



Grönblå skyfallshantering

En fallstudie om skyfallsskydd för befintliga byggnader i Stockholm

Sandra Andersson och Frida Helander

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala
Uppsala 2023



Grönblå skyfallshantering. En fallstudie om skyfallsskydd för befintliga byggnader i Stockholm

Greenblue cloudburst management. A case study on cloudburst protection for already existing buildings in Stockholm

Sandra Andersson och Frida Helander

Handledare:	Bodil Dahlman, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för stad och land
Examinator:	Ulla Myhr, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för stad och land
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i landskapsarkitektur
Kurskod:	EX1004
Program/utbildning:	Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala
Kursansvarig inst.:	Institutionen för stad och land
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2023
Omslagsbild:	<i>Skyfall i stad.</i> CC0BY Gundula Vogel från Pixabay
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Elektronisk publicering:	https://stud.epsilon.slu.se
Nyckelord:	skyfall, skyfallskartering, urban dagvattenhantering, grönblå infrastruktur, översvämning, SCALGO Live

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land

Avdelningen för landskapsarkitektur

Sammanfattning

På senare år har skyfall skapat översvämningar globalt, och mer frekvent i Sverige än tidigare. Dessa översvämningar har orsakat stora skador på hus och infrastruktur. Det har blivit viktigare att skapa klimatrezilienta städer och det händer mycket inom området. När nya byggnader uppförs är det numera vanligt att inkorporera lösningar som skyddar mot översvämningar redan i planeringsstadiet. På grund av förtätning av städer och överbelastade ledningssystem kan äldre byggnader vara mer utsatta gällande dagvattenproblematik än nybyggda hus. Detta arbete ämnade presentera förslag på metoder för att skydda befintliga byggnader i äldre urban miljö, på sätt som är kostnadseffektiva, socialt- och miljömässigt hållbara samt enkla att sköta.

Som framgår i fallstudien har en plats givna förutsättningar stor betydelse för hur åtgärder kan utformas. Idag finns digitala verktyg som underlättar översikt av skyfallsrisker, men det är viktigt att utföra platsbesök för att minska risken för felkällor. Det har länge funnits en grundprincip att inte bebygga mark som kan bli översvämmad vid skyfall, men denna regel efterlevs inte alltid. Trots de utmaningar dagvattenhantering kan innebära finns det potentiellt stora nyttor och möjligheter. Tydligare lagstiftning och krav på dagvattenhantering skulle kunna ha en positiv inverkan. Det skulle också vara fördelaktigt om dagvatten övergripande hanterades som en gemensam utmaning och ansvar. Om varje stad var förberedd att hantera 20 mm regn, skulle ett skyfalls följder mildras avsevärt. Öppen dagvattenhantering är effektivt för att snabbt ta omhand stora regnmängder och ger ökade förutsättningar för biodiversitet och miljömässiga nyttor.

Nyckelord: skyfall, skyfallskartering, urban dagvattenhantering, grönblå infrastruktur, översvämning, SCALGO Live

Abstract

In recent years cloudbursts have caused floods globally and more frequently in Sweden than before, causing a lot of damage to houses and infrastructure. The need for resilience in the cities has become more urgent, and there are a lot of things happening on the subject. When new buildings are constructed, ways of protecting the buildings against floods are more common than before. Older buildings are in some cases worse off considering water management due to the densification of cities and old sewage systems, however they are seldomly the focus of flooding investments. In this thesis we aimed to propose methods to protect older buildings in urban environments regarding economics, environmental sustainability and maintenance.

As shown in the case study, given conditions dictates how changes can be implemented. Today there are digital tools that facilitates pluvial flood risk assessments, however it is still important to visit the site to eliminate potential errors. It has long been a fundamental rule not to build in areas prone to flooding, although this rule is sometimes overlooked. Despite the challenges presented by urban water management there are also possibilities and benefits. Stricter laws and demands concerning water management could have positive effects. Another positive effect would come from handling the challenges and responsibilities regarding water management collectively. If each city was individually prepared to handle 20 mm of rain the consequences of a cloudburst would be significantly mitigated. Open water management is efficient in rapidly handling large amounts of rain and also presents opportunities for biodiversity and other environmental benefits.

Keywords: cloudburst, pluvial flood risk assessment, urban water management, greenblue infrastructure, pluvial flooding, SCALGO Live

Förord

Detta arbete är en kandidatuppsats på landskapsingenjörsprogrammet vid SLU Ultuna. Arbetet genomfördes i samarbete med Research Institutes of Sweden (RISE) och bostadsföretaget Stockholmshem inom projektet Multifunktionell Urban Klimatanpassning i Samverkan (MUKliS). Vi vill rikta ett stort tack till dessa två företag som bidragit med information, kontaktförmedling, intressanta samtal och engagemang! Vi vill också tacka Jonas Althage, strateg inom skyfall på Trafikkontoret, Stockholm stad, som ställde upp på intervju och bidrog med relevanta och intressanta insikter från branschen. Till sist vill vi också rikta ett personligt tack till Anne Heino på Stockholmshem, Nilas Lätt från Scandinavian Green Roof Institute och Bodil Dahlman från SLU som hjälpt och handlett oss i detta arbete.

Arbetsfördelningen under uppsatsens gång var jämn. Båda författarna skrev på samtliga kapitel, diskuterade och gjorde beräkningar tillsammans och all kontakt med RISE och Stockholmshem samt den utförda intervjun gjordes tillsammans. Studier av källmaterial delades upp mellan författarna så att inläsningen gick snabbare. Varje artikel eller rapport sammanfattades av en författare och delades i ett gemensamt dokument för att den andra författaren skulle få tillgång till samma information. Arbetet i de digitala verktygen delades upp för effektivisering, men samtliga skisser och modeller diskuterades och korrigerades gemensamt.

Innehållsförteckning

Figurförteckning	6
1. Introduktion	9
1.1 Syfte.....	10
1.2 Frågeställning	10
2. Metod och material	11
2.1 Intervju	11
2.2 Platsbesök	11
2.3 Modellering i SCALGO Live och dimensionering.....	12
2.4 Presentation av åtgärdsförslag	12
2.5 Avgränsning.....	12
3. Dagvatten i urban miljö	14
3.1 Dimensionerande regn	14
3.2 Avrinning.....	15
3.3 Risker med skyfall.....	16
3.4 Lagstiftning och ansvarsfördelning	17
3.5 Skyfallsstrategier och karteringsmetoder.....	19
3.6 Grundläggande principer för dagvattenhantering	20
3.6.1 Tekniska lösningar för skyfalls- och dagvattenhantering	20
3.6.2 Begränsande faktorer i äldre urban miljö.....	24
3.6.3 Fallstudiens område och skyfallskartering.....	25
3.6.4 Stockholmhems önskemål.....	27
4. Resultat.....	28
4.1 Platsanalys	28
4.2 Åtgärdsförslag.....	31
4.2.1 Åtgärdsförslag 1, svackdike intill bilväg	32
4.2.2 Åtgärdsförslag 2a-b, svackdike bakom stora byggnaden.....	34
4.2.3 Åtgärdsförslag 3, avledande kantsten	36
4.2.4 Åtgärdsförslag 4, skålad yta	38
4.2.5 Åtgärdsförslag 5, sänkning av växtbädd.....	40
4.2.6 Åtgärdsförslag 6, källarnedgångar.....	42
4.2.7 Sammanställning av åtgärdsförslagens funktioner.....	43
4.2.8 Resultat av åtgärder presenterade i SCALGO Live.....	44
5. Diskussion.....	47
5.1 Resultatdiskussion.....	47
5.2 Metoddiskussion	49
5.3 Vidare studier.....	50
4. Slutsats	51
Referenser	52
Bilaga 1	57

Figurförteckning

- Figur 1. Skyfallsväg med lågpunkt i mitten på vägen. Vid stora vattenmängder fungerar vägen som ett dike och avleder vatten (Illustration: Ramboll, SMHI 2018).21
- Figur 2. Svackdike i sektion. Svackdiket kan ha dräneringslager, dräneringsrör och bräddningsbrunn som på bilden, men det kan också vara bara ett svagt sluttande gräsbeklätt dike (Illustration: VA-Guiden u.å.).22
- Figur 3. Sektion av gräsarmerad betong ovan ett genomsläppligt lager av makadam. Denna beläggning kan vara lämplig på till exempel parkeringsplatser där det behövs en hårdgjord yta som samtidigt kan infiltrera vatten (Illustration: VA-guiden u.å.).23
- Figur 4. Sektion av regnbädd med ytmagasin för magasinering av dagvatten och överfyllnadsskydd i form av dräneringsrör (Illustration: VA-guiden u.å.).23
- Figur 5. Referenskartan över Stockholm. Röd pil visar Kristallvägen, vägen vid Karneolen 3 i Solberga (Kartdata ©2023 Google).26
- Figur 6. Översvämningsytor och flödesvägar för Karneolen 3 visade i Miljödataportalen. Gult till rött indikerar stående vatten där gult är lägst. Blå nyanser anger flödesvägar med olika intensitet, där ljusblått är lägst intensitet. Blå pil visar den övergripande lutningen på platsen. Svart linje anger fasthetsgräns. Grön linje markerar höjdrygg (Stockholms stad 2022b).26
- Figur 7. Uppströms avrinningsområde (ljusgrönt) för fastigheten Karneolen 3, markerad med rött. Modellering på 101 mm. 21 mm dras av för att VA-ledningsnätet beräknas kunna ta omhand denna mängd, vilket gör att modelleringen visar 80 mm. Hela området som kan ge avrinning till fastigheten vid ett regn på 80 mm är 0,11 km². Den mörkblå svackan högst upp i vänstra hörnet är platsen där Skarabén (se sida 15) har fått markanvisning. Röd pil visar övergripande lutning. Modellering i SCALGO Live (Författarna 2023).29
- Figur 8. SCALGO-modellering av dagsläget vid en regnhändelse på 101 mm. 21 mm dras av för att VA-ledningsnätet beräknas kunna ta omhand denna mängd, vilket gör att modelleringen visar 80 mm regn. Ortofoto, modellering i SCALGO Live (Författarna 2023).30
- Figur 9. Områdesindelning för Karneolen 3 med angivet fördröjningsbehov för att magasinera 20 mm. Övergripande lutningar visas med blå pilar. (Författarna 2023). Grundfil med bland annat fasthetsgräns och byggnader tillhandahålls av Stockholmshem (u.å., internt material).31
- Figur 10. Placering av åtgärdsförslag och markeringar som visar var de illustrerande sektionerna är belägna. De randiga områdena visar var fördröjande åtgärder föreslås, de gröna linjerna visar avrinningsmöjlighet. Övergripande lutningar visas med blå pilar (Författarna 2023). Grundfil med bland annat fasthetsgräns och byggnader tillhandahålls av Stockholmshem (u.å., internt material).32

Figur 11. Gräsytan lutar i dagsläget bitvis in mot fasaden. Då området är smalt och intill en väg är det inte troligt att de boende nyttjar ytan. Blå pil visar lutning (Foto: Sandra Andersson 2023).....	33
Figur 12. Sektionsskiss för åtgärdsförslag 1, Svackdike intill bilväg. Den tidigare plana gräsytan görs om till ett grunt svackdike med ängsväxter. Svackdiket kommer både infiltrera vatten i marken och avleda det vid skyfall. Bilväg och trottoar ingår som illustrativ referens, då detta är utanför fallstudiens område (Författarna 2023).....	34
Figur 13. Fasad på baksida av stora byggnaden. En höjdrygg med berg i dagen skapar lutning in mot fasaden. Blå pil visar lutning (Foto: Sandra Andersson 2023). ..	35
Figur 14. Sektionsskiss för åtgärdsförslag 2a-b, svackdike bakom den större byggnaden. Svackdiket gör att det inte lutar mot fasaden och vatten kan infiltrera ned i marken. Vid stora regnmängder leds vatten i diket mot naturliga flödesvägar som leder bort från fastigheten (Författarna 2023).....	36
Figur 15. Instängd lågpunkt vid den mindre byggnaden, här finns det risk för att vatten blir stående mot fasaden vid stora regnmängder. Blå pilar visar lutning (Foto: Frida Helander 2023).....	37
Figur 16. Sektionsskiss för åtgärdsförslag 3, avledande kantsten. Växtligheten som tidigare var vid fasaden flyttas till grässlätten och en fris läggs intill fasaden. Lutningen ut från byggnaden går mot en höjd kantsten intill slätten som vattnet kan avledas via. Cykelstället flyttas till fasaden för att det ska vara enkelt att sopa vägen och på så sätt inte förhindra att vatten avleds längs kantstenen (Författarna 2023).....	38
Figur 17. Grönytta norr om den mindre byggnaden. I dagsläget finns här en umgängesyta med sandlåda och sittplatser. Blå pilar visar lutning (Foto: Frida Helander 2023). ..	39
Figur 18. Sektionsskiss för åtgärdsförslag 4, skålad yta. Hit rinner vatten från åtgärd 3 vid kraftiga regn. Släntlutningarna hålls flacka för att tillgängligheten ska vara så god som möjligt så att platsens funktion bibehålls (Författarna 2023). ..	39
Figur 19. Innergården vid den större byggnaden. Här finns en stor naturlig svacka som passar bra för att fördröja stora mängder vatten, men kantsten och växtbäddar hindrar vatten från att rinna ned från fasadsidan. Blå pilar visar lutning (Foto: Sandra Andersson 2023).....	40
Figur 20. Sektionsskiss för åtgärdsförslag 5, sänkning av växtbädd. Raden av buskar som skiljer svackan från vägen sänks och kantsten nollas. Detta skapar också ett litet ytmagasin i växtbädden. Växtbädden intill fasaden har flyttats ut för att ge plats för en fris som skyddar fasaden mot fukt. Befintliga träd bevaras (Författarna 2023).....	41
Figur 21. En av källarnedgångarna på fastigheten, nedgången saknar tak och förhöjd kant vilket gör att källarnedgången är oskyddad vid kraftiga regn. Blå pil visar lutning (Foto: Frida Helander 2023).....	42
Figur 22. Sektionsskiss för åtgärdsförslag 6, källarnedgångar. Källarnedgång med skärmtak och höjda kanter som hindrar vatten (Författarna 2023).....	43
Figur 23. Modell 1. Förutsättningar innan åtgärder, regnmängd på 80 mm då ett scablonavdrag på 21 mm för VA-ledningsnätet har gjorts från 101 mm. Figuren visar att det finns risk för stående vatten intill fasaderna på vissa ställen samt att källarnedgångarna på gavlarna verkar vara utsatta. Blå linjer visar flödesvägar. Simulering i SCALGO Live (Författarna 2023).....	45
Figur 24. Modell 2. Förutsättningar efter att åtgärdsförslag har lagts till. Modelleringen är gjord på hela regnmängden 101 mm eftersom stuprör har kopplats bort från VA-ledningsnätet. Det finns inte längre stående vatten intill fasaderna och de	

nya åtgärderna syns som gröna avlånga former längsmed fasaderna för svackdikena och den avledande kantstenen, samt en gul rund form för den skålade ytan norr om den mindre byggnaden. Siffrorna i cirklar anger åtgärdsförslag. Blå linjer visar flödesvägar. Simulering i SCALGO Live (Författarna 2023).....46

1. Introduktion

Höjda temperaturer till följd av klimatförändringar skapar fler och kraftigare skyfall, vilket gör att problem med översvämningar ökar (SMHI 2022). Enligt SMHI (2021) är ett skyfall en regnhändelse där det faller mer regn än 1 mm per minut eller 50 mm per timme. Utöver det mer extrema vädret innebär den pågående förtätningen av städer att mer dagvatten stannar kvar på ytan istället för att infiltrera ned i marken (Stahre 2004:9). På senare år har skyfall orsakat översvämningar i flera större svenska städer. Ett exempel på det är översvämningen sommaren år 2021 i Gävle där det under ett dygn föll ett 1000-årsregn på totalt 161,6 mm där den mest intensiva perioden gav upphov till 101 mm regn på två timmar (Gävle kommun 2022). Detta skyfall slog Sveriges tidigare nederbördsrekord med drygt 20 mm och den följande översvämningen orsakade materiella skador för över 300 miljoner kronor som beräknas vara åtgärdade först i år, 2023 (ibid.).

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har enligt EU:s direktiv 2007:60:EG angående översvänningsrisker ett pågående arbete med att ta fram riskhanteringsplaner över utsatta områden i Sverige (MSB 2022). I en nyutkommen rapport från Statens geotekniska institut (SGI) och MSB framgår det att bland annat Mälardalen och Stockholm är extra utsatta områden vad gäller översvämning på grund av klimatförändringar (SGI & MSB 2021:47-49).

År 2010 tillkom Plan- och bygglagen (PBL), där det framgår att nybyggnationer endast får ske där markförhållandena tillåter (SFS 2010:900). Boverket (2020) preciserar vidare att i de fall där det finns problem med dagvatten ska kommunen lägga fram övergripande åtgärdsförslag i detaljplanen över området. Dessa åtgärder gör att byggnader uppförda 2010 och framåt är anpassade till klimatförändringar på ett sätt som äldre byggnader inte är, då uppförandet av dessa inte omfattades av PBL. Omgivningen kring äldre byggnader kan också ha påverkats av till exempel förtätning och därmed ha andra förutsättningar för avrinning och infiltration än när de uppfördes (Stahre 2004:9).

Enligt Lidskog och Rabe (2022:2) har det tagits få initiativ till att anpassa europeiska städer för klimatrelaterad problematik såsom översvämningar. Forskningsprojektet Multifunktionell Urban Klimatanpassning i Samverkan (MUKliS) arbetar med att hitta lösningar som gör städer mer resilianta mot extremväder samtidigt som mervärden i form av sociala, ekonomiska och miljömässiga nyttor skapas (RISE u.å.).

Det finns idag växande problem med överbelastade VA-ledningsnät och åtgärder måste vidtas för att avlasta dessa vid stora regnhändelser (Stahre 2004:10). Det är praktiskt omöjligt att ta hand om skyfall i befintliga VA-ledningar och det skulle vara mycket dyrt och på många platser ogenomförbart att bygga ut ledningsnätet (MSB 2017:9). Öppna dagvattenlösningar kan leda bort

mycket större flöden än ledningsbaserade system, därför hanteras höga dagvattenflöden, såsom vid skyfall, lämpligast i öppna lösningar (Svenskt Vatten 2016:38).

Skyfallsåtgärder är svårare att göra i äldre bebyggelse än i nybyggda områden, då höjdsättning redan är gjord och befintliga byggnader blir nödvändiga att förhålla sig till (Svenskt Vatten 2016:38). Detta arbete beskriver problematiken med skyfallsåtgärder i befintlig bebyggelse och presenterar en fallstudie med öppna lösningar som kan skydda Stockholms shems fastighet Karneolen 3 i Solberga, Stockholm, mot skyfall.

1.1 Syfte

MSB:s arbete med att ta fram riskhanteringsplaner i enlighet med EU:s direktiv 2007:60:EG om översvämningsrisker understryker vikten av att skydda utsatta områden mot skyfall (MSB 2022). Då skyfallsproblematik enligt SMHI (2022) dessutom väntas bli värre kommer många städer behöva vidta åtgärder. Syftet med detta arbete är att genom öppna grönbå skyfallsåtgärder som appliceras på fastigheten Karneolen 3 i Solberga, Stockholm, ge exempel på schablonmässiga skyfallsåtgärder för befintliga byggnader. De föreslagna lösningarna ska vara kostnadseffektiva och i huvudsak avleda vatten, men multifunktionella avseende biodiversitet och upplevelsevärden där så är möjligt.

