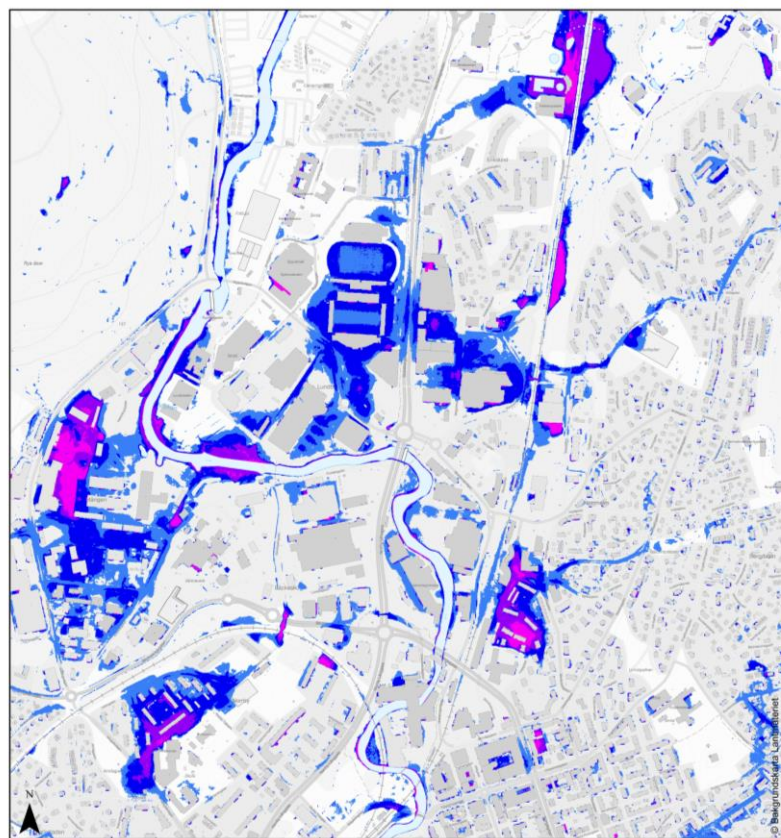


Skyfallskartering och strategisk skyfallsplan för Borås Stad

Annamaria Haag, Johanna Alexson Ahlberg och Hans Björn



Pärbild

Maximalt djup av stående vatten i Borås centrum vid ett 100-årsregn med hänsyn till framtida klimat i slutet av seklet. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.

RAPPORT NR 2021-39

TITEL

Skyfallskartering och strategisk skyfallsplan för Borås Stad

FÖRFATTARE

Annamaria Haag, SMHI

Johanna Alexson Ahlberg, SMHI

Hans Björn, SMHI

UPPDRAGSGIVARE

Borås Stad

David von Sydow

Telefon 033-35 30 37

E-post David.vonSydow@boras.se

PROJEKTANSVARIG

SMHI 601 76 Norrköping / 426 71 Göteborg

Annamaria Haag

Telefon 031-310 88 65

E-post Annamaria.Haag@smhi.se

KLASSIFICERING

Affärssekretess

SMHI DIARIENUMMER

2021/822/9.5

VERSION 02 – 2022-03-28

Version	Datum		Granskad av
01	2022-03-14	Rapportgranskning	Karin Dyrestam (SMHI)
02	2022-03-25	Rapportgranskning	David von Sydow (Borås Stad)

