studie, inte att endast behålla gröna ytor för att dämpa dagvattenavrinningen vid kraftiga regn och således få en positiv effekt ur översvämningssynpunkt. För att få användning för de gröna ytorna måste de utformas på ett sätt som möjliggör fördröjning, infiltration eller trög avledning. Något som bland annat kan åstadkommas med hjälp av diken eller nedsänkta ytor som vid kraftiga regn kan översvämmas.

## 8 Slutsatser

I takt med att Malmö växer och förtätas ökar trycket på stadens befintliga ledningsnät. I arbetet med att bygga ut och förnya dagvattensystemet är anläggning av duplikatsystem samt separering av kombinerade ledningar viktiga steg. Studien visar att 80 % av källaröversvämningarna vid skyfallet den 31 augusti 2014 skedde i områden med kombinerat system medan resterande 20 % skedde i områden med duplikatsystem.

Då även områden med duplikatsystem drabbades indikerar det att källaröversvämningar i stadsmiljöer inte helt kan undvikas med hjälp av separata ledningar för dag- och spillvatten. För att minska omfattningen av översvämningar till följd av kraftiga regn behövs fler ytor i staden där vattnet kan fördröjas för att sedan avledas kontrollerat när det finns plats i ledningsnätet. I ett Malmö som växer och förtätas blir det samtidigt extra viktigt att utnyttja stadens attraktiva ytor på ett effektivt sätt. Att integrera dagvattenhanteringen i stadsbilden möjliggör detta och utgör själva definitionen av hållbar dagvattenhantering. Ur översvämningssynpunkt visar denna studie att svackdikedet vid Vanåsgatan och de samlade lösningarna i Augustenborg presterade väl utifrån den funktion de initialt designades för.

Vidare visar studien inget samband mellan förekomsten av gröna ytor och källaröversvämningar. En huvudsaklig förklaring till detta resultat och något som också bör nämnas som en stor begränsning i både analysen av de hållbara dagvattenlösningarna samt i analysen av gröna ytor är avloppssystemets komplexitet i kombination med topografiska skillnader mellan områden. Vid kraftiga regn kan dagvatten från områden uppströms orsaka stora problem nedströms vilket försvårar analyser av enskilda områden. Sammanfattningsvis går det dock att dra följande slutsats; för att minska plötslig och kraftig tillrinning till ledningsnätet samt för att undvika att vatten samlas i lågpunkter och skadar fastigheter och annan infrastruktur behöver både gröna ytor och andra ytor i staden aktivt designas för att möjliggöra fördröjning, infiltration och trög avledning.

Avslutningsvis vill jag understryka vikten av att våga diskutera klimatanpassning av dagvattensystemen som en viktig del i stadsutvecklingen. Att klimatsäkra en stad handlar förutom om att skydda den från stigande havsnivåer, också om att utforma system som klarar framtidens mer frekventa och kraftigare regn. Att helt försäkra oss från översvämningar vid extrema regn är kanske varken genomförbart eller nödvändigt. Ett aktivt arbete med att anpassa dagvattensystemen till en förändrad stadsbild och till ett förändrat klimat bör däremot ses som en nödvändighet. I arbetet med att utveckla och klimatanpassa stadens dagvattenhantering behövs långsiktiga strategier för systemen som helhet. Ett framgångsrikt dagvattensystem bör anpassas utifrån möjligheterna i varje specifikt område med det slutliga målet att skapa plats för vattnet i staden.

## 9 Framtida studier

För att vidare förstå hur hållbara dagvattenlösningar fungerar samt hur de kan förbättras föreslås en detaljstudie av Augustenborg utifrån skyfallet den 31 augusti 2014. Det skulle vara intressant att undersöka de översvämmade fastigheterna närmare för att utreda hur vattnet tog sig in. Utifrån detta skulle det kanske vara möjligt att utvärdera hur de olika lösningarna presterade och utifrån det kunna dra slutsatser om hur likande områden i framtiden skulle kunna utformas på ett mer effektivt sätt.

För vidare analyser av sambandet mellan förekomsten av gröna ytor och källaröversvämningar hade det varit intressant att genomföra en liknande studie för städer eller områden där jordarten är av sandigare typ. Det hade också varit intressant att undersöka sambandet för händelser med lägre återkomsttider.

När det gäller arbetet med att klimatanpassa dagvattenhanteringen i stadsmiljöer bör ansvarsfördelningen undersökas och diskuteras vidare. En intressant infallsvinkel är främst vem som bör ha det huvudsakliga ansvaret för detta arbete på nationell och regional nivå. På en mer lokal nivå skapar privata fastighetsägares möjligheter att ta ett större ansvar intressanta diskussioner.