1.2 Frågeställning

Hur kan man genom öppna grönbå lösningar skapa ekonomiskt, socialt och miljömässigt hållbara skyfallsskydd för befintliga byggnader i Stockholm?

2. Metod och material

Detta arbete utfördes som en fallstudie med hjälp av de digitala verktygen Miljödataportalen och SCALGO Live samt platsbesök. Litteratur och dokument i *3. Dagvatten i urban miljö* valdes ut med hänsyn till källkritik och pålitlighet. Kriterierna var att materialet skulle vara antingen vetenskapligt granskat eller komma från en myndighet eller kommun, då rapporter och utredningar från dessa ofta utförs av experter på området. Enstaka källor som avviker från dessa kriterier har använts, till exempel internt material från Stockholms hem. Samtliga källor är publicerade på 2000-talet, och de flesta efter 2010, detta på grund av att intresset för hållbar dagvattenhantering ökade efter millennieskiftet (Svenskt Vatten 2016:28). Även en intervju utfördes med en person i branschen.

2.1 Intervju

På grund av att hållbar dagvatten- och skyfallshantering är en relativt ny disciplin inom samhällsplanering valde vi att underbygga vårt arbete med en intervju från en person med branscherfarenhet, Jonas Althage som är strateg inom skyfall på Trafikkontoret på Stockholms stad. Intervjun genomfördes som en semistrukturerad intervju där ett antal öppna frågor förbereddes i förväg, se *Bilaga 1*, och följdfrågor ställdes under samtalets gång. Frågorna rörde bland annat hur dagvattenhantering har utvecklats under tiden Althage har arbetat med ämnet samt frågor om olika digitala verktyg för skyfallsmodellering. Dessa frågor togs fram för att få en så aktuell inblick som möjligt i hur skyfallskartering och modellering går till samt för att få en förståelse för hur dagvatten hanteras i Stockholm.

2.2 Platsbesök

Ett platsbesök vid fastigheten Karneolen 3 som ingår i fallstudien genomfördes tillsammans med sakkunniga på Stockholms hem. Detta gjordes för att få en tydlig bild av fastighetens förutsättningar och Stockholms hems önskemål gällande åtgärder. Ytterligare ett platsbesök genomfördes sedan av författarna för fotografering av områden där åtgärder föreslås i fallstudien. Mindre höjdavvikelse kunde påverka vattnets flödesvägar men som inte syntes på digitala modelleringar observerades, några exempel är källarnedgångar, uppstickande gatstenskanter och gatubrunnar. Områden med skyddsvärda växter identifierades för att åtgärdsförslag inte skulle påverka dem.

2.3 Modellering i SCALGO Live och dimensionering

För att visualisera flödesvägar och översvämningssytor har simuleringsverktyget SCALGO Live använts. SCALGO Live är en programvara som togs fram 2009 i ett samarbete mellan främst Århus universitet och Duke university (SCALGO u.å.). Verktyget visar hydrologiska förhållanden i Skandinavien baserat på höjddata från satelliter (ibid.). I SCALGO Live är det möjligt att ställa in parametrar för nederbörds mängd och avrinningsförutsättningar med mera, samt modellera scenarion som visar vattnets väg efter åtgärder (ibid.).

Regnmängden som valdes för vår dimensionering i SCALGO Live motsvarar den intensiva perioden av skyfallet som föll över Gävle sommaren 2021. Detta ger alltså 101 mm regn på två timmar, som nämnt i 1. *Introduktion*. Valet av denna regnmängd baserades på att skyfallet i Gävle låg i närtid, samt att de geografiska förutsättningarna för Stockholm och Gävle liknar varandra på så sätt att båda är kuststäder på Sveriges östra sida. Den mest intensiva perioden av hela regnhändelsen på 101 mm valdes eftersom de totala mängderna på 161,1 mm är ytterst ovanligt och kan därför anses vara en överdimensionering för detta arbete. 101 mm ger också ett scenario som är likt de förutsättningar som Miljödataportalens data baseras på, vilket gör att modellerna i viss mån blir jämförbara, vilket kan hjälpa till att belysa felkällor.

Ett schablonavdrag för ledningsnätets kapacitet gjordes med 21 mm, vilket motsvarar ett 10-årsregn med 30 minuters varaktighet, som enligt MSB:s (2014:13) rapport är normal rinntid i ett dagvattensystem. Då detta är en förenklad modell togs inte hänsyn till infiltration på grund av att ett skyfall snabbt överskrider markens infiltrationskapacitet och orsakar hög avrinning, som redovisat i 3.2 *Avrinning*. Vi räknade således med att totalt 80 mm regn behövde hanteras. Av denna mängd magasineras 20 mm på fastigheten genom fördröjande åtgärder och resterande vatten leds vidare nedströms. 20 mm magasineras på fastigheten då Stockholms stads Dagvattenstrategi förordar detta vid ombyggnationer samt att fastighetens förutsättningar för detta är goda.

2.4 Presentation av åtgärdsförslag

För presentationen av åtgärdsförslag utfördes sektionsskisser i AutoCAD. Detta gjordes för att visa och förklara förutsättningar och placering av de lösningar som föreslås. Skisserna presenterades sedan med referenssiffror på en översiktskarta. För att tydliggöra hur åtgärdsförslagen är multifunktionella, och bidrar med till exempel biodiversitet, användes en tabell som summerar funktionerna. Skillnader mellan var vatten blir stående före och efter åtgärdsförslag visas i modeller gjorda i SCALGO Live.

2.5 Avgränsning

Arbetet inriktades främst på öppna grönbå dagvattenlösningar som kan göras i utemiljö för att öka en fastighets skydd mot skyfall. Enligt Stahre (2004:10) är

denna typ av åtgärder generellt sett billiga samt enkla att anlägga och sköta. Vidare avgränsades arbetet till en av Stockholmsshems fastigheter, Karneolen 3 i området Solberga, Karneolen 3. Stockholmshem valde ut denna fastighet för att den hade uteblivit ur en större skyfallskartering som Stockholmshem beställt. Åtgärdsförslagen begränsades till att vara inom fastighetsgränsen, vilket innebär att till exempel den allmänna väg som leder in på området inte kunde ändras i åtgärdsförslagen. Det har även tagits i beaktning att de föreslagna lösningarna gärna skulle bidra med andra positiva effekter och mervärden som biodiversitet och upplevelsevärden. Då arbetet fokuserades på öppna lösningar för hantering av dagvatten togs inte alternativ såsom underjordiska magasin och liknande upp. Där grönbå lösningar inte var möjliga undersöktes åtgärder som innebar mindre justeringar på byggnaden.

Det finns flera digitala verktyg som går att använda till skyfallsmodellering, valet av SCALGO Live grundades i att författarna redan hade grundläggande kompetens i programmet och att verktyget har hög upplösning samt att det enligt Althage¹ används brett i branschen.

De åtgärdsförslag som presenteras i resultatet gjordes utefter ungefärliga mått, då ingen detaljerad höjdmätning finns för området. Den enda höjddata som funnits tillgänglig i arbetet är den satellitdata från Lantmäteriet som SCALGO Live baseras på (SCALGO u.å.). Typritningar och förslag är därmed inte exakta och bör endast ses som illustrativa exempel. De presenterade åtgärderna ämnar inte heller vara gestaltungsförslag, varför exakta former eller materialval inte är specificerade.

¹ Intervju med Jonas Althage, skyfallsstrateg på Trafikkontoret i Stockholm 14/2, 2023

3. Dagvatten i urban miljö

De stora dagvattenmängder som skapas vid kraftiga skyfall belyser hur viktig hållbar dagvattenhantering är som grund för stadens resiliens mot översvämningar (Svenskt Vatten 2016:6). Enligt Svenskt Vattens publikation P110 (2016:7) skulle det gå att omhänderta 85% av årsnederbörden genom att fördröja de första 15 mm nederbörd lokalt.

Dagvattenhantering i stadsmiljö har gått från att handla om avledning till att från millennieskiftet betraktas som en resurs som kan bidra till upplevelsen av stadsmiljön samtidigt som föroreningar tas omhand (Svenskt Vatten 2016:27-28). I detta avsnitt presenteras viktiga parametrar som påverkar dagvatten- och skyfallshantering. Först avhandlas dimensionerande regn och avrinningskoefficient som används för att beräkna nederbördsmängder och vattnets rörelse. Vidare behandlas ansvarsfördelning och risker som uppkommer vid skyfall.

3.1 Dimensionerande regn

Dimensionerande regn är den mängd dagvatten som ett system är anpassat för att klara av och baseras ofta på regnvolymer enligt Dahlströms modell från 2010, vilken tar hänsyn till en regnhändelses återkomsttid och varaktighet (Blombäck 2022:2). Vid beräkningar av nederbördsvolymer i ett framtida scenario används dimensionerande regn med klimatfaktor, detta höjer resultatet med en angiven procent av det egentliga utfallet för att lämna marginal för framtida klimatförändringar (Svenskt Vatten 2016:36). Enligt Svenskt Vattens publikation P110 (2016:34) är det lämpligt att räkna med en klimatfaktor på minst 1,25 vid volymeräkningar för regn kortare än en timme, och med en klimatfaktor på minst 1,2 för regn med längre varaktighet. Om klimatförändringarna förvärras kan det enligt SMHI och Svenskt Vatten (2020:12) bli aktuellt att räkna med en ännu högre klimatfaktor, så mycket som 1,4 nämns.

Nuvarande ledningsnät under de flesta svenska städer ska vara anpassade för att klara av ett 10-årsregn (Haghighatafshar et al. 2017:60). Varaktigheten på 10-årsregnet är inte specificerat, vilket gör att ett schablonavdrag i en skyfallsmodell kan variera beroende på vilken varaktighet 10-årsregnet baseras på. MSB (2014:13) räknar på ett regn med 30 minuters varaktighet, medan Haghighatafshar et al. (2017:60) anger en kapacitet motsvarande ett regn med en timmes varaktighet. Enligt MSB (2014:12) försämrar ett regn med hög intensitet ledningsnätets kapacitet. Ledningsnät kan också redan i dagsläget ha svårt att klara av ett 10-årsregn trots att det ska vara dimensionerat för det (ibid:12).

SMHI:s (2021) definition av ett skyfalls intensitet på 50 mm/h belyser omöjligheten att ta omhand ett skyfall i befintligt ledningsnät som idag är dimensionerat för betydligt mindre volymer.

3.2 Avrinning

Vad som händer med den nederbörd som faller beror bland annat på hur stora mängder vatten det handlar om och hur marken är beskaffad (Svenskt Vatten 2016:65). Baserat på markens infiltrationsförmåga, evapotranspiration och eventuell magasinering på ytan är det möjligt att räkna ut hur stor del av nederbörden som avrinner, den så kallade avrinningskoefficienten (ibid:68). Avrinningskoefficienten är ett värde som måste vara mindre än ett (1) och rör sig mot noll. En yta med liten genomsläpplighet och hög lutning, till exempel ett plåttak, har en hög avrinningskoefficient på 0,9, som syns i tabell 1. Som också framgår av tabell 1 nedan är avrinningen stor från hårdgjorda ytor, medan avrinningen blir mindre ju mer naturlig marken är.

Tabell 1. Avrinningskoefficienter på olika ytor. Som framgår av tabellen genererar hårdgjorda ytor såsom tak och asfalt stor avrinning, medan gräsbevuxna ytor generellt sett har låg avrinning. Detta belyser dagvattenproblematiken i städer där stora ytor är hårdgjorda (Tabell: Svenskt Vatten 2016:68).

Typ av yta	Avrinningskoefficient, φ
Tak utan ytmagasin	0,9
Betong- och asfaltyta, berg i dagen i stark lutning	0,8
Stensatt yta med grusfogar	0,7
Grusväg, starkt lutande bergigt parkområde utan nämnvärd vegetation	0,4
Berg i dagen i inte alltför stark lutning	0,3
Grusplan och grusad gång, obebyggd kvartersmark	0,2
Park med rik vegetation samt kuperad bergig skogsmark	0,1
Odlad mark, gräsyta, ängsmark m.m.	0–0,1
Flack tätbevuxen skogsmark	0–0,1

Som tidigare nämnt gör den pågående förtätningen av städer att andelen hårdgjorda ytor blir större. Förtätningen sker främst för att öka antalet bostäder då det är bostadsbrist i flera kommuner, vilket skapar hög efterfrågan (Boverket 2016). Den föredragna metoden för förtätning är att bygga i befintliga bostadsområden, då existerande infrastruktur kan nyttjas och staden inte behöver expandera ut på jordbruksmark (ibid). Som tidigare nämnts anger PBL att fastigheter endast får anläggas där markförhållandena tillåter, men ibland tolkas lagen på sätt som gör att bygglov ändå ges på platser med dagvattenproblematik (Svenskt Vatten 2021). Ett exempel på detta som återfinns i närheten av fallstudiens område är fastigheten Skarabén som är i början av planeringskedet (Stockholms stad 2023b). Ytan där byggnaden har fått markanvisning kan komma att få så mycket som en (1) meter vatten stående på markytan vid ett skyfall

(Stockholms stad 2022b), se figur 7 på sida 29. Det förekommer alltså trots gällande lagstiftning att byggnader placeras på problematiska platser ur dagvattenssynpunkt. Detta är inte heller ett nytt problem, mellan citaten nedan skiljer nästan 100 år, men oron är densamma:

De områden som väljas för bebyggelse böra först och främst ligga så högt, att marken icke kan tänkas komma att översvämmas. Mot denna självklara regel felas icke så sällan. (Alfred Jerdén, avdelningschef för Malmö Stads vattenlednings- och kloakverk, 1927, i Jerdén 1927 se Svenskt Vatten 2016:12)

[...] I understand that we need more housing, but when they build in areas with high risks of flooding... In thirty years they will realize what a mistake that was. (Planerare på Trafikkontoret på Stockholms stad, i Lidskog & Rabe 2022:7)

Ännu en parameter att ta i beaktande vid ett skyfall är att regnet kan vara så intensivt att markens infiltrationsförmåga överskrids (MSB 2017:10). Marken kan också vara vattenfylld från tidigare regn eller snösmältning, vilket bidrar till hög avrinning (Svenskt Vatten 2016:26). Detta beror på att det översta skiktet i marken vattenmättats och att perkolationshastigheten i jorden är mindre än regnets intensitet (ibid.). Som framgår av tabell 2 nedan kan ytor, som i vanliga fall har god genomsläpplighet, få högre avrinning vid intensiva regnhändelser (ibid.) Tillsammans kan de beskrivna faktorerna skapa stora risker vid skyfall.

Tabell 2. Avrinning från ytor vid olika intensiva regnhändelser. Vid kraftiga regn får även naturlig mark med vanligtvis god infiltrationsförmåga hög avrinning (Tabell: MSB 2017:10).

	10- ÅRSREGN	100- ÅRSREGN	1000- ÅRSREGN
Regnvolymer under 30 minuter	21 mm	44 mm	95 mm
Avrinning från genomsläppliga ytor (övrigt vatten infiltreras i marken)	15 %	75 %	100 %
Avrinning från hårdgjorda ytor (övrigt vatten avleds i ledningar)	10 %	60 %	90 %

3.3 Risker med skyfall

Skyfall är intensiva lokala regnhändelser som kännetecknas av ovanligt stora mängder regn på kort tid (SMHI 2021). Hur allvarliga risker ett skyfall ger upphov till beror till stor del på i vilken miljö det inträffar (MSB 2017:51). Stora vattenmängder i naturliga miljöer, såsom parker, ger sällan skador medan problemen kan bli mycket stora om vatten istället blir stående i urbana områden intill husgrunder eller på vägar (ibid.). Skador på fastigheter och infrastruktur kan bli mycket kostsamma och uppgå till miljardbelopp. MSB (ibid.:47) understryker

att skyfall kan medföra störningar på viktiga samhällsfunktioner som sjukvård, räddningstjänst, transporter och elförsörjning.

Enligt Länsstyrelsen i Stockholm och SWECO (2020:12) är vatten i rörelse farligare än stillastående vatten redan vid 10 cm:s djup och förvärras därefter snabbt med ökat vattendjup och strömningshastighet. Följderna kan innefatta större materiella skador, erosionsskador, svårigheter att ta sig fram med fordon och risker för personskador än samma mängd stillastående vatten hade gjort. Även små vattendjup på markytan kan ge stora översvämningseksekvenser om vatten rinner mot lägre belägna områden (ibid.). Några centimeter regn på markytan skapar vanligen inga större problem, men rinner vattnet ned i en lågpunkt, såsom en källare, kan vattennivå bli hög eller till och med fylla utrymmet med stora materiella och ekonomiska konsekvenser som följd (ibid.).

Utöver erosion finns det fler miljörelaterade problem i samband med översvämningar. Enligt Fitobór et al. (2022:2) finns risk att befintliga markföroreningar frigörs och sprids vid höga vattennivåer, samt att ytterligare föroreningar kan tillkomma från överbelastade avloppsledningar. Skyfall kan även skapa negativa följder som är svårare att mäta än de ovan beskrivna; översvämningar kan skada ekosystemtjänster och biologisk mångfald genom att till exempel känsliga habitat och naturområden förstörs (SGI & MSB 2021:7). Ytterligare en risk är att rekreationsområden och platser med viktiga kulturella eller historiska värden skadas (ibid.).

3.4 Lagstiftning och ansvarsfördelning

Anpassning till klimatförändringar och åtgärder för att bromsa människans negativa inverkan på klimatet har blivit en prioriterad fråga på EU-nivå (Lidskog & Rabe 2022:1). År 2021 antogs en ny lag med målet att alla medlemsländer ska vara säkrade mot risker till följd av klimatförändringar till år 2050 (ibid.).

Stora regnhändelser som skyfall är ett gränsöverskridande problem, vilket har skapat osäkerheter angående samordning och vem som har ansvaret för dagvattenhanteringen (SGI & MSB 2021:7). Enligt SGI och MSB behöver befintlig lagstiftning ses över och arbetssätt utvecklas för att ge möjlighet att skapa lösningar med förtydligad ansvarsfördelning. Rådighet över mark blir en viktig fråga när områden med flera olika ägare berörs, eftersom det oftast behövs en gemensam lösning (ibid.).

Kommunen är ansvarig för krisberedskap, däribland skyfallshantering, men som Lidskog och Rabe (2022:2) framhåller finns det flera hinder för att implementera en fullt ut fungerande skyfalls- och krishantering. Det finns bland annat brist på politiskt initiativ i frågan då den inte upplevs som ett akut hot; de svenska kommuner som kommit längst i sitt arbete med klimatanpassning är ofta de som redan har drabbats av extremväder (Lidskog & Rabe 2022:2-5). Enligt Haghightafshar et al. (2017:61) finns det trots rapporter om grönblå lösningars nytta en upplevd osäkerhet i de beslutande leden inför dagvattenåtgärdernas funktionalitet. Detta kan vara en orsak till otydlig lagstiftning och regler kring dagvattenhantering (ibid.).

Ytterligare en begränsande faktor är ekonomiska resurser (Lidskog & Rabe 2022:2). Enligt Jonas Althage² kan såväl anläggnings- som driftkostnader bli höga för skyfallsåtgärder, och då skyfall är slumpmässiga och lågfrekventa framstår inte alltid åtgärderna som ekonomiskt försvarbara. För att skapa fler incitament för att anlägga dagvattenåtgärder är det enligt Stahre (2004:12) bra om åtgärder är multifunktionella och innehåller mervärden såsom sociala vistelseytor och biodiversitet utöver dagvattenhantering.