Sammanfattning

I IPCC:s senaste kunskapsuppsammanställning AR6 från 2021 beskrivs att det nu är otvetydigt att mänsklig påverkan har värmt upp klimatsystemet samt att omfattande och snabba förändringar i atmosfären, havet, kryosfären och biosfären har skett. Ett varmare klimat förväntas ge förändringar i nederbördsmönstren med kraftigare och fler extrema regn. Olika typer av nederbördshändelser kan orsaka översvämningar. När översvämningen orsakas av kortintensivt regn då markens infiltrationskapacitet och dagvattensystemets kapacitet inte räcker till för att ta hand om de stora vattenvolymer som skapas blir det en s.k. pluvial översvämning. Ett sådant regn kan benämnas skyfall och innebär att en stor nederbördsmängd faller på kort tid där SMHI:s definition av skyfall är minst 50 mm på en timme eller minst 1 mm på en minut. Då översvämningarna kan medföra risk för skada behöver planeringen av städer anpassas till de nya förutsättningarna. Därför är hantering av skyfall en viktig del i planeringen av nuvarande och framtida samhällen. SMHI:s konsultverksamhet har på uppdrag av Borås Stad genomfört en skyfallskartering och strategisk skyfallsplan över Borås tätort och de fyra serviceorterna Dalsjöfors, Fristad, Sandared och Viskafors för att ta ett helhetsgrepp om skyfallsrisken inom orterna. Helhetsgreppet syftar till att sårbarheten mot skyfall identifieras tillsammans med en principiell åtgärdsplanering för att hantera risken i ett förebyggande skede.

Sårbarheten mot skyfall har identifierats genom framtagande och analys av en hydraulisk markavrinningsmodell, benämnd skyfallskartering. Skyfallskarteringen visar vilka områden som översvämmas vid extrema regn då markens infiltrationskapacitet och dagvattensystemets kapacitet inte räcker till för att ta hand om de stora vattenvolymer som skapas. Två nederbördsscenario har simulerats i markavrinningsmodellen, ett 100-årsregn och ett 200-årsregn, båda i ett framtida klimat år 2100 enligt RCP8,5. Sårbarheten vid ett 100-årsregn i framtida klimat år 2100 och hur skyfallsriskerna kan hanteras beskrivs i den strategiska skyfallsplanen. Målsättningen med åtgärdsplaneringen i skyfallsplanen är att kommunen ska kunna omsätta resultaten från riskanalysen, vilken synliggör stadens sårbarhet mot skyfall, till ett konkret principförslag för typlanläggningar där varianter i att avleda, magasinera och styra vattnet inom skyfallsplansområdet presenteras. Principförslagen ska kunna fungera som underlag till vidare planering och projektering för anläggande.

Resultaten från skyfallskarteringen visar på maximal utbredning för simulerade 100- och 200-årsregn med vattendjup över 10 cm. Förutom utbredningslager återfinns även resultat på maximalt vattendjup över 10 cm. Kartor över karterade orter återfinns i Bilaga 3 men passar bäst för digital visning i GIS varför GIS-filer över karterade scenarion också ingår i leverans av arbetet. I Bilaga 4 återfinns information om vilka GIS-filer som levererats till kund.

Resultatet maximal utbredning och vattendjup som påvisas med hjälp av modellresultaten vid ett 100-årsregn i slutet på seklet kombineras med platsspecifika förutsättningar av byggnader, infrastruktur samt verksamheter inom karterade orter för att erhålla vilka objekt som påverkas av översvämning vid skyfall. Konsekvensen vid skyfallshändelsen blir tillsammans med sannolikheten för att händelsen ska inträffa en sammanvägd riskanalys för staden och den så kallade sårbarheten mot skyfall. I rapporten presenteras vilka resultat som tagits fram för respektive objektskategori som ingått i riskanalysen samt exempelutklipp på resultaten. Fullständigt resultat erhålls i levererade GIS-filer för riskanalys. I Bilaga 4 återfinns information om vilka GIS-filer som levererats till kund.

Förslag på åtgärds-kategorier i form av skyfallsyta, skyfallsled och styrning för hantering av skyfallsvatten med information om hur de principiellt bör anläggas i så kallade åtgärds-kedjor inom ett avrinningsområde redovisas i åtgärdsplaneringen. I Bilaga 5 presenteras ett metodstöd för åtgärdsplanering i skyfallsplanen, detta med föreslaget tillvägagångssätt och beskrivning av ett antal

anläggningar inom åtgärdskategorierna skyfallsled och skyfallsyta. Tillsammans med framtagna åtgärdsförslag inom tre typområden i staden ska underlaget i skyfallsplanen fungera som hjälpmedel i fortsatt arbete med att hitta lösningar i prioriterade riskområden för åtgärdsplanering.