## 10 Referenser

- Axel Eliassons Konstförlag (1940). "S-N karta över Skåne". Stockholm: Axel Eliassons Konstförlag A. B.
- Boverket (2010). *Låt staden grönska – Klimatanpassning via grönstruktur*.  
<http://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2010/lat-staden-gronska/> [2015-03-28].
- Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J.-L., Fichet, T., Friedlingstein, P., Gao, X., Gutowski, W.J., Johns, T., Krinner, G., Shongwe, M., Tebaldi, C., Weaver, A.J. and Wehner, M. (2013). Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. I: *Climate Change, 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Inter- governmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex V. and Midgley, P.M. (red.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Deak Sjöman, J. & Gill, E. J. (2014). Residential runoff – The role of spatial density and surface cover, with a case study in the Höjeå river catchment, southern Sweden. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13 (2014), ss. 304-314.
- DHI (2014). *Skyfallet i Malmö 2014-08-31*. Intern rapport. Göteborg: DHI Sverige AB. 15 sidor.
- Goonetilleke, A., Thomas, E., Ginn, S. & Gilbert, D. (2005). Understanding the role of land use in stormwater quality management. *Journal of Environmental Management*, 74 (1), ss. 31-42.
- Haghighatafshar et al. (2014). Storm-water management in Malmö and Copenhagen with regard to climate change scenarios. *Vatten – Journal of Water Management and Research*, 70, ss. 159-168.
- Klimatanpassningsportalen (2013). *Öppen dagvattenhantering i Malmöstadsdelen Augustenborg, fördjupning*. <http://www.klimatanpassning.se/atgarder/planera-for-anpassning/oppen-dagvattenhantering-i-malmostadsdelen-augustenborg-fordjupning-1.33382> [2015-02-10].
- Malmö stad (2008). *Dagvattenstrategi för Malmö*. Rapport. Malmö: Malmö stad.
- MKB (2014). Underlag – Status efter skyfallet. Dokument av typerna Word och Excel. Erhållna efter personlig e-postkorrespondens med Mattis Leisow i november 2014.
- Naturvårdsverket (2010). *Innovativt dagvattensystem i Malmö*. Faktablad. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Olshammar, M. & Baresel, C. (2012). *Vattenskadorna orsakade av baktryck i avloppssystemet – erfarenheter, regler, hantering och tekniska lösningar* (Rapport B2029). IVL Svenska Miljöinstitutet och Svensk Försäkring. 60 sidor.
- Orvesten, A., Kristoffersson, A. & Stål, Ö. (2003). *Trädrötter och ledningar – goda exempel på lösningar och samverkansformer* (VA-Forsk Rapport Nr 31 2003), ss. 48-50. Stockholm: Svenskt Vatten AB.

SGU (2015). Kartor skapade med hjälp av tjänsten ”Kartgeneratör”.  
[http://maps2.sgu.se/kartgenerator/maporder\\_sv.html](http://maps2.sgu.se/kartgenerator/maporder_sv.html) [2015-02-24].

Shukri, A. (2010). *Hydraulic Modeling of Open Stormwater System in Augustenborg, Sweden*. Lund: Water and Environmental Engineering, Department of Chemical Engineering, Lund University.

Stahre, P. (2004). *En långsiktig hållbar dagvattenhantering. Planering och exempel*. Stockholm: Svenskt Vatten AB. 81 sidor.

Stahre, P. (2008). *Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden*. Malmö: VA Syd. 93 sidor.

Svenskt Vatten (2007). *Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppssystem* (Meddelande M134). Stockholm: Svenskt Vatten AB. 48 sidor.

Sveriges Radio (2014). *Nota på kvarts miljard för tunga översvämningarna i Malmö*.  
<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=83&artikel=5961032> [2014-12-15].

United Nations (UN). *World Urbanization Prospects Highlights* (2014). Department of Economic and Social Affairs. New York: United Nations.

van Dijk, E., van der Meulen, J., Kluck, J., Straatman, J. H. M. (2014). Comparing modelling techniques for analysing urban pluvial flooding. *Water Science & Technology*, 69.2 (2014), ss. 305-311.

VA SYD (2011). *Ekostaden Augustenborg – en dagvattenvandring*. Broschyr. Malmö: VA Syd.