Vid årsskiftet 2023 blev det obligatoriskt för alla Sveriges kommuner att ha en vattentjänstplan där det ingår redovisning av hur skyfall ska hanteras, och kommunerna har till 31 december 2023 på sig att presentera de nya planerna (SFS 2006:412). Kommuner har också möjligheten att söka bidrag från MSB för upp till 60% av kostnaden för att konstruera skydd, som till exempel fördröjningsmagasin eller skyfallsleder, mot översvämningar (MSB 2023).

Myndigheterna på statlig och kommunal nivå i Sverige får var sjätte år åtgärdsprogram från vattenmyndigheterna där det fastställs vad som ska utföras för att miljö kvalitetsnormerna i miljöbalken och vattenförvaltningsförordningen ska följas korrekt (Stockholms stad 2022c:5). Åtgärdsprogrammen från vattenmyndigheterna är juridiskt bindande. För att tillgodose dessa krav tas lokala åtgärdsprogram fram; Stockholms dagvattenstrategi är ett exempel på detta. Dessa lokala åtgärdsprogram är dock inte bindande utan är exempel och metoder på hur vattenmyndighetens åtgärdsprogram kan följas (ibid.). I Stockholm Stads Dagvattenstrategi (2015) anges principer för hur dagvatten kan hanteras vid förtätning och befintlig bebyggelse. Bland åtgärderna står att det ska finnas utrymme för dagvatten på platsen, att permeabla ytor ska användas där det är möjligt, samt att naturliga flödesvägar ska följas i möjligaste mån (ibid:16). Enligt Stockholm stads "Dagvattenstrategi Åtgärdsnivå för ny- och större ombyggnation" är det eftersträvarvärt att fördröja 20 mm regn lokalt i lösningar med renande effekt (Stockholm stad 2016). I en rapport från Stadsrevisionen i Stockholm framgår att aktörer ska rapportera in huruvida dagvattenåtgärder har utförts i byggnadsprojekt, men att det inte sker någon uppföljning av detta (Stockholms stad 2022c:17). Om 20 mm-kravet hörsammades av fler aktörer hade dagvattenhanteringen kunnat effektiviseras, vilket sammanfattas väl av Jonas Althage:

Om såväl fastighetsägare som väghållare hade ett krav på sig att hantera 20 mm så är man tillsammans med dagvattennätet nära på att kunna hantera ett skyfall, åtminstone under en kort period /.../ Det kanske bara blir ytterligare 20 mm att hantera och då har man plötsligt väldigt lite skador mot vad man hade haft annars. Dagvattenhanteringen blir ofta separerad från skyfallshanteringen, men den är ju ryggraden i skyfallshanteringen. (Jonas Althage, strateg inom skyfall på Trafikkontoret, Stockholm stad, intervju 14/2 2023)

² Intervju med Jonas Althage, skyfallsstrateg på Trafikkontoret i Stockholm 14/2, 2023

3.5 Skyfallsstrategier och karteringsmetoder

Axelsson et al. (2020:1409) menar att det skulle vara av stor vikt att ha gemensamma riktlinjer och strategier internationellt för skyfallshantering, men medger att städer behöver ha olika sorters lösningar för att hantera skyfall på grund av olika förutsättningar vad gäller till exempel stadens historia och sätt att styra. I Axelsson et al:s studie undersöktes policys i några städer världen över, samtliga av dessa hade haft stora problem med översvämningar de senaste tio åren, men städerna hanterade det på olika sätt beroende på incitament och förväntningar på sina medborgare (Axelsson et al. 2020:1408-1411). I Sydney är torka och hetta de mest akuta problemen, vilket gör att skyfall kan vara värdefulla, men det är samtidigt viktigt att inte grundvattnet förorenas vid översvämningar. Grönområden ses som en resurs både för skyfallshantering och skydd mot värme (ibid:1417). Vancouver och Köpenhamn har båda hållbarhet som en del av städernas varumärken, vilket har skapat stort intresse från politiskt håll för att anlägga och utveckla gröna lösningar för att hantera dagvatten (ibid:1416-1418). Amsterdam, som redan har stora vattenrelaterade problem, startade efter en stor översvämning 2014 en organisation som enbart arbetar med att hantera regn, Amsterdam Rainproof, som tillsammans med andra intressenter ska samarbeta och involvera medborgare i att regnsäkra staden (ibid:1420-1419). I städer som inte har samma syn på eller är lika påverkade av regnrelaterade problem har situationen hittills hanterats annorlunda, ett exempel på det är New York City där det endast finns lokala initiativ för skyfallshantering (ibid:1415).

Som tidigare nämnts har Sverige från och med i år, 2023, antagit en nationell strategi där varje kommun ska ha en skyfallsplan. Dessa skyfallsplaner kan tas fram på olika sätt. Med nya digitala verktyg går det betydligt fortare att modellera skyfallsscenario än tidigare, enligt Jonas Althage³ har det hänt mycket på kort tid. Althage⁴ berättar vidare att förutsättningarna för översiktlig kartering var sämre för bara 10 år sedan, då det kunde ta en hel dag att utföra lågpunktsanalys av geodata i GIS-program. Moderna verktyg, som till exempel SCALGO Live, ger en översiktsbild av hur vatten rör sig enligt topografi (SCALGO u.å.). Det går också att ställa in nederbördsintensitet och andra förutsättningar som permeabilitet i programmet (ibid.). Enligt Althage⁵ kan andra verktyg som involverar hydrauliska beräkningar ha högre träffsäkerhet än SCALGO Live. Ett exempel på en sådan hydrodynamisk modell är Stockholms stads (2023a) skyfallsmodell i Miljödataportalen, vilken visar översvämningar och flödesvägar motsvarande vattenmängder från ett 100-årsregn.

En strategi för att minska kostnader när skyfalls- och dagvattenåtgärder ska anläggas är att göra det i samband med andra pågående ombyggnationer i staden, såsom Althage⁶ berättar att Trafikkontoret på Stockholm stad strävar efter att göra. Enligt Althage⁷ vore det lämpligt att åtgärder mot översvämning behandlas som en lika självklar del i projekteringen som annan infrastruktur. Även

³ Intervju med Jonas Althage, skyfallsstrateg på Trafikkontoret i Stockholm 14/2, 2023

⁴ ibid.

⁵ ibid.

⁶ ibid.

⁷ ibid.

Haghighatafshar et al. (2017:61) understryker att grönblå lösningar bör ses som en del av den övergripande infrastrukturen.

3.6 Grundläggande principer för dagvattenhantering

Naturlika, fördröjande metoder för att hantera vatten är en lämplig åtgärd innan eventuellt överskottsvatten når lösningar såsom ledningsnät, enligt Fitobór et al. (2022:2). Genom öppna lösningar för dagvattenhantering kan naturliga processer som infiltration och trög avledning utnyttjas för att hantera vattnet (Stahre 2004:19). Grönblå lösningar är ofta helt eller delvis öppna och gör dagvattenhanteringen synlig (ibid.). Dessa lösningar placeras med fördel högt upp i ett avrinningsområde för att på så sätt dela upp ett avrinningsområde i mindre delar (Haghighatafshar et al. 2017:67-68). Detta gör att dagvattenmagasineringsen sprids ut och avlastar områden nedströms. Det överskottsvatten som rinner genom öppna lösningar avleds i långsammare takt och avrinningen blir jämnare utan stora flödestoppar, i jämförelse med avrinningen från en hårdgjord yta. Enligt Haghighatafshar et al. (2017:67) bör grönblå anläggningar inte kopplas till spillvattenledningar för att undvika risken för baktryck som kan föra med sig förorenat vatten in i konstruktionerna.

Enligt Stahre (2004:12) ger grönblå lösningar ofta mervärden utöver den vattenhantering vilken de i första hand är konstruerade för. Som tidigare nämnts kan de minska risken för erosion, men bidrar också till andra miljömässiga nyttor såsom klimatreglering, ökad biodiversitet och bättre luftkvalitet (Fitobór et al. 2022:2). Vatten kan dessutom ge ett upplevelsevärde för stadens invånare i till exempel en park eller bostadsgård (Stahre 2004:13-14). Öppna dagvattenlösningar kan skapa pedagogiska värden i form av att vatten och dagvattenprocesser synliggörs, vilket också kan bidra till en stads gröna framtoning (ibid:16).

Korrekt höjdsättning är en viktig grund i arbetet med dagvattenhantering (Bodin et al. 2020:180). I befintlig bebyggelse är vissa höjder redan fastställda och ny höjdsättning måste förhållas till dessa (MSB 2017:9). Höjdsättningen ska vara utformad så att dagvatten leds och samlas på lämpliga platser om ledningsnätets kapacitet överskrids (Svenskt Vatten 2016:25). Vatten ska inte heller ledas mot instängda områden (ibid:43-44).

Generellt är trög, det vill säga långsam, avrinning mest fördelaktig då detta ger flera fördelar såsom infiltration, minskad mängd partiklar och kemiska föroreningar i recipient (Svenskt Vatten 2016:28-29). Hur god infiltrationsförmåga en markyta har beror till stor del på vilken jordart den består av (Svenskt Vatten 2016:30). Lokal infiltration kan vara en viktig faktor för påfyllnad av grundvatten, vilket också förebygger problem med sättningar i marken och efterföljande skador på byggnader och infrastruktur (Svenskt Vatten 2016:29).

3.6.1 Tekniska lösningar för skyfalls- och dagvattenhantering

Nedan beskrivs principer och lösningar för öppen dagvattenhantering som går att använda på mindre ytor såsom bostadsgårdar; större lösningar såsom dagvattenkanaler och dagvattendammar har uteslutits. Nya lösningar tillkommer

successivt och de nedan beskrivna lösningarna kan konstrueras i olika varianter. Listan ämnar inte vara en komplett förteckning över alla tillgängliga skyfallslösningar.

Avledande åtgärder

Avledande åtgärder innefattar många varianter på lösningar, däribland flera mindre anpassningar som inte tar så stor yta i anspråk. Detta bygger till stor del på höjdsättning, men dagvatten kan också styras bort från utsatta områden med hjälp av förhöjda element såsom gatstenskanter eller murar (Tyréns 2022:16). Dessa lösningar kan användas för att skydda byggnader mot stora vattenflöden. I anslutning till byggnader rekommenderas en lutning på 2-3% ut från fasaden i minst 3 meter så att dagvatten leds ut från huset (Bodin et al. 2020:183). Andra exempel på avledande åtgärder i liten skala är rännalsplattor och olika varianter av markrännor (Tyréns 2022:16-17). Förhöjda kanter kring källarfönster och källartrappor är ytterligare några exempel.

Ett avskärande dike eller gatukanal är en smal och djup kanal med lodräta kanter i betong eller sten, detta är en typ av markränna. Denna lösning kan användas där det är ont om plats, till exempel intill en smal väg eller en husfasad med höjdförutsättningarna som skapar problem med stående vatten (Stahre 2004:55).

En annan metod för dagvattenavledning är så kallade skyfallsvägar eller skyfallsleder. Som framgår i figur 1 anläggs dessa vägar med en flack V-form där lågpunkten följer gatans mittlinje (SMHI 2018). Vägen lutar sedan svagt i längsled och skapar en ytlig avrinningsväg som kan leda bort stora vattenmängder (SMHI 2018).



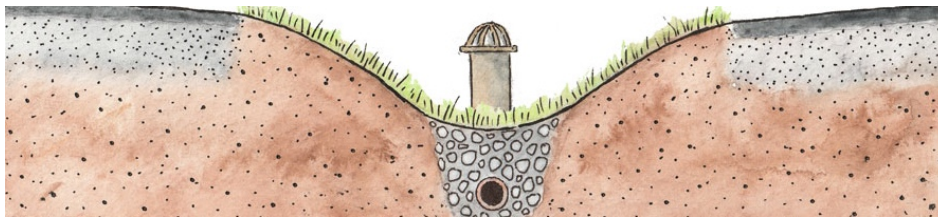
Figur 1. Skyfallsväg med lågpunkt i mitten på vägen. Vid stora vattenmängder fungerar vägen som ett dike och avleder vatten (Illustration: Ramboll, SMHI 2018).

Fördröjande diken

Det finns många olika sorters diken för trög avledning, nedan förklaras svackdiken och makadamdiken.

Svackdiken sluttar svagt både i flödesriktning och längs sidoslänterna och är ett grunt dike för avledning och infiltration (Stahre 2004:32). Det går att utforma svackdiken på olika sätt, till exempel med dämmen eller med dräneringsrör i botten (Stockholm Vatten och Avfall u.å.c). Detta gör att svackdiken ofta kan hantera stora vattenmängder då överskottsvatten leds bort från diket (ibid.). Fördröjande diken täcks ofta av gräs, men kan ha en botten av större fraktion makadam för att minska risken för erosion och skapa magasin för större vattenmängder, se figur 2 (Stahre 2004:32). Ett fördröjande dike kan också utformas som makadamdike och fyllas upp med grövre fraktioner makadam överst, vilket skapar ett vattenmagasin som det är möjligt att gå eller köra på

(Stockholm Vatten och Avfall u.å.a.). Enligt Bodin et al. (2020:193) bör ett dike ha en lutning på minst 0,5% i längsled. En generell utformning för ett svackdike visas i figur 2 nedan.



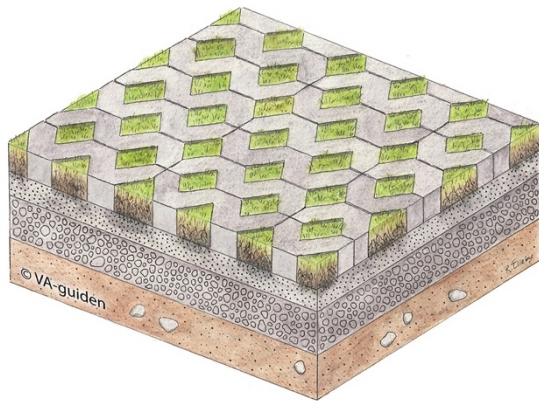
Figur 2. Svackdike i sektion. Svackdiket kan ha dräneringslager, dräneringsrör och bräddningsbrunn som på bilden, men det kan också vara bara ett svagt sluttande gräsbeklätt dike (Illustration: VA-Guiden u.å.).

Skålade fördröjningsytor

Skålade fördröjningsytor kan vara nedsänkta gräsytor eller ha mer avancerade utformningar som till exempel en nedsänkt amfiteater (Stahre 2004:45). Dessa lösningar är större områden där vatten kan bli stående och infiltreras utan att skada byggnader och infrastruktur, eller fördröjas och tappas av i ett senare skede. Det är bra ur säkerhets- och skötselsynpunkt om de skålade fördröjningsytorna har flacka slänter (ibid:44). Slänterna bör enligt Bodin et al. (2020:193) vara max 33% för att kunna klippas med åkgräsklippare, men om ytan dessutom ska ha god tillgänglighet bör lutningen vara så flack som möjligt. De kan också utformas med eller utan växter, men som Stahre påpekar (2004:44) är det viktigt att de utformas på ett tilltalande sätt för allmänheten. Skålade fördröjningsytor kan också förekomma helt utan naturlig infiltration, till exempel kan skateboardparker och torg utformas nedsänkta så att de vid ett kraftigt regn kan magasinera vatten. Dessa lösningar bör då ha en utloppsventil i botten (Stahre 2004:44).

Permeabla ytor

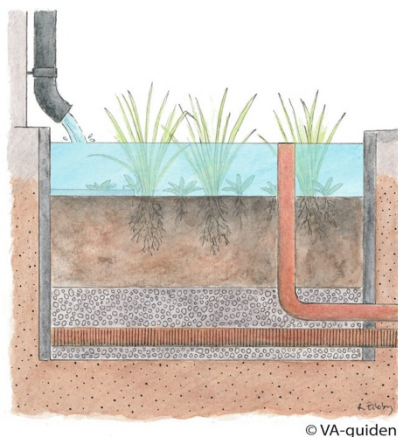
Permeabla, alltså genomsläppliga, ytor innefattar markbeläggningar som till viss grad släpper igenom vatten (Stahre 2004:28). Dessa har ofta en underbyggnad av poröst material där infiltrerat vatten tillfälligt kan magasineras (ibid.). Ett exempel på detta är permeabel asfalt som förekommer i två varianter, enhetsöverbyggnad och dränasfalt (Stahre 2004:40). Enhetsöverbyggnad består av genomsläppliga lager i överbyggnaden med en dränering längst ned i botten av vägen. Dränasfalt har ingen dränering i botten och endast det översta lagret av beläggningen infiltrerar vatten (ibid.). Det finns risk att porositeten försämras över tid då porerna bli igensatta av finkornigt material (Stahre 2004:40). Dessa lösningar bör därför placeras på platser med begränsat slitage, såsom en parkering. Permeabla ytor innefattar många varianter, ytterligare exempel är konstruktioner av grus, sten- och plattytter med genomsläpplig fog. Även gräsarmerad betong, se figur 3, nedan, är en typ av permeabel beläggning (Stahre 2004:28).



Figur 3. Sektion av gräsarmerad betong ovan ett genomsläppligt lager av makadam. Denna beläggning kan vara lämplig på till exempel parkeringsplatser där det behövs en hårdgjord yta som samtidigt kan infiltrera vatten (Illustration: VA-guiden u.å.).

Regnbäddar

Regnbäddar, eller nedsänkta växtbäddar som de bland annat också kallas, består vanligen av ett ytmagasin ovan ett genomsläppligt substrat (Stockholm vatten och avfall u.å.b.). Nedsänkta växtbäddar har främst en fördröjande funktion och kan dessutom ha renande verkan (ibid). Undersökningar har visat att denna konstruktion kan fånga upp så mycket som 80-90% av de partiklar som dagvattnet för med sig (ibid.). Då mycket partiklar riskerar att följa med in i konstruktionen med dagvattnet behövs någon typ av sandfång vid inloppen där merparten av partiklarna kan fångas upp. Rekommenderat minsta anläggningsdjup för konstruktionen är cirka 1 meter (ibid.). Denna konstruktion kan utföras med tät eller genomsläpplig botten, i båda fallen är det lämpligt med någon typ av överflyllnadsskydd om hela konstruktionens volym fyllts. Ett utformningsförslag visas i figur 4.



Figur 4. Sektion av regnbädd med ytmagasin för magasinering av dagvatten och överflyllnadsskydd i form av dräneringsrör (Illustration: VA-guiden u.å.).

Vegetationstäckta tak

Vegetationstäckta tak förekommer i flera olika utformningar med avseende på bland annat tjocklek och material. Nedan beskrivs kort två huvudtyper av gröna dagvattenlösningar för tak.

Det är viktigt att kontrollera takkonstruktionen så att den klarar den extra last som vegetationstäckta tak innebär (Pettersson Skog et al. 2021:11). Gröna tak är vegetationstäckta på takbjälklag (Stahre 2004:26). Dessa konstruktioner är lämpligast på tak med maximalt 15% lutning (Bodin et al. 2020:228). Vegetationstäckena kan konstrueras med varierande tjocklek, allt från tunna sedumtak på ca 30 mm till varianter på 1000 mm för större träd och buskar (Bodin et al. 2020:228).