I skyfallsplanen presenteras också viktiga ställningstaganden för att översvämningssäkra ny bebyggelse vid händelse av skyfall samt hur ny bebyggelse inte ska förvärra konsekvensen för nedströms liggande områden. Utgångspunkter från Boverket gällande acceptabel sannolikhetsnivå för översvämning samt hur omgivande markområden påverkar planområdet och hur planområdet påverkar omgivande markområden presenteras. Sammanfattningsvis är höjdsättning av ny bebyggelse samt flödesförhållanden före och efter planerad bebyggelse viktig att studera vid planläggning.

Fortsatt arbete med skyfallshantering i Borås Stad handlar om att prioritera riskområden för konkret åtgärdsplanering. I de prioriterade riskområdena tas åtgärdskedjor av skyfallsleder, skyfallsytor och styrningar fram för att därefter gå vidare till planering av skyfallsanläggningar. Finansiella resurser för skyfallsanläggningarna behövs under många år framöver. Därför rekommenderas att arbetet med att ta fram en finansieringsmodell för skyfallsåtgärderna i Borås Stad påbörjas snarast möjligt.

I det fortsatta arbetet med åtgärdssimulering, speciellt i anslutning till vattendragen, eller om staden vill studera kombinationsscenario mellan flöden i vattendrag och regn med lägre återkomsttider, alternativt om diskussioner gällande rimlig återkomsttid på regnet att skydda staden mot blir aktuellt rekommenderas att en sammankopplad modell mellan markavrinning, ledningsnät och vattendrag tas fram.

Slutligen, resultat från skyfallskarteringen som tagits fram inom ramen för aktuellt projekt utgör inte bara ett bra underlag till synliggörande av stadens sårbarhet mot skyfall utan också ett gott planeringsunderlag för ny bebyggelse i staden. Karteringsresultat beskriver hur det ser ut på platsen idag med marköversvämning, vilka fördröjningsvolymerna som finns på platsen idag (med en enklare GIS-analys går det att få ut denna information från djuplagren), och hur en förändring kan tänkas påverka planområdet i sig men också nedströms liggande områden. Åtgärdssimulering med planerad bebyggelse kan behöva tas fram i samband med detaljplaneprocesser och då vara en förutsättning vid projektering.

Innehåll

1	Bakgrund	1
1.1	Syfte	2
1.2	Avgränsningar	2
1.3	Läsanvisning	3
2	Metodbeskrivning	5
2.1	Skyfallskartering	5
2.2	Skyfallsplan	6
3	Lathund för nettoregnbelastning	10
3.1	Återkomsttid	10
3.2	Framtidsscenario, RCP	10
3.3	Bruttoregnbelastning	11
3.4	Nettoregnbelastning	13
4	Skyfallskartering	14
4.1	Känslighetsanalys av drabbade fastigheter	18
5	Skyfallsplan	21
5.1	Risicanalys för identifiering av påverkan vid skyfall	21
5.2	Åtgärds kategorier för hantering av skyfallsvatten	25
5.3	Åtgärds kedjor i tre typområden inom Borås tätort	27
5.4	Skyfallshantering vid ny bebyggelse	38
6	Slutsatser och fortsatta arbeten	40
7	Referenser	42