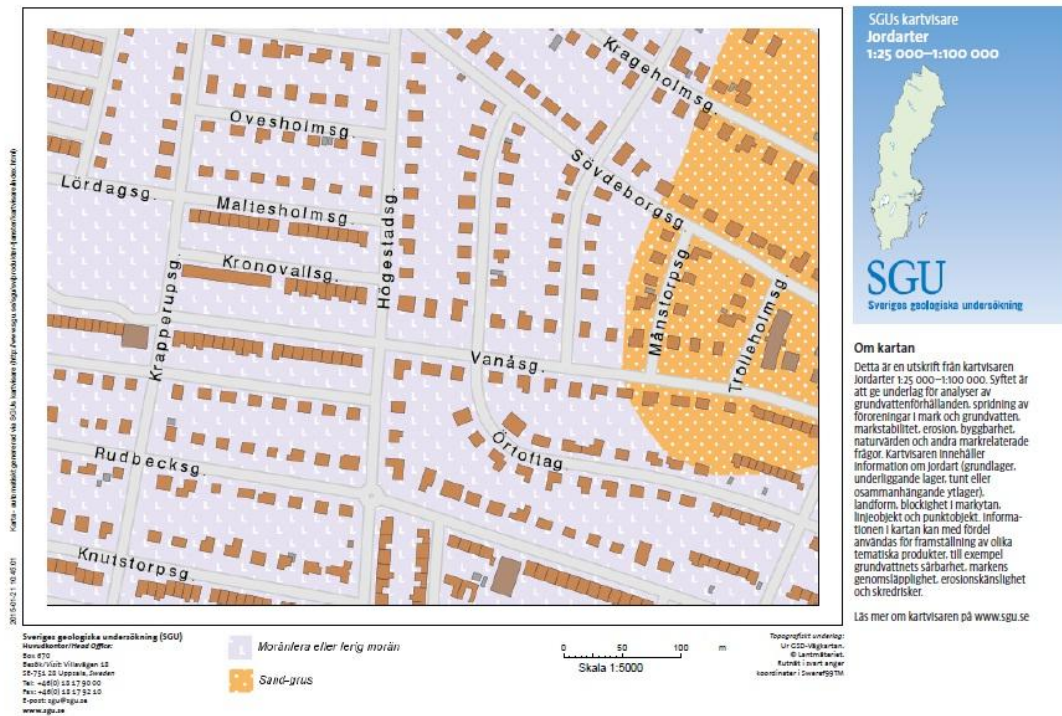
VA SYD (2014a). *Viktigt att veta om källaröversvämningar*. Informationshäfte. Malmö: VA Syd.

VA SYD (2014b). GIS-underlag i form av huvudsakliga drag i Malmös avloppssystem. Personlig e-postkorrespondens med Leif Ståhl i december 2014.

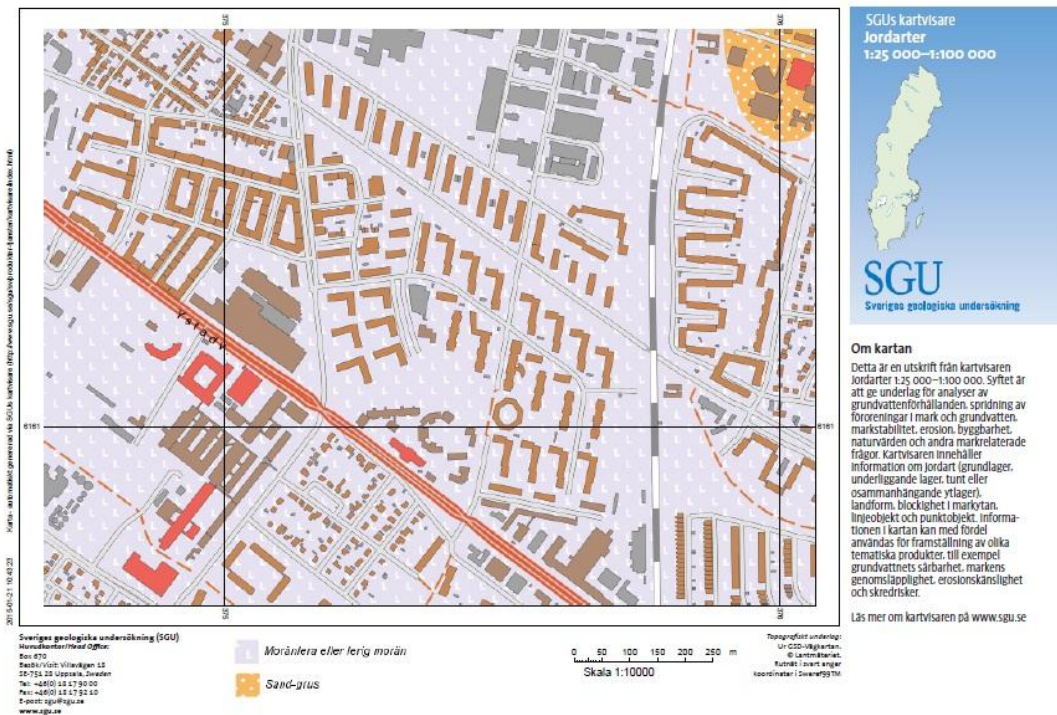


# 11 Bilagor

## 11.1 Kartor över jordarter



Figur 22. Översiktlig karta över jordarter vid Vanåsgatan. Grå färg med vita markeringar visar att området främst består av moränlera eller lerig morän. Orange färg med vita prickar visar områden där den huvudsakliga jordarten är sand eller grus (SGU 2015).



Figur 23. Översiktlig karta över jordarter vid Augustenborg. Grå färg med vita markeringar visar att området främst består av moränlera eller lerig morän. Orange färg med vita prickar visar områden där den huvudsakliga jordarten är sand eller grus (SGU 2015).