Det finns också blå tak som har större lagringskapacitet för dagvatten än gröna tak (Pettersson Skog et al 2021:22). Dessa har ett sammanhängande vattenmagasin konstruerat av till exempel plastkassetter under växtsubstratet (ibid:64). Magasinet kan både fungera som större fördröjningsvolym och för långvarig bevattning av växter (ibid.).

Åtgärder kopplade till byggnader

Där det inte går att använda grönbå lösningar kan det finnas lösningar kopplade till själva byggnaden som kan skydda mot skyfall. Dessa åtgärder kan till exempel vara lämpliga i anslutning till entréer, källarnedgångar eller källarfönster. I anslutning till källare finns ofta någon typ av brunn, denna kan utrustas med en backventil som bara tillåter vatten att rinna åt ett håll, vilket hindrar smutsigt vatten från att tryckas baklänges och upp ur brunnen om systemet blir överbelastat (Svenskt Vatten 2016:16). För att skydda källarnedgångar mot översvämning tipsar Värnamo kommun (2016:10), som i dagsläget har problem med översvämning av vattendraget Lagan, sina invånare om att utrusta källarnedgångar med tak, eller bygga barriärer runt nedgångar och källarfönster så att vatten inte obehindrat kan rinna ned i källaren. Det är ovanligt med vattentäta huskonstruktioner i Sverige, men enligt en brittisk myndighet finns det olika modeller av vattentäta dörrar och fönster som kan vara ett sista skydd om vatten når fram till byggnaden (nidirect u.å.).

3.6.2 Begränsande faktorer i äldre urban miljö

Det är en utmaning att integrera grönbå lösningar i befintlig urban miljö, bland annat på grund av begränsade ytor i de centrala, täta delarna av staden samt angående hur man ska förhålla sig till befintliga VA-ledningsnät (Haghighatafshar et al. 2017:61). Utöver detta kan det i stadsmiljö finnas andra begränsande faktorer under mark, till exempel elledningar eller underjordiska konstruktioner såsom bjälklag som gör att bostadsgårdar inte klarar av tunga laster (Boverket 2019a). Som tidigare nämnt är en grundläggande svårighet att höjdsättningen till stora delar är given i befintliga stadsdelar, medan nya områden har större möjlighet att inkorporera grönbå lösningar redan i planeringsstadiet (MSB 2017:9).

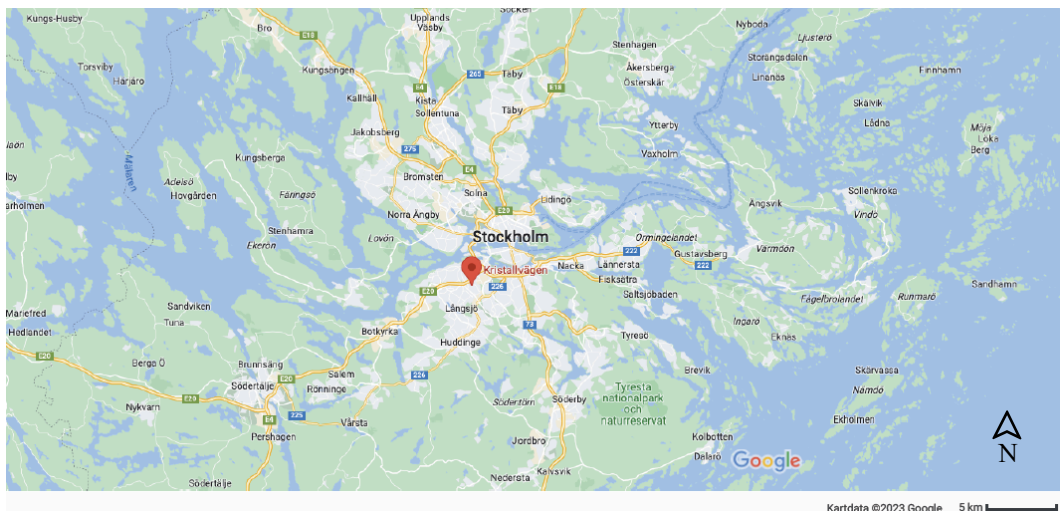
Byggnader som uppförts innan år 1990 i Stockholm kan också vara kulturminnesklassade, med avsikt att skydda stadsbildens konstnärliga, miljömässiga och kulturhistoriska värden (Stockholms stad 2022a).

Klassificeringen är upptagen i Plan- och bygglagen och utförs av Stadsmuseet, själva bedömningen är dock inte juridiskt bindande utan ingår i övrig prövning i en bygglovsprocess. En byggnad, eller till exempel en park, kan vara kategoriserad som en av tre klasser: blå, grön och gul, där blå klass har högst kulturhistorisk betydelse. Fastigheten som ingår i fallstudien är klassad som mellankategorin grön, vilket enligt Stadsmuseet på Stockholm stad innebär att “[...]bebyggelsen bedöms vara särskilt värdefull från historisk, kulturhistorisk, miljömässig eller konstnärlig synpunkt.” (Stockholms stad 2022a). Då kulturminnesklassningen även berör utemiljöer i viss utsträckning kan till exempel tidstypiskt designade objekt vara skyddade (ibid.).

Då det redan bor människor i etablerade områden är dessa ytterligare en aspekt att ta hänsyn till vid till- och ombyggnationer. Enligt Naturvårdsverkets författningssamling finns det inga lagar som reglerar hur mycket boende får störas av byggarbeten, däremot finns det allmänna råd (NFS 2004:15). Råden innehåller riktvärden för hur höga ljudnivåer får vara beroende på hur länge arbetet ska pågå, samt att ljudnivåerna ska vara lägre mellan kl 22 och 07 i områden med permanenta bostäder (ibid.). Enligt Boverket (2019b) har en hyresgäst rätt till skriftlig information angående ombyggnationer som påverkar lägenhetens upplevda funktion, det så kallade bruksvärdet. I bruksvärdet ingår gemensamma utrymmen och enligt Jordabalken kap 12 § 18 innebär det att hyresgäster kan motsätta sig förändringar, vilket gör att ärendet prövas i hyresnämnden (SFS 1970:994). Även om det inte alltid är ett krav så vill många hyresvärdar ha god kommunikation med sina hyresgäster via till exempel en förening (Boverket 2019b).

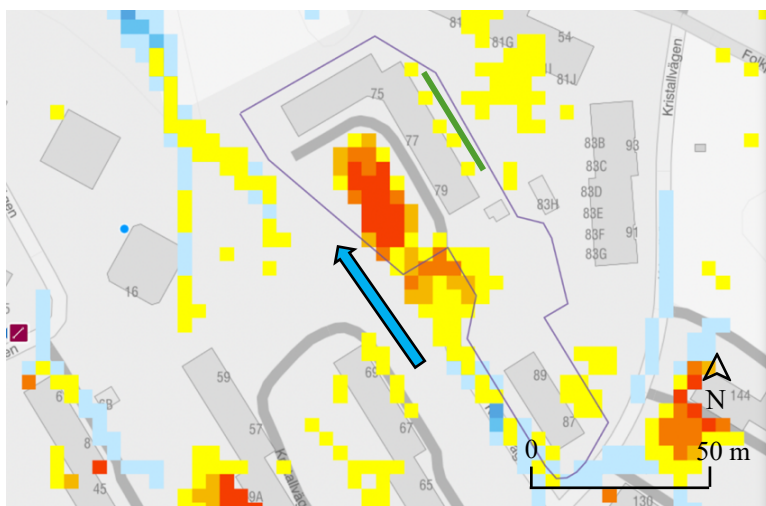
3.6.3 Fallstudiens område och skyfallskartering

Den undersökta fastigheten, Karneolen 3, ligger i Solberga i sydvästra Stockholm, som indikerat på kartan i figur 5 nedan. Karneolen 3 innehåller tre byggnader, varav två består av hyreslägenheter och en är ett mindre servicehus. Fastighetens totala area är 4438 m² (Stockholmshem u.å.). Fastigheten är belägen i ett sluttande område och ligger ungefär mitt emellan områdets högsta och lägsta punkt. Närområdet består av en blandning av hårdgjorda och naturliga ytor. Vid platsbesök (2023) framgick det att Karneolen 3 samt större delen av byggnaderna i närområdet uppfördes på 50-60-talet och att grannbyggnaderna på östra sidan är nybyggda. Det finns mycket berg i dagen i området och fastigheten är inte belägen så att den påverkas av vattendrag eller havsnivåer.



Figur 5. Referenskarta över Stockholm. Röd pil visar Kristallvägen, vägen vid Karneolen 3 i Solberga (Kartdata ©2023 Google).

För den undersökta fastigheten finns skyfalls- och översvänningsrisker karterade på Stockholm stads Miljödataportalen (2022b). Denna modell visar var vatten riskerar att bli stående vid ett skyfall samt vattnets flödesvägar (ibid.). Den övergripande lutningen på platsen kring Karneolen 3 är sådan att vattnet rinner från sydost mot nordväst, som pilen visar i figur 6. Som framgår i figur 6 nedan riskerar vatten att bli stående intill fasaden på flera platser vid ett skyfall. Vattendjupet är dock inte stort, den gula färgen indikerar 0,1-0,3 m.



Figur 6. Översvänningsytor och flödesvägar för Karneolen 3 visade i Miljödataportalen. Gult till rött indikerar stående vatten där gult är lägst. Blå nyanser anger flödesvägar med olika intensitet, där ljusblått är lägst intensitet. Blå pil visar den övergripande lutningen på platsen. Svart linje anger fasthetsgräns. Grön linje markerar höjdrygg (Stockholms stad 2022b).

Modellen som ligger till grund för Miljödataportalens skyfallskartering togs fram genom hydrodynamiska beräkningar år 2018 (Stockholms stad 2023a). Skyfallssimuleringen baserades på ett 100-årsregn (Stockholm Vatten och Avfall & WSP 2018:8). Vattenmängden som användes i beräkningarna är totalt 105,7

mm under en period på sex timmar. I denna beräkning ingår klimatfaktor på 1,25 och ett schablonavdrag från den totala mängden motsvarande ett 10-årsregn som ledningsnätet antas kunna omhänderta (ibid.). Som tidigare nämnt är det enligt MSB (2014:13) brukligt att dra av ett 10-årsregn med varaktighet på 30 minuter då dagvattensystem ofta har den rinntiden. Enligt MSB (2014:33) behöver höjder i skyfallsmodeller kontrolleras för att ta hänsyn till felkällor som uppstår vid mätning med satellit som genererar höjddata, ett typiskt exempel är en bro över ett vattendrag. Bron skuggar marknivån och gör att det ser ut som att det finns ett hinder i vattendraget. Detta understryker vikten av platsbesök för att undersöka felkällor innan förslag tas fram.

3.6.4 Stockholms hems önskemål

Inför fallstudien angav Stockholms hem de önskemål som finns för Karneolen 3:s utemiljö. Fastigheten skulle främst skyddas mot skyfall, med avledning om så krävdes, i andra hand kunde fördröjande åtgärder implementeras. För att kunna utföra liknande arbeten på flera byggnader fanns en önskan från Stockholms hem att åtgärderna skulle vara schablonmässiga samt effektiva gällande funktion, kostnad och skötsel. Vid en renovering av fasaderna på denna fastighet vill Stockholms hem också flytta den växtlighet som finns intill fasaderna för att skydda huset mot fukt, och återanvända växtligheten där det är möjligt. Träden på fastigheten är viktiga för platsens karaktär och ska bevaras. De föreslagna lösningarna skulle också uppta så lite av fastighetens värdefulla naturmark som möjligt. Åtgärdsförslagen ska rymmas innanför fastighetsgränsen.

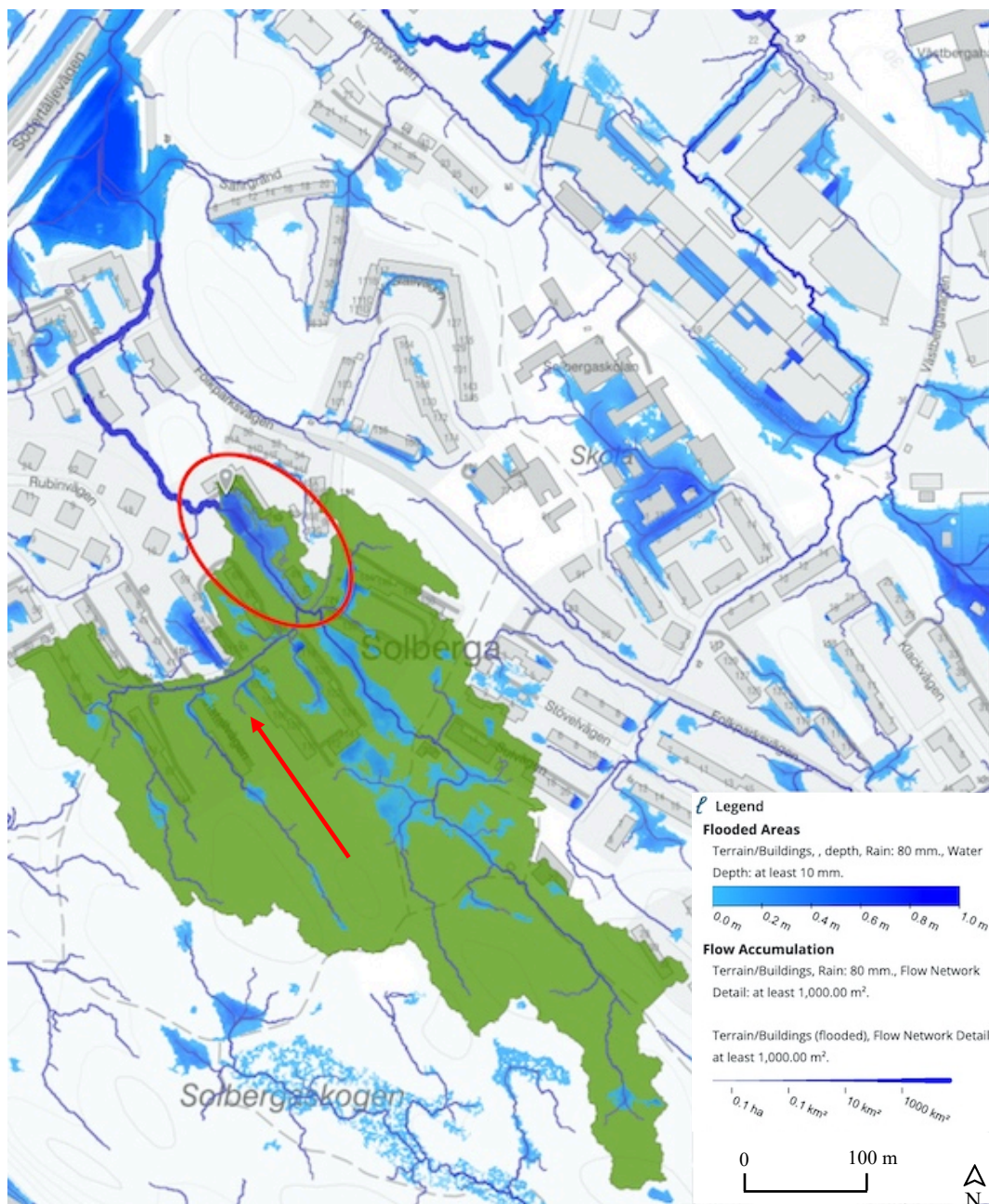
4. Resultat

I detta avsnitt presenteras resultatet av fallstudien som involverade platsanalys och modelleringar i SCALGO Live. För att åtgärdsförslagen ska kunna appliceras på andra fastigheter av liknande sort ämnar samtliga åtgärder vara schablonartade.

Resultatet inleds med platsanalys åtföljd av indelning av fastigheten i olika delområden. Därefter presenteras åtgärdsförslag för respektive delområde. Varje åtgärd presenteras som en grundläggande lösning och därefter föreslås vidareutvecklingsmöjlighet av åtgärden som ger en merkostnad, men också ökade nyttor i form av till exempel biodiversitet. För att tydliggöra hur åtgärderna utgör multifunktionella lösningar sammanställs mervärden i tabellform. Resultatet avslutas med en jämförelse i SCALGO Live som visar hur förutsättningarna skulle bli på platsen enligt de föreslagna åtgärderna.

4.1 Platsanalys

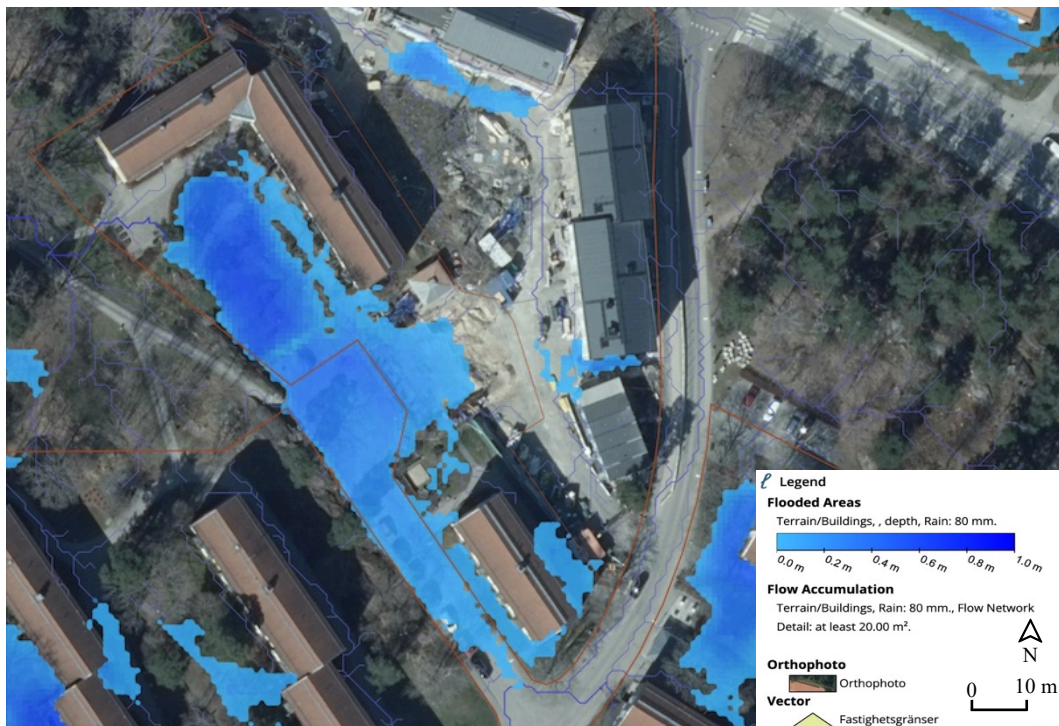
I SCALGO Live är det möjligt att se hur stort ett avrinningsområde till en viss punkt är vid olika regnhändelser. Den undersökta fastigheten ligger i en sluttning med en övergripande lutning mot nordväst. Figur 7 nedan visar i ljusgrönt vilket avrinningsområde som kan bidra till flöde på Karneolen 3 vid ett regn på 80 mm, detta avrinningsområde 0,11 km² stort. Den maximala volymen vatten som kan påverka fastigheten är 7441 m³. Denna modell räknar med att 80 mm regn faller jämnt över ytan, men som nämnts tidigare är det vanligt att skyfall är mycket lokala med varierande intensitet och mängden vatten som når Karneolen 3 kan alltså inte fastslås exakt. Den tjocka blå linje i figur 7 som sträcker sig norrut visar den flödesväg vattnet tar innan det samlas i den stora lågpunkten i kartbildens övre vänstra hörn, varifrån det rinner vidare mot Mälaren.