Bilaga 1 Modellförutsättningar för skyfallskartering

Bilaga 2 Nettoregnbelastning i Borås

Bilaga 3 Resultat skyfallskartering

Bilaga 4 Sammanställning av levererade GIS-lager

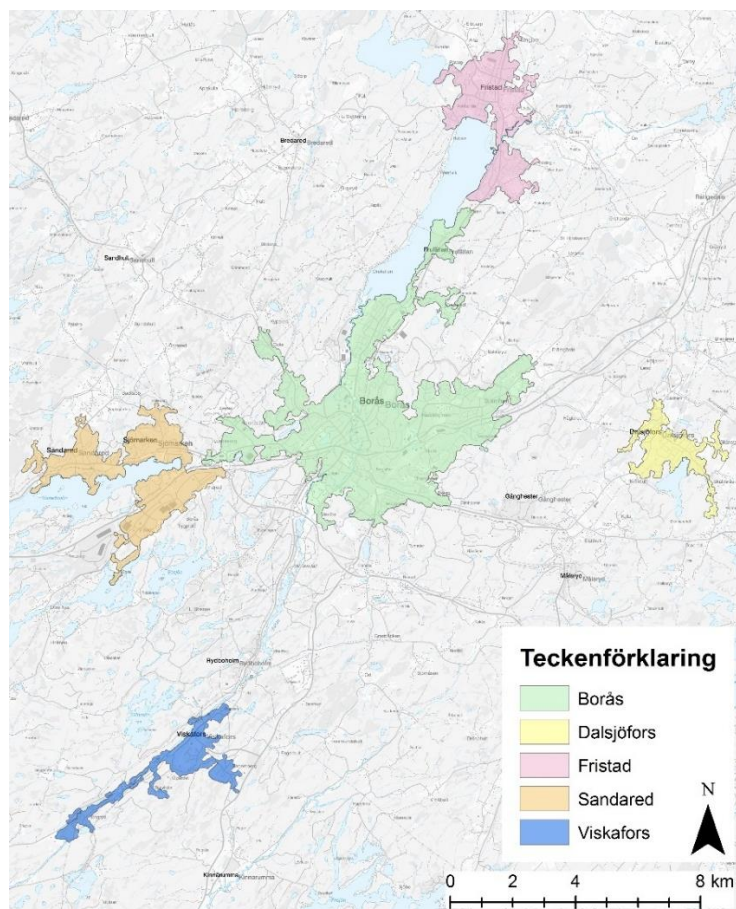
Bilaga 5 Metodstöd för åtgärdsplanering i skyfallsplan

1 Bakgrund

Jordens klimat har alltid varit i förändring och dessa förändringar har flera olika orsaker. Vad som utmärker den nuvarande klimatförändringen är att den orsakas av människan och sker i en hastighet som saknar motstycke. IPCC som är FN:s mellanstatliga klimatpanel beskriver i sin sjätte kunskapsutvärdering (Assessment Report 6 – AR6) att det nu är otvetydigt att mänsklig påverkan har värmt upp klimatsystemet samt att omfattande och snabba förändringar i atmosfären, havet, kryosfären och biosfären har skett (SMHI, 2021a). Det förändrade klimatet till följd av mänsklig påverkan är därmed inte längre en fråga om huruvida det sker utan ett faktum att anpassa sig till.

Ett varmare klimat förväntas ge förändringar i nederbördsmönstren med kraftigare och fler extrema regn. Olika typer av nederbördshändelser kan orsaka översvämningar. När översvämningen orsakas av kortintensivt regn då markens infiltrationskapacitet och dagvattensystemets kapacitet inte räcker till för att ta hand om de stora vattenvolymer som skapas blir det en s.k. pluvial översvämning (MSB, 2013). Ett sådant regn kan benämnas skyfall och innebär att en stor nederbördsmängd faller på kort tid där SMHI:s definition av skyfall är minst 50 mm på en timme eller minst 1 mm på en minut (SMHI, 2021b). Då översvämningarna kan medföra risk för skada behöver planeringen av städer anpassas till de nya förutsättningarna. Därför är hantering av skyfall en viktig del i planeringen av nuvarande och framtida samhällen.

För Borås Stads förståelse av det hydrologiska och planmässiga sambandet behövde risken för skyfall karteras och en plan för hur riskerna kan hanteras tas fram. SMHI:s konsultverksamhet har på uppdrag av Borås Stad genomfört en skyfallskartering och strategisk skyfallsplan, vidare benämnd skyfallsplan, över Borås tätort och de fyra serviceorterna Dalsjöfors, Fristad, Sandared och Viskafors vars ortsgränser visualiseras Figur 1.