Figur 7. Uppströms avrinningsområde (ljusgrönt) för fastigheten Karneolen 3, markerad med rött. Modellering på 101 mm. 21 mm dras av för att VA-ledningsnätet beräknas kunna ta omhand denna mängd, vilket gör att modelleringen visar 80 mm. Hela området som kan ge avrinning till fastigheten vid ett regn på 80 mm är 0,11 km². Den mörkblå svackan högst upp i vänstra hörnet är platsen där Skarabén (se sida 15) har fått markanvisning. Röd pil visar övergripande lutning. Modellering i SCALGO Live (Författarna 2023).

Figur 8 nedan visar en modellering som utförts i SCALGO Live. På innergården till den L-formade byggnaden finns en större naturlig sänka, här i mörkblått, där vatten naturligt blir stående vid ett kraftigt regn, se figur 8. Vidare syns att det på flera ställen riskerar att bli problem med stående vatten vid fasaden både vid den norra och den södra byggnaden. Den södra byggnaden får också stående vatten på den östra sidan som inte har någon avledande flödesväg under dessa

förutsättningar. Den naturliga avrinningen från fastigheten är den mörkblå linje som börjar i fördjupningen på den norra innergården och avrinning sker mot nordväst. I dagsläget är fastigheten ansluten till befintligt VA-ledningsnät genom gallerbrunnar och stuprör.



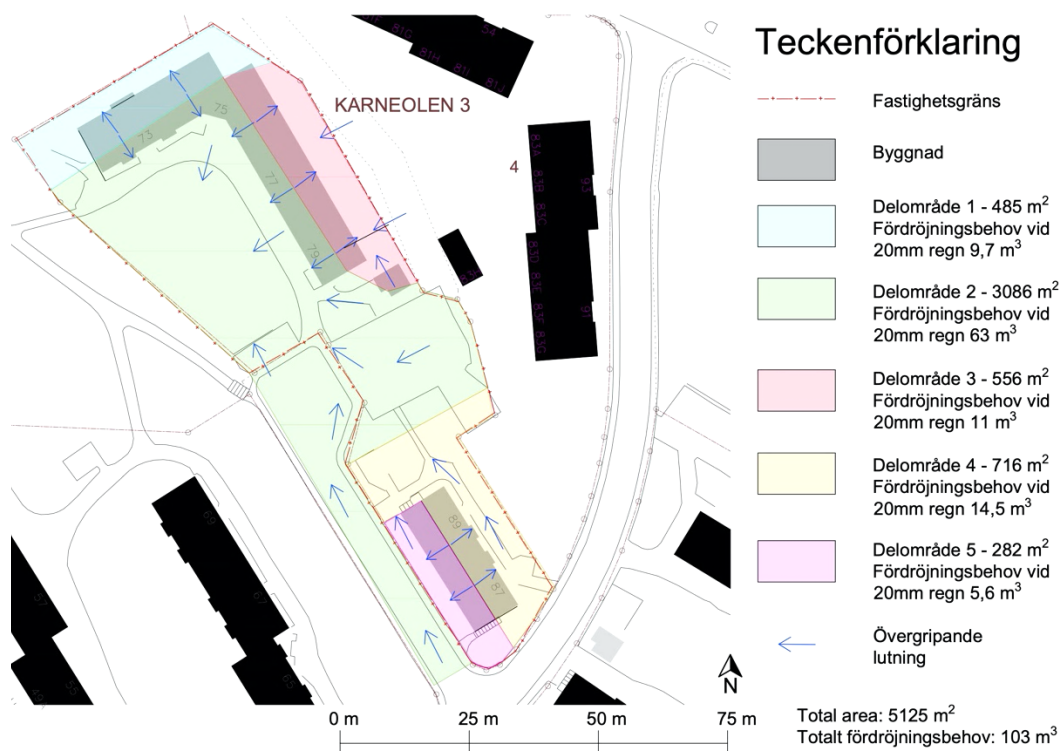
Figur 8. SCALGO-modellering av dagsläget vid en regnhändelse på 101 mm. 21 mm dras av för att VA-ledningsnätet beräknas kunna ta omhand denna mängd, vilket gör att modelleringen visar 80 mm regn. Ortofoto, modellering i SCALGO Live (Författarna 2023).

Vid platsbesök noterades att källarnedgångarna, som saknar tak och i vissa fall även förhöjd kant, kan vara mycket utsatta för översvämning. Servicehuset mellan de båda huvudbyggnaderna kan få problem med vatten intill fasaden, enligt observation av lutning på platsen. Det konstaterades också att baksidan av den norra byggnaden har en höjdrygg med brant lutning ned mot byggnaden, så i detta fall anses Miljödataportalens modell (se figur 6 på sida 26), stämma bättre än SCALGO Live. Denna lutning in mot huset utgör risk för stående vatten mot grunden. I övrigt ser byggnaderna något mer utsatta ut i SCALGO Live-modellen än på Miljödataportalen. Vid platsbesöket noterades ytterligare att planteringsytor var anlagda direkt mot fasad och att fräs som skapar distans till fuktig jord saknades runt delar av husens grunder, på dessa ställen syntes spår av fukt på husens betonggrund.

Det är inte möjligt att fördröja hela den vattenvolym som enligt figur 7 genereras inom avrinningsområdet som påverkar Karneolen 3. Detta är inte heller den enskilda fastighetsägarens ansvar. Enligt Stockholm stads riktlinjer för dagvattenhantering kommer de första 20 mm som genereras inom fastighetsgränsen att fördröjas i åtgärdsförslagen. Trots att det är 20 mm som magasineras på fastigheten visar modelleringarna hela skyfallets regnvolum för att belysa hur mycket regn som fortsatt blir stående på ytan och avrinner efter att 20

mm tas omhand i fördröjande åtgärder. Vattnet som faller på den allmänna vägen måste på grund av lutningen passera inom Karneolen 3:s fastighetsgräns, därför har även denna yta räknats med. Det överskottsvatten som inte magasineras inom fastigheten leds vidare nedströms.

Den totala vattenvolymen som ett 20 mm regn genererar inom fastigheten och den allmänna vägen är 103 m³, vilket tas omhand i olika delområden, se figur 9. Fastigheten delades grovt in i fem delområden baserat på naturliga lutningar, vattnets flödesvägar och lämpliga ytor för fördröjande åtgärder. Detta gjordes för att kunna beräkna hur stora regnvolymer som behövde fördröjas i de olika åtgärdsförslagen. Takåsar fungerar som lokala vattendelare, vilket gör att takens vattenvolym delas och avrinner på vardera sida om huset.

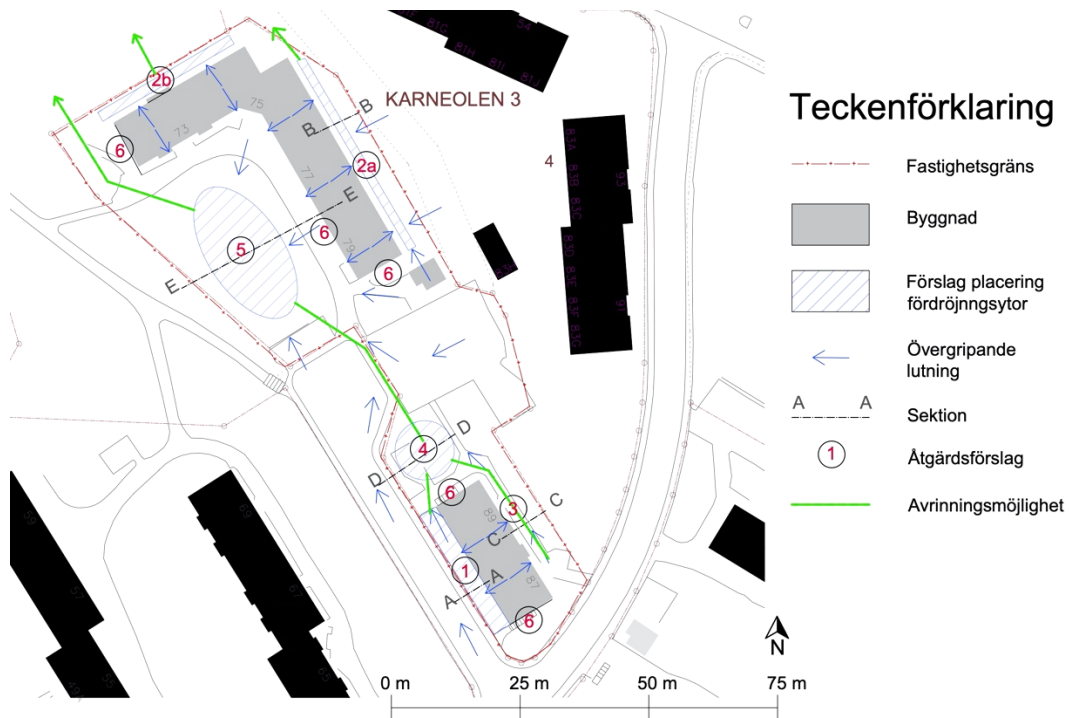


Figur 9. Områdesindelning för Karneolen 3 med angivet fördröjningsbehov för att magasinera 20 mm. Övergripande lutningar visas med blå pilar. (Författarna 2023). Grundfil med bland annat fastighetsgräns och byggnader tillhandahålls av Stockholmshem (u.å., internt material).

4.2 Åtgärdsförslag

I åtgärdsförslaget presenteras varje lösning med ett foto från platsen såsom det ser ut i dagsläget och en sektionsskiss med föreslagna åtgärder. Utöver de grundläggande lösningarna kan det i samband med ett renoveringsarbete vara lämpligt att även utföra åtgärder som bidrar med mervärden som till exempel biodiversitet eller upplevelsevärden för de boende. Dessa förhöjande värden presenteras under varje förslag som "Vidareutveckling av åtgärder" och ska inte ses som nödvändiga.

Det L-formade huset längst norrut på fastigheten refereras härnäst till som "stora byggnaden". Det södra boningshuset benämns som "mindre byggnaden". Mellan dessa finns en liten byggnad för sophantering som benämns "servicehus". De vattenvolymer som åtgärdsförslagen är dimensionerade för baseras enbart på volymen av lösningarnas ytmagasin, det vill säga den mängd vatten som kan bli stående i anläggningen utan hänsyn till platsens infiltration. Åtgärdsförslagen presenteras kategorivis så att liknande förslag följer på varandra. I figur 10 nedan visas en översikt av åtgärdsförslagen med siffor, vilka återfinns i åtgärdsförslagets rubriker.



Figur 10. Placering av åtgärdsförslag och markeringar som visar var de illustrerande sektionerna är belägna. De randiga områdena visar var fördröjande åtgärder föreslås, de gröna linjerna visar avrinningsmöjlighet. Övergripande lutningar visas med blå pilar (Författarna 2023). Grundfil med bland annat fastighetsgräns och byggnader tillhandahålls av Stockholmskem (u.å., internt material).

4.2.1 Åtgärdsförslag 1, svackdike intill bilväg

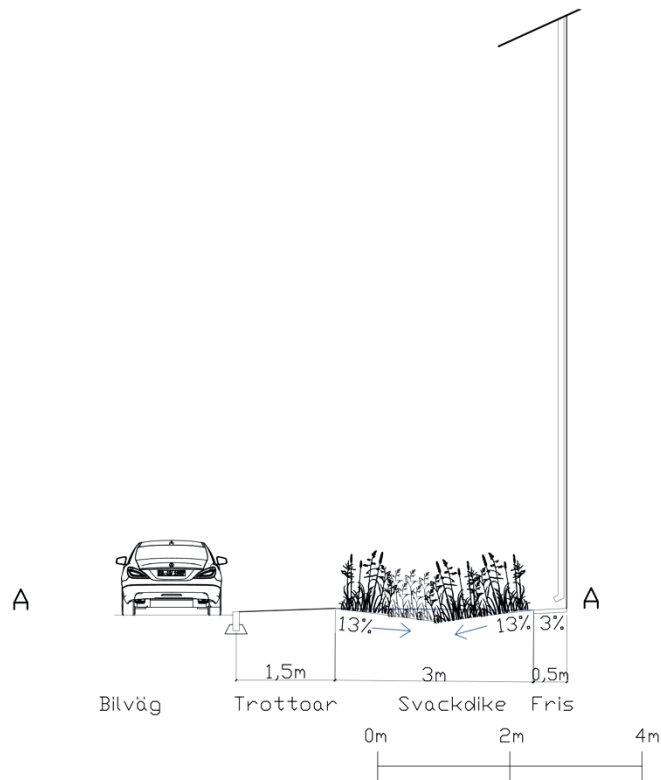
På den mindre byggnadens västra sida finns en klippt gräsyta som i dagsläget inte nyttjas. Som syns i figur 11 är detta ett litet område där den största mängden dagvatten kommer från taket. Med andra ord handlar det inte om stora vattenmängder, 5,6 m³ genereras på delområdet under de första 20 mm regn. Husfasaden har en fris, men gräsytan lutar in mot fasaden.



Figur 11. Gräsytan lutar i dagsläget bitvis in mot fasaden. Då området är smalt och intill en väg är det inte troligt att de boende nyttjar ytan. Blå pil visar lutning (Foto: Sandra Andersson 2023).

Stuprören kopplas bort från VA-ledningsnätet och leds med 3% lutning ut från fasaden till gräsytan som utformas som ett grunt svackdike, som visas i figur 12. Här kan vatten från delavrinningsområde 5 infiltrera. Djupet på svackdiket föreslås vara 20 cm, vilket ger en magasineringskapacitet på $7,8 \text{ m}^3$. Detta är överdimensionerat för ett 20 mm regn, men överdimensioneringen är lämplig på platsen eftersom risken för stående vatten intill fasaden minskar betydligt. Höjdsättningen utformas så att svackdikets längslutning blir minst 0,5% vilket följer den naturliga lutningen norrut. Svackdiket lutar mot den skålade ytan norr om den mindre byggnaden (åtgärdsförslag 4). Detta gör att överskottsvatten vid ett kraftigt regn rinner via svackdiket till åtgärdsförslag 4 innan det rinner vidare nedströms.

Ytan besås med ängsfröer för att gynna pollinatörer samt skapa upplevelsevärden för de boende. Att göra ytan till ängsmark gör också att skötselbehovet minskar, då den inte behöver klippas lika ofta som i dagsläget. Då denna yta inte används i dagsläget är det motiverat att skåla ytan till ett svackdike för att hantera dagvatten. Denna åtgärd gör att vattnet kommer att fördröjas och infiltreras på plats, vilket fyller på grundvattnet. Åtgärden bidrar också med upplevelsevärden och biodiversitet.



Figur 12. Sektionsskiss för åtgärdsförslag 1, Svackdike intill bilväg. Den tidigare plana gräsytan görs om till ett grunt svackdike med ängsväxter. Svackdiket kommer både infiltrera vatten i marken och avleda det vid skyfall. Bilväg och trottoar ingår som illustrativ referens, då detta är utanför fallstudiens område (Författarna 2023).

Vidareutveckling av åtgärd

Ytan skulle kunna grävas något djupare och utformas till en regnbädd där till exempel perenner planteras. I en regnbädd går jorddjup och jordmån att anpassa efter växtval. Eventuellt kan en sådan åtgärd kräva ett tätskikt mot huset för att skydda grunden.

4.2.2 Åtgärdsförslag 2a-b, svackdike bakom stora byggnaden

På baksidan av den större byggnaden, se figur 13, lutar marken in mot husets fasad. Detta kan orsaka stående vatten och fuktskador. Marken lutar även in mot servicehuset, som i dagsläget saknar fris. Förslaget inbegriper två svackdiken, (2a och 2b) med samma konstruktion men något olika höjdsättning. Enligt markens befintliga lutning och anslutande takyta blir det avrinningsområde som påverkar svackdike 2a en yta på 556 m². För att fördröja 20 mm motsvarar det en vattenmängd på ca 11 m³. Svackdiket 2b får ett avrinningsområde på 485 m², vilket gör att 9,7 m³ behöver fördröjas.

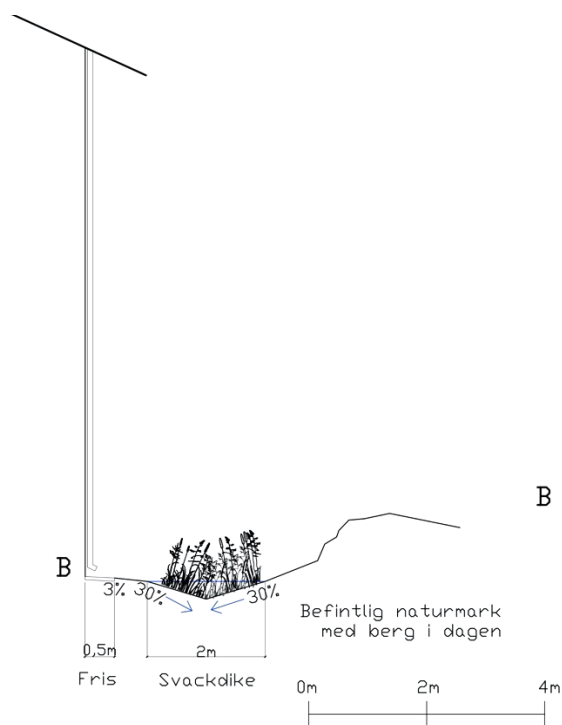


Figur 13. Fasad på baksida av stora byggnaden. En höjdrygg med berg i dagen skapar lutning in mot fasaden. Blå pil visar lutning (Foto: Sandra Andersson 2023).

Båda konstruktionerna föreslås vara 30 cm djupa och 2 meter breda för att använda ytan effektivt och samtidigt inte behöva schakta bort stora massor, se figur 14. Svackdike 2a:s lutning följer markens nuvarande lutning mot nordväst för att skapa avrinning vid en överfyllnadshändelse. För svackdike 2b är de befintliga höjdförutsättningarna sådana att dikets lågpunkt behöver vara i mitten i längsled, varifrån vatten avleds norrut längs en naturlig flödesväg, se figur 10 för överblick. Dikena föreslås ha en lutning på minst 0,5% i längsled mot lågpunkt och besås med ängsfröer.

Servicehuset får en fris för att skydda fasaden. Ut från fasaden skapas en lutning som ansluter till svackdike 2a. Stuprören på båda byggnader kopplas bort från befintligt VA-ledningsnät och takvattnet leds mot svackdikena.

Motiveringen att användningen svackdiken på denna plats är densamma som i förslag 1; ytan används inte i dagsläget, grundvatten kan fyllas och på ängsvegetation minskar skötsel samtidigt som biodiversitet gynnas.



Figur 14. Sektionsskiss för åtgärdsförslag 2a-b, svackdike bakom den större byggnaden. Svackdiket gör att det inte lutar mot fasaden och vatten kan infiltrera ned i marken. Vid stora regnmängder leds vatten i diket mot naturliga flödesvägar som leder bort från fastigheten (Författarna 2023).

Vidareutveckling av åtgärd

Servicehuset skulle kunna ha ett grönt tak eftersom byggnaden är ny och detta därmed inte riskerar att påverka kulturminnesklassningen. Detta skulle främst vara för att bidra med biodiversitet då det gröna takets vattenhållande förmåga skulle bli liten på grund av att ytan är liten. I anslutning till svackdikena skulle några buskar eller små träd som gynnar pollinatörer och fåglar kunna planteras eftersom utrymme finns och detta skulle passa in i den naturliga miljön. Ökad växtlighet skulle också kunna bidra till att snabbare tömma svackdiket på vatten.

4.2.3 Åtgärdsförslag 3, avledande kantsten

På den östra sidan av den mindre byggnaden finns en svacka som kan orsaka stående vatten intill fasaden, se figur 15. För att regnvatten från taket och högre belägna områden ska ledas bort från huset föreslås avledning längs kantsten enligt figur 16. Detta förslag kan liknas vid en skyfallsväg, men har lågpunkt längs vägens ena långsida, istället för längs mittlinjen som en skyfallsväg har. Detta åtgärdsförslag har ingen magasinering då det är en avledande åtgärd, dagvatten som avleds via kantstenen magasineras i åtgärdsförslag 4, se figur 18.

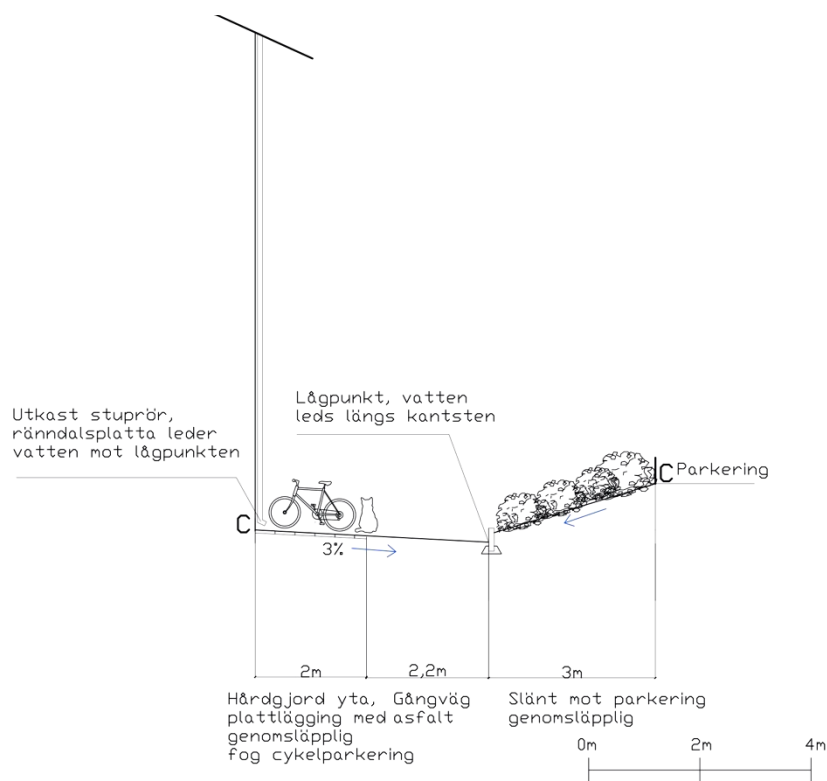


Figur 15. Instängd lågpunkt vid den mindre byggnaden, här finns det risk för att vatten blir stående mot fasaden vid stora regnmängder. Blå pilar visar lutning (Foto: Frida Helander 2023).

Efter föreslagen åtgärd kommer vägen ha samma sträckning som i dagsläget men flyttas österut för att ansluta till släntfoten mot parkeringen, se figur 16. Lutningen ut från husets fasad bestäms till 3% för god vattenavledning. Vidare föreslås att växtlighet intill fasaden flyttas och ersätts med plattläggning med genomsläpplig fog, detta för att avlägsna fuktig jord intill husgrunden och skydda fasaden. Plattläggning mellan huset och vägen väljs för att få en visuell skiljelinje mellan vägen och plattytan närmast huset. De avlägsnade buskarna flyttas till slänten som i dagsläget är gräsbevuxen. För att motverka erosion från slänten används en kantsten som tillåts sticka upp ovanför planteringsytan.

Stuprör kopplas bort från VA-ledningsnätet och leds via rännalsplattor ned till lågpunkten längs kantstenen. Cykelställen som i dagsläget står intill slänten flyttas till husfasaden för att utnyttja ytan som skapas när växtligheten flyttas. Det gör också att kantstenen som leder vatten intill slänten blir sammanhängande och att cyklar inte kommer stå i vatten vid regn eller vara i vägen för sopning av vägen. Vägen lutar från sin högsta punkt i sydöst ned mot nordväst för att vattnet ska ledas till den gräsbevuxna svacka som placeras på husets norra gavel (åtgärdsförslag 4). Såväl rännalsplattorna som resten av vägen behöver sopas regelbundet för att vatten ska rinna obehindrat. Fastighetens kulturminnesklassning skulle kunna göra att det anses vara ett för stort ingrepp i utemiljön att flytta bort buskarna helt från fasaden. I det fallet finns det fortfarande utrymme för att göra en mindre växtbädd intill fasaden.

Föreslagen åtgärd är lämplig att utföra för att få bort risken med vatten intill husets fasad. Ytans funktion ändras inte och kan fortfarande nyttjas på samma sätt för de boende. När buskarna är etablerade i slänten minskar risken för erosion, detta gör också att gräsklippning inte längre behövs på ytan. Eftersom nuvarande växtlighet endast flyttas påverkas inte biodiversiteten på platsen.



Figur 16. Sektionsskiss för åtgärdsförslag 3, avledande kantsten. Växtligheten som tidigare var vid fasaden flyttas till grässlänten och en fris läggs intill fasaden. Lutningen ut från byggnaden går mot en höjd kantsten intill slänten som vattnet kan avledas via. Cykelstället flyttas till fasaden för att det ska vara enkelt att sopa vägen och på så sätt inte förhindra att vatten avleds längs kantstenen (Författarna 2023).

Vidareutveckling av åtgärd

För att skapa ännu bättre förutsättningar för dagvattenhantering kan asfalten bytas ut mot permeabel asfalt eller annan genomsläpplig beläggning. Intill fasaden går det att göra mindre växtbäddar mellan cykelställen för upplevelsevärden för de boende samt för att gynna biodiversitet. Dessa växtbäddar bör placeras en bit ut från fasaden, mellan växtbädden och fasaden ska det fortfarande finnas en fris av genomsläppligt material eller plattor för att skydda huset mot fukt. Istället för att skapa en enhetlig plantering i slänten, av de buskar som flyttas från fasaden, kan andra växter blandas in för att skapa biodiversitet, detta kan dock leda till mer omfattande och dyrare skötsel.

4.2.4 Åtgärdsförslag 4, skålad yta

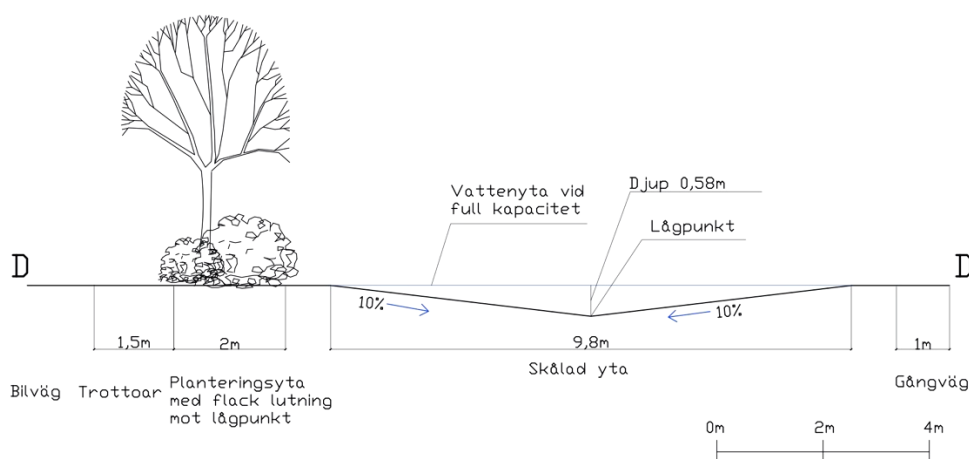
Ytan norr om den mindre byggnaden är idag en gräsklädd umgängesyta med några bänkar och en sandlåda, se figur 17. På denna plats blir det inte mycket stående vatten enligt modellen i SCALGO Live och Miljödataportalen, ytan skulle dock kunna användas till fördröjning utan att funktionen ändras.



Figur 17. Grönyta norr om den mindre byggnaden. I dagsläget finns här en umgängesyta med sandlåda och sittplatser. Blå pilen visar lutning (Foto: Frida Helander 2023).

Ytan skålas för att kunna fördröja det vatten som genereras inom delområde 4 (716 m²), detta inbegriper vatten som leds hit via åtgärdsförslag 3, se figur 16. Denna skålning behöver ha en volym på minst 14,5 m³ för att kunna hantera det vatten som genereras vid ett regn på 20 mm. Släntlutningarna bör vara flacka så att det enkelt går att sköta gräsytan med åkgräsklippare, förslagsvis 10% lutning, se figur 18. Befintliga gångvägar påverkas inte av denna åtgärd. Vid ett stort regn där hela ytans volym fyllts upp kommer vatten rinna mot nordväst, på grund av rådande marklutning, och ledas vidare mot fastighetens större innergård.

Den funktion som grönytan har idag skulle inte påverkas nämnvärt av en åtgärd som denna. Det är möjligt att fortsätta ha sandlåda, bänkar och växter på platsen trots att den är skålad, eftersom skålningen är grund. Dock kan ytan ta hand om vattenmängder som annars skulle orsaka problem för byggnaden, dessutom kan vatten infiltrera och fylla på grundvattnet.



Figur 18. Sektionsskiss för åtgärdsförslag 4, skålad yta. Hit rinner vatten från åtgärd 3 vid kraftiga regn. Släntlutningarna hålls flacka för att tillgängligheten ska vara så god som möjligt så att platsens funktion bibehålls (Författarna 2023).

Vidareutveckling av åtgärd

Denna åtgärd kan vidareutvecklas genom att den skålade ytan görs större, så att den kan omhänderta mer vatten och avlasta ytterligare nedströms. Växter med olika egenskaper för biodiversitet kan planteras. Ytan har idag en sandlåda och en vistelseyta med bänkar. Vid den enklaste och mest kostnadseffektiva utformningen behålls nuvarande utrustning, men i ett förslag med större mervärden kan lekytan vidareutvecklas och få mer lekutrustning och möbler.

4.2.5 Åtgärdsförslag 5, sänkning av växtbädd

Karneolen 3 har en stor naturligt skålformad yta på innergården till den större byggnaden, på de djupaste ställena är höjdskillnaden en meter i jämförelse med huset. Dock finns i dagsläget hinder för att vatten ska rinna bort från huset, såsom kantstenar och flacka lutningar, se figur 19. Delavrinningsområdet har en area på 3086 m², vilket gör att fördröjningsmängden behöver vara 63 m³ för att magasinera de första 20 mm regn. Enligt mätningar i SCALGO Live rymmer svackan på innergården i dagsläget ungefär 110 m³.

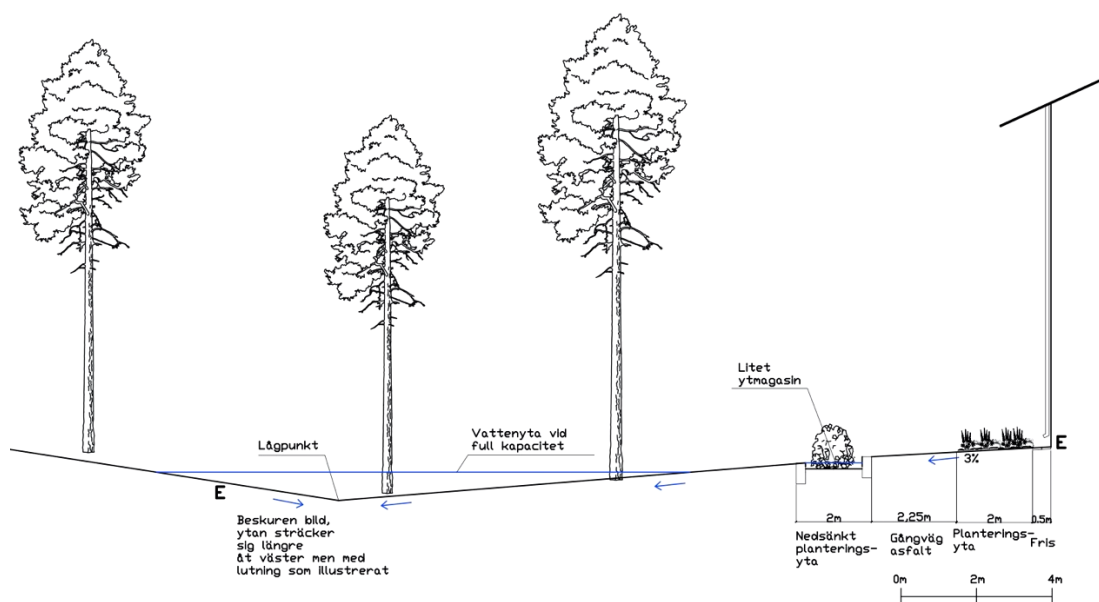


Figur 19. Innergården vid den större byggnaden. Här finns en stor naturlig svacka som passar bra för att fördröja stora mängder vatten, men kantsten och växtbäddar hindrar vatten från att rinna ned från fasadsidan. Blå pilar visar lutning (Foto: Sandra Andersson 2023).

För att regnvatten ska ledas bort från hustak och väg föreslås, enligt figur 20, att växtbäddarna med buskar intill den skålade ytan ska sänkas samt att kantstenen ska nollas. Detta görs för att regnvatten obehindrat ska kunna rinna ned i växtbädden och vidare ned på den skålade ytan, samtidigt som kantstenen utgör visst erosionsskydd. Ett litet ytmagasin skapas i buskplanterings växtbädd. Stuprör kopplas bort från VA-ledningsnätet, och takvatten leds mot den skålade ytan via rännदार med galler för att inte påverka framkomligheten.

För att skydda byggnaden läggs en fris intill fasaden. Detta gör att växtbäddarna intill byggnaden får en minskad yta. I vissa fall kan växterna vara kvar på den minskade ytan, detta gäller till exempel för de mindre buskar som idag finns på platsen. Större växtlighet, som till exempel en rhododendron som finns i en av växtbäddarna, behöver däremot flyttas och placeras lämpligen i den skålade ytan intill ett möblerat område så att de boende kan njuta av blomningen. Vid full magasinering i den skålade ytan avleds överskottsvatten mot nordväst. Detta följer markens befintliga lutning.

Den naturligt skålade ytan utgör goda förutsättningar för att fördröja stora mängder dagvatten som kan infiltrera ned i marken och fylla på grundvattnet. Genom att sänka växtbäddarna kan vatten fritt rinna ned från byggnaden till den skålade ytan. Då ytan redan rymmer en stor volym vatten, behöver den inte grävas ut ytterligare. I och med detta kan de höga tallarna och platsens karaktär bevaras. Genom att den växtlighet som flyttas återplanteras försämras inte biodiversiteten på platsen.



Figur 20. Sektionsskiss för åtgärdsförslag 5, sänkning av växtbädd. Raden av buskar som skiljer svackan från vägen sänks och kantsten nollas. Detta skapar också ett litet ytmagasin i växtbädden. Växtbädden intill fasaden har flyttats ut för att ge plats för en fris som skyddar fasaden mot fukt. Befintliga träd bevaras (Författarna 2023).

Vidareutveckling av åtgärd

På den skålade ytan skulle ett djupare parti kunna förses med en lekyta med vattenpump som kan användas vid högt vatten, dock kommer det sällan stå vatten på området. De smalare växtbäddarna intill byggnaden skulle kunna fyllas med perenner istället för buskar. Detta skulle ge utrymme för ett större antal arter som är positiva för pollinatörer samt ger ett upplevelsevärde för de boende. Då innergården har ett för Stockholm karakteristiskt uttryck med berg i dagen och gamla knotiga tallar föreslås nyplantering av tall för att skapa succession om befintliga träd på sikt behöver tas ned eller skadas.

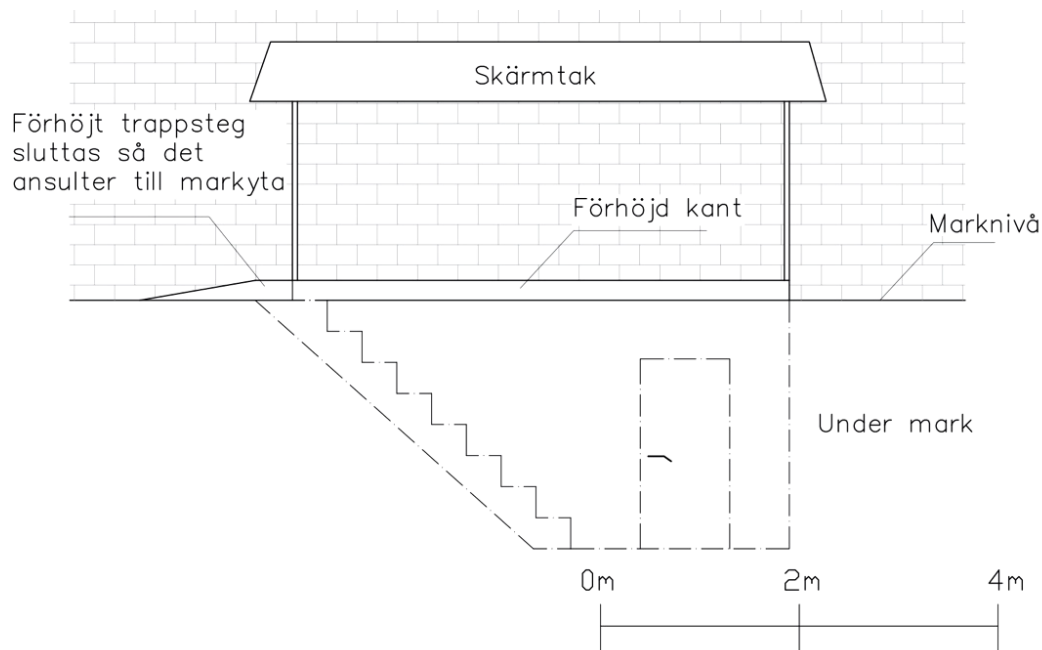
4.2.6 Åtgärdsförslag 6, källarnedgångar

Källarnedgångar av denna typ, som syns i figur 21 nedan, är oskyddade och tar lätt in vatten, vilket kan leda till översvämningar i källaren. Då det finns fem källarnedgångar med liknande problematik inom fastigheten föreslås en generell åtgärd i figur 22.



Figur 21. En av källarnedgångarna på fastigheten, nedgången saknar tak och förhöjd kant vilket gör att källarnedgången är oskyddad vid kraftiga regn. Blå pil visar lutning (Foto: Frida Helander 2023).

Ett skärmtak av genomskinligt material föreslås, enligt figur 22, då takutsprånget till byggnaden inte skyddar nedgångarna. Taket bör vara genomskinligt för att skapa naturligt ljusinsläpp samt av trygghetsskäl. Runt hela nedgången föreslås en kant på cirka 10 cm; då det inte lutar brant in mot källarnedgången skulle denna höjd räcka för att avleda vatten. Den förhöjda kanten som utgör första trappsteget föreslås jämnas av ned mot gångvägen likt en ramp för att minimera snubbelrisk. Sammantaget skulle dessa åtgärder minska risken för översvämning i källarutrymmen.



Figur 22. Sektionsskiss för åtgärdsförslag 6, källarnedgångar. Källarnedgång med skärmtak och höjda kanter som hindrar vatten (Författarna 2023).