Figur 1. Tätorter och serviceorter som ingått i skyfallskartering och skyfallsplan över Borås Stad. Ortsgränser är hämtade från SCB. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.

Skyfallskartering utgör framtagande och analys av markavrinningsmodeller enligt metoden beskriven i MSB:s *Vägledning för skyfallskartering* (MSB, 2017). Resultaten från modellerna beskriver hur vatten flödar och ställer sig vid den extrema nederbördshändelsen. Stadens sårbarhet mot skyfall identifieras med hjälp av kartor för maximalt vattendjup och vattenutbredning. I skyfallsplanen beskrivs områden som är extra sårbara vid skyfall tillsammans med en principiell åtgärdsplanering. I åtgärdsplaneringen ges förslag på åtgärds-kategorier med instruktion om hur de bör placeras inom ett avrinningsområde och grova dimensioneringsförutsättningar. Inom tre typområden ges exempel på hur åtgärdsplaneringen kan genomföras. Skyfallsplanen behandlar befintlig och ny bebyggelse, infrastruktur samt samhällsviktig verksamhet.

1.1 Syfte

Utredningen tar ett helhetsgrepp om skyfallsrisken inom utvalda tätorter i Borås Stad. Helhetsgreppet syftar till att sårbarheten mot skyfall identifieras tillsammans med en principiell åtgärdsplanering för att hantera risken i ett förebyggande skede. Sårbarheten har identifierats genom att ta fram och analysera en hydraulisk markavrinningsmodell, benämnd skyfallskartering. Resultat från kartringen visar på vart vatten rinner och riskerar att ansamlas vid skyfall. Vilken bebyggelse, infrastruktur och verksamhet som kan påverkas av vattenansamlingar identifieras i den så kallade skyfallsplanen. Hur skyfallsrisken kan hanteras beskrivs också i skyfallsplanen med framtagande av åtgärds-kategorier vars syfte är att magasinera och avleda vattnet på ett säkert sätt i staden.

1.2 Avgränsningar

Kartering av markavrinning görs med en tvådimensionell hydraulisk modell där flödet på markytan vid regn med olika återkomsttid och resulterande översvänningsutbredning beräknas. Två nederbördsscenarion har modellerats, 100-årsregn och 200-årsregn i framtida klimat enligt RCP8,5. Förutom återkomsttid är regnets varaktighet en viktig faktor för resulterande översvänningsutbredning. Varaktigheten som modellerats är ett 6-timmarsregn.

Underlag till modelluppbyggnad av markavrinningsmodellen är den Nationella Höjdmodellen från Lantmäteriet. Höjdmodellen har tagits fram utifrån laserscanningar som genomförts över Sverige mellan 2009–2019. Tidpunkten för scanning av höjddata för studerade orter i Borås Stad är mellan åren 2010–2012 (Lantmäteriet, 2022). Markomställningar som genomförts efter denna tidpunkt finns därmed inte med i höjdmodellen och för dessa områden kan resultaten vara missvisande.

Till den hydrauliska markavrinningsmodellen kopplas inte det avvattande ledningssystemet som finns i orterna. Däremot hanteras ledningsnätets kapacitet i modellen, detta genom ett konstant volymavdrag från regnet över de hårdgjorda ytorna där ytligt vatten antas kunna avledas till dagvattensystem. Att kapaciteten i ledningssystemet är konstant över tid och rum i staden är inte något som representerar de hydrauliska förutsättningarna i stadens VA-ledningssystem. Förutom att dimension, lutning och råhet på ledningarna varierar är också regnet över tid en viktig faktor för hur fullt ledningssystemet blir. Till ovan inverkar intagsöppningars lokalisering och utloppens nivå på kapaciteten. Volymavdraget i modellen utgör ett konservativt antagande, d.v.s. att avdraget inte ska överskattas, detta med erfarenheten att ledningssystemet kommer gå fullt vid de extrema regnhändelserna och majoriteten av avrinning sker på markytan, detta mer beskrivet i Bilaga 1.