Vidareutveckling av åtgärden

Denna lösning är tänkt att skydda källarnedgångarna från vatten, därför har den en rent praktisk utformning i sitt grundutförande. För att skapa mervärden såsom upplevelser för de boende och biodiversitet kan låga buskar eller perenner planteras intill nedgången. På detta sätt gynnas pollinatörer samtidigt som källarnedgången inte upplevs som mörk och skymd då växterna bör vara låga. Ytterligare en vidareutveckling skulle kunna vara att installera brunnar i källarnedgångarna och utrusta dessa med en backventil. Detta kan dock vara ett kostsamt ingrepp.

4.2.7 Sammanställning av åtgärdsförslagets funktioner

Som framgår av tabell 3 nedan bidrar samtliga åtgärder till att avleda vatten från byggnader, vilket var huvudsyftet med detta arbete. Alla åtgärder förutom källarnedgångarna och vägen med kantstensavledning fördröjer dessutom minst 20 mm av den vattenvolym som bildas på området. När vatten får infiltrera i marken leder det till sedimentering som skiljer vattnet från vissa föroreningar, främst partiklar. Grundvattnet fylls också på, vilket bland annat motverkar sättningar och bidrar till mer växttillgängligt vatten i marken. Då detta arbete ämnade skapa lösningar som var kostnadseffektiva och enkla att sköta låg inte fokus på gestaltning. Det gör att de flesta av åtgärderna inte bidrar till upplevelsevärden, men flera av dem har utrymme att uppfylla även detta om till exempel ytterligare växter eller lekutrustning läggs till.

Tabell 3. Värden som åtgärdsförslagen bidrar med i sin grundutformning utan vidareutveckling. Tabellen visar att samtliga åtgärdsförslag avleder vatten, men att andra värden såsom biodiversitet och platsens upplevelse oftast uteblir i grundutformningarna som ämnar vara kostnadseffektiva och enkla att sköta (Tabell: Författarna 2023).

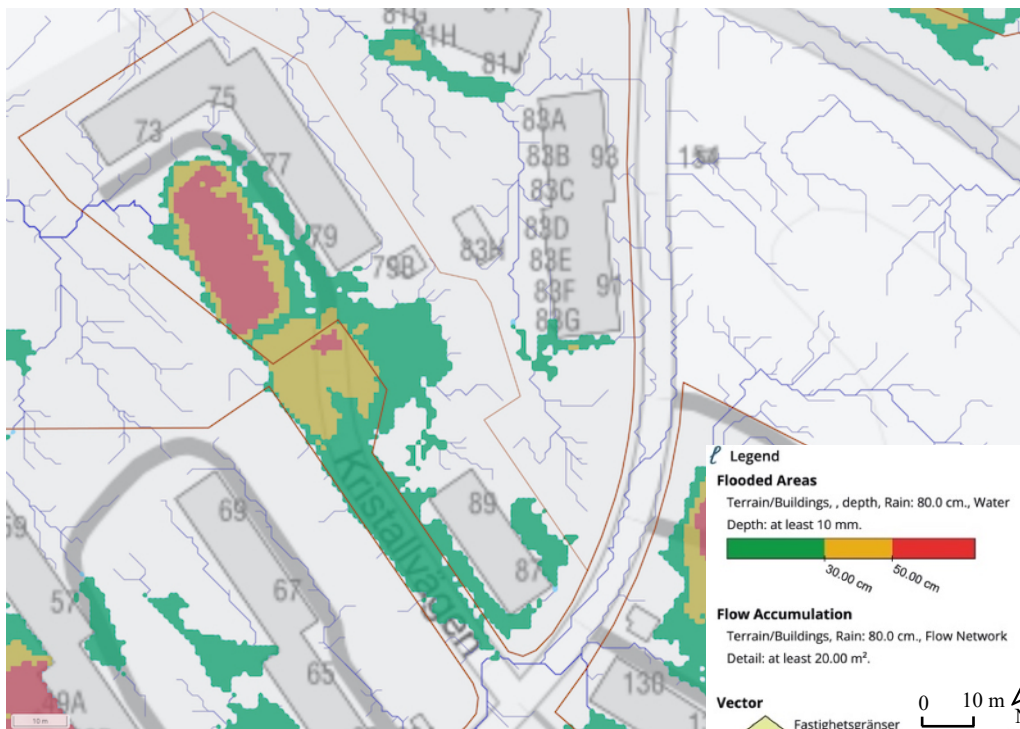
Åtgärdsförslag	Avledning	Fördröjning	Biodiversitet	Upplevelse
1. Svackdike vid väg	x	x	x	x
2. Svackdike bakom hus	x	x	x	
3. Avledande kantsten	x			
4. Skålad yta	x	x		
5. Sänkt växtbädd	x	x		
6. Källarnedgångar	x			

4.2.8 Resultat av åtgärder presenterade i SCALGO Live

Nedan presenteras en före- och eftermodellering i SCALGO Live. Modell 1 är dagsläget utan några förändringar, se figur 23. Modell 2 visar samma område efter föreslagna åtgärder, se figur 24. En viktig skillnad i förutsättningarna mellan de båda modellerna är att Modell 1 är baserad på en regnmängd på 80 mm, alltså regnet på 101 mm med ett avdrag på 21 mm för ledningsnätets kapacitet. I Modell 2 har avdraget för ledningsnätet tagits bort eftersom det i åtgärderna föreslås att stuprören på fastigheten ska kopplas bort från ledningsnätet. Detta gör att fastigheten belastas med en ytterligare regnmängd som inte leds bort via ledningar. Det finns fortfarande vissa brunnar på området som omhändertar en del av regnet, att ta bort avdraget för ledningsnätet är en förenkling som visar att en större regnmängd belastar ytan. Modell 2 baseras alltså på en regnmängd på 101 mm. Att visa regnmängderna på 80 mm och 101 mm illustrerar var vatten skulle bli stående vid ett skyfall och hur överskottsvatten skulle lämna platsen enligt befintliga marklutningar. Hade en mindre regnmängd visats, till exempel ett regn mindre än 20 mm, hade nästan bara åtgärdsförslagen innehållit vatten.

För att tydliggöra vattenmängder presenteras vattendjup i figurerna nedan i färgerna grönt (0,1-0,3 m), gult (0,3-0,5) och rött (>0,5 m). Blå linjer visar flödesvägarna. En bakgrund i gråskala valdes för att göra resultatet synligare.

Figur 23 över Modell 1 visar att både den stora och den mindre byggnaden riskerar att få stående vatten intill fasaden på vissa ställen samt att vissa källarnedgångar ser ut att vara utsatta.

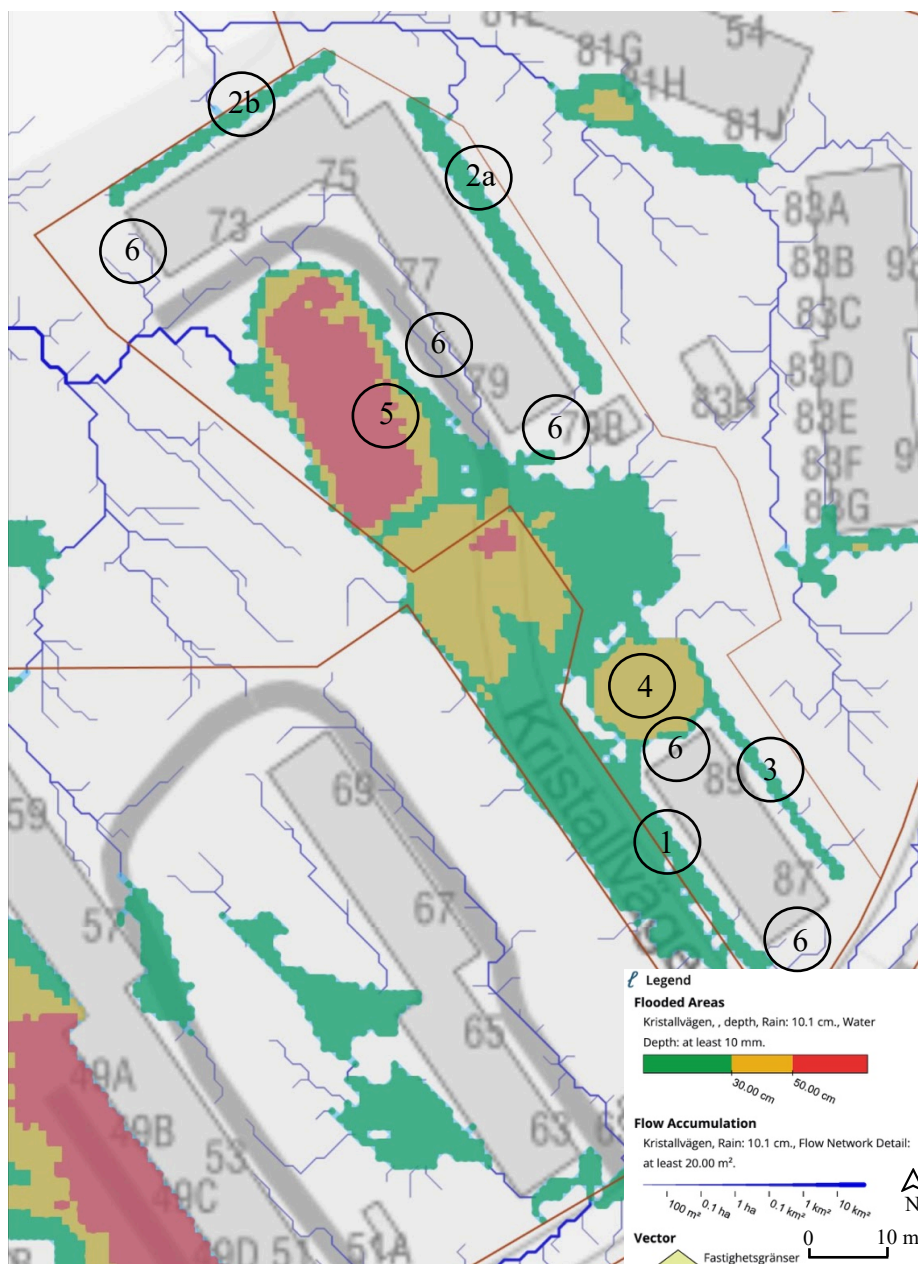


Figur 23. Modell 1. Förutsättningar innan åtgärder, regnmängd på 80 mm då ett scablonavdrag på 21 mm för VA-ledningsnätet har gjorts från 101 mm. Figuren visar att det finns risk för stående vatten intill fasaderna på vissa ställen samt att källarnedgångarna på gavlarna verkar vara utsatta. Blå linjer visar flödesvägar. Simulering i SCALGO Live (Författarna 2023).

I Figur 24 nedan visas Modell 2, där åtgärdsförslagen har ritats in i SCALGO Live. Resultatet av detta är att byggnaderna inte längre har stående vatten intill fasaderna. På gavlarna, där det fanns risk för att vatten skulle rinna ned i källarnedgångarna (åtgärdsförslag 6) har höjningar gjorts för att simulera kantstenar, detta gör att modellen inte längre har vatten längs gavlarna. Den största visuella förändringen är den skålade ytan norr om den mindre byggnaden, där ytan sänkts (åtgärdsförslag 4) och dit vatten rinner från den avledande kantstenen (åtgärdsförslag 3).

De båda svackdikena längsmed den stora byggnaden (åtgärdsförslag 2a-b) som nu visar stående vatten indikerar att vatten skulle rinna hit vid större regnhändelser på grund av markens lutning. Här kan vatten också magasineras och infiltrera ned i marken. Då den naturligt skålade ytan på innergården vid den stora byggnaden är så djup syns inga större skillnader här, men i och med att fallet ut från byggnaden justeras och att raden av buskar sänks kan vattnet fritt rinna mot innergården. Detta gör att modellen inte längre visar att det finns vatten längs fasaden eller på vägen.

I Modell 2 syns att lågpunkten med stående vatten vid den mindre byggnaden inte längre är instängd och riskerar att få stående vatten. Vatten avleds istället nordväst via den föreslagna avledande kantstenen (åtgärdsförslag 3). Väster om samma byggnad förbättras situationen av det föreslagna svackdikedet (åtgärdsförslag 1) intill vägen, där vatten inte längre blir stående mot fasaden utan får infiltrera ned i marken eller ledas norrut mot den nya skålade ytan (åtgärdsförslag 4).



Figur 24. Modell 2. Förutsättningar efter att åtgärdsförslag har lagts till. Modelleringen är gjord på hela regnmängden 101 mm eftersom stuprör har kopplats bort från VA-ledningsnätet. Det finns inte längre stående vatten intill fasaderna och de nya åtgärderna syns som gröna avlånga former längsmed fasaderna för svackdikena och den avledande kantstenen, samt en gul rund form för den skålade ytan norr om den mindre byggnaden. Siffrorna i cirklar anger åtgärdsförslag. Blå linjer visar flödesvägar. Simulering i SCALGO Live (Författarna 2023).

5. Diskussion

Huvudsyftet med detta arbete var att presentera olika sätt att avleda vatten från befintliga byggnader och skydda dessa från stora regnmängder som uppkommer vid skyfall. Detta skulle göras på ett hållbart sätt utifrån ekonomiska, sociala och miljömässiga perspektiv. För att illustrera detta applicerades åtgärder på Stockholms shems fastighet Karneolen 3 i Stockholm. Enligt SCALGO Live-modellen för efterscenariot, se figur 24, skulle de föreslagna åtgärderna kunna skydda byggnaderna inom fastigheten. Enligt tabell 3 ovan är det dock tydligt att det kan vara svårt att uppfylla god funktion och mervärdeskrav samtidigt. Ibland måste funktionen prioriteras på bekostnad av till exempel upplevelsevärden på en plats. Det finns osäkerheter i underlagen för de utförda beräkningarna, vilket påverkar dimensioneringarna av åtgärdsförslagen. Svagheter och möjliga felkällor i metoden diskuteras vidare i 5.2 *Metoddiskussion* nedan.

5.1 Resultatdiskussion

Syftet med detta arbete var att ge åtgärdsförslag för skyfallshantering på Karneolen 3, men i modelleringar i SCALGO Live (Författarna 2023) och Miljödataportalen (Stockholms stad 2022b) stod det tidigt klart att fastigheten hade begränsade problem med stående vatten vid stora regn. Det är dock inte säkert att en värre utsatt fastighet hade inneburit en större variation av åtgärder. Eventuellt hade en fastighet med sämre höjdförutsättningar än Karneolen 3 gjort att en mindre mängd vatten kunnat magasineras på fastigheten och avledning kanske hade varit enda alternativet.

De åtgärder som föreslås i fallstudien är olika varianter av öppna lösningar, då dessa enligt Svenskt Vatten (2016:38) är bra på att omhänderta och avleda stora regnmängder snabbt, vilket uppfyllde studiens huvudsyfte. Vidare är öppna lösningar också i linje med Stahres (2004:10) konstaterande att öppna lösningar är enkla att underhålla och relativt billiga att anlägga. På så sätt uppfylls ytterligare två av fallstudiens kriterier; ekonomiska aspekter och enkel skötsel. Ännu en fördel med öppna lösningar är att det inte finns underjordiska konstruktioner som riskerar att gå sönder och bli kostsamma att reparera. De är dessutom enkla att besiktiga okulärt för att upptäcka problem.

De sociala värden som finns i dagsläget, i form av lek- och vistelseytor bevaras. De förslag som presenterades i vidareutvecklingen av varje åtgärdsförslag kan också skapa ökade sociala värden. Till exempel kan dessa utvecklas med mer lekutrustning, bänkar, grillplatser, och liknande beroende på

budget. Då det enligt Stahre (2004:15) kan finnas pedagogiska värden i öppna lösningar för att synliggöra dagvattenhantering skulle det vara bra med en informationsskylt i till exempel svackdikedet vid vägen där många passerar. Informationsskylten kan ge en förklaring till varför en plats görs om och skapa förståelse och intresse för hållbarhet.

För att ta hänsyn till de miljömässiga värdena i denna fallstudie har naturliga svackor och flödesvägar använts i stor utsträckning, vilket förordas av Stockholms stads Dagvattenstrategi (2015:16). Detta minimerar åverkan på den värdefulla naturmarken på Karneolen 3 och minskar schaktningsarbeten, vilket även minskar miljöbelastande transporter. Där så är lämpligt har vidareutvecklande åtgärder som ytterligare bidrar med miljömässiga nyttor i form av till exempel varierad växtlighet föreslagits. Under fallstudiens gång konstaterades att grönblå lösningar ofta ger goda förutsättningar för växtlighet. Det vore därför lämpligt att integrera växtlighet som stödjer pollinatörer och till exempel fåglar i anslutning till grönblå lösningar. Denna möjlighet understryks även av Fitobór et al. (2022:2). Gröna eller blå tak hade kunnat bidra med ytterligare biodiversitet och vattenmagasinering (Pettersson Skog et al 2021), men då det fanns goda förutsättningar för dagvattenhantering på marken undersöktes inte möjligheten att placera gröna tak på huvudbyggnaderna vidare. Eftersom fastigheten enligt Stockholms stad (2022a) är kulturminnesklassad är det också möjligt att gröna eller blå tak hade varit ett för stort ingrepp på fastighetens tidstypiska uttryck.

Det sammantagna resultatet av åtgärderna presenterades i SCALGO Live-modellerna. Vid en första anblick liknar de varandra, men eftersom Modell 2 modellerades med en större regnmängd är de positiva förändringarna möjligen större än de ser ut. Detta påverkar i synnerhet VA-ledningsnätets belastning och områdena nedströms. Genom ett test att höja regnmängden i SCALGO Live till 162 mm, vilket motsvarar hela 1000-årsregnet som föll över Gävle (Gävle kommun 2022), förvärras inte situationen på Karneolen 3 eftersom en större regnmängd främst skulle göra att mer vatten leds vidare.

Som Haghigatafshar et al:s (2017:61) studie visar är ansvarsfördelning för skyfallshantering vag. Detta kan bero på att intresset för hållbar dagvattenhantering är relativt nytt (Svenskt Vatten 2016:27-28). Ett exempel på detta är att kravet på dagvattenhantering från Stockholms stad (2016) i dagsläget är formulerat så att det tydligare gäller vid nybyggnation men endast vid "större" ombyggnationer av befintliga miljöer. Detta lämnar tolkningsutrymme för hur "stor" en ombyggnad måste vara för att kravet ska gälla och därmed är det lätt att gå runt det. För att skyfallshantering ska implementeras mer frekvent inom samhällsplanering och landskapsarkitektur skulle det vara fördelaktigt med en förtydligad lagstiftning gällande ansvar.

Trots rådande lagar om att byggnader inte ska uppföras på olämplig mark (SFS 2010:900) finns det exempel på detta i närheten av Karneolen 3. Fastigheten Skarabén som enligt Stockholms stad (2023a) är i planeringsskedet, kommer enligt såväl Miljödataportalen (Stockholms stad 2022b) som modelleringar i SCALGO Live (Författarna 2023) ligga i en lågpunkt som kan få stora problem med stående vatten vid ett kraftigt regn. Då det är tydligt att platsen är problematisk förefaller det riskabelt och kortsiktigt att förbise dessa indikationer.

Som Althage⁸ framhåller kan åtgärder för skyfall bli kostsamma och sällan eller aldrig bli använda. Detta ekonomiska risktagande kan göra att privata aktörer inte kan prioritera denna typ av åtgärder eftersom skyfall är lokala händelser som kanske inte alls inträffar på den platsen där investeringen har gjorts. Som framgår i fallstudien skulle dock relativt små åtgärder kunna göra stor nytta. Om anläggandet av skyfallsåtgärderna dessutom görs i samband med någon annan typ av renovering kanske det redan finns entreprenadmaskiner på plats, vilket innebär att dessa kan utföra skyfallsåtgärderna vid samma tillfälle. Kostnader skulle också kunna delas upp genom att utföra åtgärder i etapper.

Det är svårt att dela upp dagvattenhantering efter fastighetsgränser, eftersom skyfall är gränsöverskridande, som SGI och MSB (2021:7) understryker. Detta framgår också i denna fallstudie där vi tog hänsyn till den allmänna vägen från vilken vatten inte kunde passera någon annanstans än över Karneolen 3. Som Haghghatafshar et al. (2017:67-68) påpekar är magasinering och fördröjning mer fördelaktig ju högre upp i ett avrinningsområde de ligger. Karneolen 3:s placering och de föreslagna fördröjningsåtgärderna skulle kunna förbättra situationen nedströms för ett flertal fastigheter. När det finns goda naturliga förutsättningar för att magasinera dagvatten på ett område kan det finnas utrymme för olika aktörer att samarbeta och utnyttja dessa för avrinning från ett större område. Sådana samarbeten skulle också kunna minska en enskild aktörs investeringsrisk.

5.2 Metoddiskussion

Problemet med hur osäkerheter och avvikelser skulle hanteras kom upp flera gånger under detta arbete. Det fanns till exempel en märkbar skillnad i hur den undersökta fastigheten skulle påverkas av ett skyfall, beroende på om Miljödataportalens modell eller SCALGO Live användes som underlag.

Det finns flera olika program och metoder för skyfallsmodellering, vilka fortfarande utvecklas. Enligt Althage förlitar⁹ sig många aktörer mer och mer på digitala verktyg, men att endast använda digitala modeller kan vara missvisande. Miljödataportalens skyfallsmodell baseras på hydrodynamiska uträkningar som tar hänsyn till vattnets rörelse över en viss tid (Stockholms stad 2023a). Vid användning av SCALGO Live framgick det att det är en statisk modell som alltså visar en ögonblicksbild av en händelse. I en statisk bild kan till exempel stora flödesvägar som tillfälligt skapar problem missas. Vid modellering framgick också att SCALGO Live har högre upplösning än Miljödataportalen, vilket gör att mer detaljer syns. Valet att använda SCALGO Live gjordes för att skapa ett visuellt pedagogiskt efterscenario som visade vilken effekt åtgärdsförslagen skulle kunna ha vid stora regnmängder. Det är viktigt att ha i åtanke att efterscenariot i Modell 2 inte visar de exakta förhållanden som skulle råda på platsen ifall åtgärdsförslagen implementerades. Som framgick i denna fallstudie är platsbesök en viktig del i att kontrollera data och korrigera fel.

Scenariot som valdes till SCALGO Live-modelleringen baserades på ett regn som skett i närtid, översvämningen i Gävle 2021 (Gävle kommun 2022). En

⁸ Intervju med Jonas Althage, skyfallsstrateg på Trafikkontoret i Stockholm 14/2, 2023

⁹ ibid.

fördel med detta var att denna regnmängd har drabbat en plats med liknande förutsättningar på riktigt, vilket understryker att det kan hända. Alternativet hade varit att räkna på ett fiktivt regn med återkomsttid och klimatfaktor, vilket är en uppskattning. Om vi inte hade valt att räkna på en faktisk händelse hade det varit motiverat att lägga på en klimatfaktor för att ta höjd för extremväder som enligt SMHI och Svenskt Vatten (2022:12) kan komma att bli alltmer extrema på grund av klimatförändringar.

Ingen infiltration räknades med under arbetet. Detta var en förenkling med stöd i en rapport från MSB (2017:10) där det framgår att marken snabbt blir överbelastad under ett skyfall och att infiltrationen därmed blir liten. I verkligheten skulle viss infiltration kunna ske, men som Svenskt Vatten (2016:26) framhåller kan marken redan vara vattenmättad till följd av tidigare nederbörd. Denna förenkling ger å ena sidan ett något överdrivet resultat, å andra sidan kunde ett scenario där infiltration tagits med i beräkningen riskerat att ge en överskattning av infiltrationskapaciteten på platsen. I detta arbete har ett jämnt regnfall över hela området använts vid modelleringar, men som SMHI (2021) framhåller kan ett skyfall i verkligheten vara begränsat till ett litet område; olika delar av en och samma stad kan drabbas hårt eller inte alls av samma skyfall.

5.3 Vidare studier

Det finns många intressanta aspekter i detta arbete som skulle kunna fördjupas och utvecklas. Det hade till exempel varit intressant att utvärdera hur väl översvänningskarteringarna stämmer, till exempel genom att kontrollera hur väl verkliga höjder korrelerar med de digitala modellerna och undersöka markens infiltrationsförmåga. Ett mer utvecklat växt- och skötsel förslag är också något som skulle vara fördelaktigt att komplettera fallstudien med. Då vissa fördröjande lösningar föreslås nära husen, hade det varit motiverat att undersöka om detta leder till problem för byggnaderna och hur det i så fall kan lösas med tätskikt eller dylikt. Det hade också varit givande att undersöka ansvarsfördelning för skyfallshantering närmare. Ytterligare en intressant aspekt hade varit att granska anläggningskostnader för skyfallsåtgärder.

4. Slutsats

Detta arbete har visat att höjdsättningen på en plats har stor påverkan på förutsättningarna att arbeta med dagvatten. Det är en fördel om det går att använda naturliga förutsättningar och till exempel fördröja vatten på ytor som redan är flacka eller skålade. Öppna grönbå lösningar kan ofta ta omhand stora vattenmängder och har god potential att avlasta VA-ledningsnätet. Magasinerande åtgärder får bäst effekt om de placeras högt upp i ett avrinningsområde då situationen för alla fastigheter nedströms förbättras. Fördröjande konstruktioner kan också bidra till påfyllnad av grundvattnet och ökade förutsättningar för biodiversitet. En förutsättning för att arbeta på ett bättre sätt med dagvatten kan vara att förtydliga lagstiftningen kring dagvattenhantering, samt att integrera skyfalls- och dagvattenhantering som en självklar del redan i planeringsskedet vid all ny- och ombyggnation i städer. Genom att övergripande utforma städer för att ta hand om och fördröja en viss regnmängd skulle ett skyfalls följer mildras avsevärt.

Referenser

- Axelsson, C., Sriani, S., Culligan, P., & Marcotullio, P. (2020). Urban policy adaption managing increasing pluvial flooding events under climate change. *Journal of Environmental Planning and Management*, 10 november, 64:8, 1408-1227. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09640568.2020.1823346> [2023-02-02]
- Blombäck, K. (2022). *Övningskompendium: Grunder för dimensionering av regnbäddar och magasinvolym i gröna tak och skelettjord, v3*. [Opublicerat material]. Uppsala: Institutionen för mark och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Bodin, A., Hidemark, J., Stintzing, M. & Nyström, S. (2020). *Arkitektens handbok*. 12 uppl., Lund: Studentlitteratur.
- Boverket (2016). *Rätt tätt - en idéskrift om förtätning av städer och orter*. (Dnr: 1523/2015). Elanders: Karlskrona. <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2016/ratt-tatt-en-ideskraft-om-fortatning-av-stader-orter.pdf> [2023-02-08]
- Boverket (2019a). *Bjälklag på bostadsgårdar*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/tomter/starka-stodja-eller-skydda-ekosystemtjanster-pa-tomter/bjalklag/> [2023-03-08]
- Boverket (2019b). *Vad säger lagen?*. <https://www.boverket.se/sv/boende/for-dig-som-bor-i-hyresratt-eller-kooperativ-hyresratt/boendeinflytande1/vad-sager-lagen/> [2023-02-10]
- Boverket (2020). *Dagvatten vid detaljplaneläggning*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/temadelar-detaljplan/dagvatten-i-detaljplan/dagvatten-vid-detaljplanelaggning/> [2023-01-26]
- Gävle kommun (2022). *Så drabbades Gävle av skyfallet 2021*. <https://www.gavle.se/kommunens-service/sa-drabbades-gavle-av-skyfallet-2021/> [2023-01-19]
- Fitobór, K., Ułańczyk, R., KołECKA, K., Ramm, K., Włodarek, I., Zima, P., Kalinowska, D., Wielgat, P., Mikulska, M., Antończyk, D., Krzaczkowski, K., Łyszyk, R. & Gajewska, M. (2022). Extreme weather layer method for implementation of nature-based solutions for climate adaptation: Case study Słupsk. *Science of the Total Environment* 842 (2022) 156751. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156751> [2023-03-01]
- Haghighatafshar, S., Nordlöf, B., Roldin, M., Gustafsson, L-G., la Cour Jansen, J. & Jönsson, K. (2017). Efficiency of blue-green stormwater retrofits for flood mitigation - Conclusions drawn from a case study in Malmö: Sweden. *Journal of*

- Environmental Management*. 207 (2018) 60-69.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.018> [2023-02-10]
- Lidskog, R., & Rabe, L. (2022). Making Climate Risks Governable in Swedish Municipalities: Crisis Preparedness, Technical Measures, and Public Involvement. *Climate*. 10 (7):90. <https://doi.org/10.3390/cli10070090> [2023-02-08]
- Länsstyrelsen i Stockholm och SWECO (2020). *Skyfallskartering över Stockholms län*. [Uppdragsnummer 13010768] Stockholm: Sweco.
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.6395bf21784b0add9518a63/1617868488130/Skyfallskartering%20%C3%B6ver%20Stockholms%20l%C3%A4n%2020-12-18.pdf> [2023-02-10]
- MSB (2014). *Kartläggning av skyfalls påverkan på samhällsviktig verksamhet*. (Publikationsnummer MSB694 - maj 2014). Malmö: MSB. <https://rib.msb.se/filer/pdf/27365.pdf> [2023-03-01]
- MSB (2017). *Vägledning för skyfallskartering: Tips för genomförande och exempel på användning*. (MSB1121 - augusti 2017). <https://rib.msb.se/filer/pdf/28389.pdf> [2023-02-01]
- MSB (2022). *Översvämningsdirektivet*. <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/naturolyckor-och-klimat/oversvamnning/oversvamningsdirektivet/> [2023-01-16]
- MSB (2023). *Statsbidrag för naturolyckor*. <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/naturolyckor-och-klimat/statsbidrag-vid-naturolyckor/> [2023-02-16]
- NFS 2004:15. *Naturvårdsverkets författningssamling*. Stockholm: Naturvårdsverket. https://www.naturvardsverket.se/globalassets/nfs/2004/nfs2004_15.pdf [2023-02-20]
- nidirect (u.å). *How to protect your home from flooding*. <https://www.nidirect.gov.uk/articles/how-protect-your-home-flooding> [2023-03-08]
- Pettersson Skog, A., Malmberg, J., Emilsson, T., Jägerhök, T. & Capener, C-M. (2021). *Grönatakhandboken*. 2 utg., Estland: PrintBest.
- RISE (u.å.). *Multifunktionell urban anpassning i samverkan*. <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/multifunktionell-urban-klimatanpassning-i-samverkan> [2023-01-19]
- SCALGO (u.å.). *About us*. <https://scalgo.com/en-US/about> [2023-02-07]
- SFS 1970:994. *Jordabalk (1970:994)*. Stockholm: Justitiedepartementet.
- SFS 2006:412. *Lag (2006:412) om allmänna vattentjänster*. Stockholm: Klimat- och näringslivsdepartementet.
- SFS 2010:900. *Plan- och bygglag (2010:900)*. Stockholm: Landsbygds- och infrastrukturdepartementet.
- SGI & MSB (2021). *Riskområden för ras, skred, erosion och översvämnning, Redovisning av regeringsuppdrag enligt regeringsbeslut M2019/0124/Kl*. (Uppdragsnr. 10197). Linköping: Statens geotekniska institut, SGI & Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB.

- <https://www.msb.se/siteassets/dokument/om-msb/vart-uppdrag/regeringsuppdrag/2021/ru-riskomraden.pdf> [2023-01-19]
- SMHI (2018). *Skyfallsväg i Karlstad, fördjupning*. <https://www.smhi.se/klimat/klimatanpassa-samhallet/exempel-pa-klimatanpassning/skyfallsvag-i-karlstad-fordjupning-1.118529> [2023-03-05]
- SMHI (2021). *Skyfall och rotblöta*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/regn/rotblota-1.17339> [2023-01-26]
- SMHI (2022). *Översvämningar*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/oversvamningar/oversvamningar-1.5949> [2023-01-16]
- SMHI och Svenskt Vatten (2020). *Nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem – ”State of the Art”*. https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.159923!/State%20of%20the%20Art-2020-03-11_GS.pdf [2023-02-26]
- Stahre, P. (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhandledning*. Malmö: Svenskt Vatten. Stockholms hem (u.å.). Karneolen 3 Dwg. [Internt material]
- Stockholms stad (2015). *Dagvattenstrategi. Stockholms väg till en hållbar dagvattenhantering*. [Broschyr]. Stockholm: Stockholm stad. https://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/vp/Stockholms_dagvattenstrategi_2015-03-09.pdf [2023-02-21]
- Stockholms stad (2016). *Dagvattenhantering. Åtgärdsnivå vid ny- och större ombyggnation*. [Broschyr]. Stockholm: Stockholm stad. https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/atgardsniva_v1-1_fi.pdf [2023-02-13]
- Stockholms stad (2022a). *Stadsmuseets kulturhistoriska klassificering*. <https://stadsmuseet.stockholm.se/om-hus2/klassificering-och-k-markning/stadsmuseets-kulturhistoriska-klassificering/> [2023-02-11]
- Stockholms stad (2022b). *Miljödataportalen. Skyfall- & översvämningssrisker externt*. <https://miljodataportalen.stockholm.se/> [2023-02-10]
- Stockholms stad (2022c). *Stadsrevisionen. Hållbar dagvattenhantering Nr. 9 2022*. (Dnr: RVK 2022/93). <https://start.stockholm/globalassets/start/om-stockholms-stad/politik-och-demokrati/revision/revisionsrapporter/2022/revisionsrapport-2022-nr-9--hallbar-dagvattenhantering.pdf> [2023-03-17]
- Stockholms stad (2023a). *Miljöbarometern. Stockholms skyfallsmodell*. <https://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimatanpassning/skyfall/stockholms-skyfallsmodellering/> [2023-02-10]
- Stockholms stad (2023b). *Bostäder, kontor och hotell vid norra Folkparksvägen*. <https://vaxer.stockholm/projekt/bostader-kontor-och-hotell-vid-norra-folkparksvagen/> [2023-03-06]
- Stockholm Vatten och Avfall (u.å.a). *Makadamdike*. https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/md_h.pdf [2023-02-20]

- Stockholm Vatten och Avfall (u.å.b). *Nedsänkt växtbädd*.
<https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/nvb.pdf>
 [2023-03-05]
- Stockholm Vatten och Avfall (u.å.c).
Svackdike. https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/svd_h.pdf [2023-02-20]
- Stockholm Vatten och Avfall & WSP (2018). *Skyfallsmodellering Stockholm stad*.
 (Uppdragsnr: 10255910). Stockholm: Stockholm Vatten och Avfall & WSP.
<https://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/klimat/skyfall/skyfallsmoedellering/WSP-Rapport-uppdaterad-skyfallsmoedellering-Stockholm-2018.pdf>
 [2023-02-11]
- Svenskt Vatten (2016). *Publikation P110 - del 1. Avledning av dag-, drän- och spillvatten*. (ISSN nr: 1651-4947). Stockholm: Svenskt Vatten.
- Svenskt Vatten (2020). *Rekommendationer vid val av nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem*. (ISSN nr: 1651-6893).
https://www.svensktvatten.se/globalassets/roinat-och-klimat/klimat-och-dagvatten/svensktvatten_smhi_pm-april-2020.pdf [2023-02-02]
- Svenskt Vatten (2021). *Bygglov medgavs trots dagvattenproblem*.
<https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/juridik/vagledande-rattsfall/bygglov-medgavs-trots-dagvattenproblem/> [2023-02-08]
- Tyréns (2022). *Stockholms hem rapport etapp 2*. [Internt material]
- Värnamo kommun (2016). *Viktigt att veta om källaröversvämningar*. [Broschyr].
 Värnamo: Värnamo kommun.
https://kommun.varnamo.se/download/18.1f4cb4181516cbd81f2ede4/1451910567316/K%C3%A4llar%C3%B6versv%C3%A4mn_2016.pdf [2023-03-08]

Figur- och tabellreferenser

Figurer och tabeller som förekommer i detta arbete har författarna fotograferat eller gjort i SCALGO Live och AutoCAD, med undantag för figurerna nedan:

- Figur 1. Ramboll & SMHI (2018). *Skyfallsväg i Karlstad*. [Skiss]
<https://www.smhi.se/klimat/klimatanpassa-samhallet/exempel-pa-klimatanpassning/skyfallsvag-i-karlstad-1.118528> [2023-03-04]
- Figur 2. VA-guiden (u.å.a.). *Svackdiken*.
 [Skiss]. <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/svackdike/> [2023-03-04]
- Figur 3. VA-guiden (u.å.b.). *Genomsläppliga beläggningar*. [Skiss].
<https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/genomslapplig-belaggning/> [2023-03-04]
- Figur 4. VA-guiden (u.å.c). *Nedsänkta växtbäddar*. (Skiss).
<https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/nedsankt-vaxtbadd/> [2023-03-04]
- Figur 5. Google Maps (2023). *Kristallvägen*. [Kartografiskt material].
https://www.google.com/maps/place/Kristallv%C3%A4gen,+Stockholm/@59.3209983,18.1140221,10z/data=!4m6!3m5!1s0x465f77a9e60fdeab:0x74429f99e10794e0!8m2!3d59.288807!4d18.0002363!16s%2Fg%2F1tfqpkv_ [2023-03-20]

- Figur 6. Stockholm stad (2022b). *Miljödataportalen. Skyfall- & översvämningsrisker externt*. <https://miljodataportalen.stockholm.se/> [2023-02-10]
- Tabell 1. Svenskt Vatten (2016). *Publikation P110 - del 1. Avledning av dag-, drän- och spillvatten*. (ISSN nr: 1651-4947). Stockholm: Svenskt Vatten.
- Tabell 2. MSB (2017). *Vägledning för skyfallskartering: Tips för genomförande och exempel på användning*. (MSB1121 - augusti 2017). <https://rib.msb.se/filer/pdf/28389.pdf> [2023-02-01]

Bilaga 1

Frågorna nedan ställdes till Jonas Althage under intervjun 14/2 2023.

- Hur har synen på dagvattenhantering ändrats under tiden du har jobbat med det?
- Vad tycker du om rådande lagstiftning gällande dagvattenhantering? (Tillräcklig/otillräcklig?)
- Har du exempel på äldre fastigheter i Stockholm där man har gjort bra dagvattenlösningar?
- Finns det någon parameter som kan göra en skyfallskartering missvisande?/Vad skulle kunna förbättras?
- Det finns många olika verktyg för att simulera/modellera skyfall. Varför valde ni MIKE21 i skyfallskarteringen över Stockholm från 2020? Har du erfarenhet av att jobba med andra verktyg som t.ex. SCALGO Live?
- Vad tror du kommer hända på området inom den närmsta framtiden?

Publicering och arkivering

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

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

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

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