Till den hydrauliska markavrinningsmodellen kopplas inte heller dynamiken till större vattendrag. Alla vattendrag hanteras med en angiven höjdnivå som bestäms utifrån den vattennivån som vattendraget hade under tidpunkten för scanning av höjddata. Vattendragen hanteras därmed som alla andra rinnvägar i modellen, d.v.s. att vatten flödar i stråket med hänsyn till terrängen samt med information om markens hydrauliska egenskaper (råhet och infiltration). Skillnaden i beskrivning av ett vattendrag och exempelvis en väg som också fungerar som rinnväg p.g.a. terränglutning är dess markegenskaper. Det innebär att ingen dynamisk beskrivning av vattendraget erhålls i resultaten, med uppströms och nedströms förhållanden eller kapacitet i tvärsektioner som påverkar kapaciteten och i förlängningen översvämningen längs med vattendraget. Därför är resultat av vattennivåer i vattendragen inte representativa varför resultaten i dessa inte visualiseras. Resulterande översvänningsutbredningar

precis i anslutning till vattendraget med beskrivna djup ska också tas med försiktighet då det inte går att utesluta en viss påverkan av uppdämmande effekt i vattendraget som inte stämmer överens med en verklig beskrivning av vattendragets kapacitet och dynamik.

Händelsen som analyserats för översvämningsrisk i skyfallsplanen är ett 100-årsregn med hänsyn till framtida klimat år 2100. Den potentiella skadan orsakas av vatten ståendes på markytan, detta kallat marköversvämning. Förutom marköversvämning kan en översvämning vid skyfall orsakas av bakdämning i ledningssystem för avloppsvatten. Bakdämning är primärt lokaliserad till fastigheter med källare där höjden mellan golvbrunn i källare och kommunens allmänna ledningssystem är mindre än för fastigheter utan källare. För att det ska föreligga risk behöver trycklinjen i det allmänna ledningssystemet vara högre än nivå på golvbrunnar i fastigheten. Hur trycklinjen påverkas av nederbörd eller nivåer i vattendrag beror på systemuppbyggnad av avloppsledningarna (separat/duplikat eller kombinerat). Att utvärdera översvämning orsakad av bakdämning i ledningssystem har inte ingått inom ramen för aktuell utredning. För en sådan utvärdering behövs en sammankopplad ledningsnäts- och markavrinningsmodell.

Den konsekvensanalys som genomförts för att identifiera drabbade fastigheter, samhällsviktiga verksamheter, vägar och järnvägar av riksintresse samt utbyggnadsområden är resultat från en GIS-analys baserad på ett antal kriterier som inte verifierats i detaljnivå. Det ger en bra bild på övergripande nivå men ingen garanti kan ges för att alla objekt är representativa med exakthet. Om ett specifikt objekt är av intresse ska först och främst resultat från skyfallskarteringen användas som underlag.

Kombinationseffekten mellan kraftig nederbörd som skyfall och höga flöden i vattendrag, exempelvis Viskan i Borås tätort har inte ingått i aktuell utredning. Det kombinerade fallet med skyfall är den vattennivå som höjdmodellen visar vid tillfället för laserscanning. Scenariot kan antas utgöra en medelvattennivå i vattendragen men går inte att översätta till ett karakteristiskt flöde eller flöde med en viss återkomsttid i vattendraget. Skyfall inträffar främst under sommartid i samband med kraftiga skurar (SMHI, 2021b). Höga vattenflöden i vattendrag sammanfaller med perioder av mycket volym regn under en längre tid vilket i Västra Götaland var januari och februari månad under år 2020 (SMHI, 2021c). I södra Sverige inträffar generellt höga flöden på senhösten i samband med regn. Med framtida klimat väntas mer av nederbörden under vintern falla som regn istället för snö vilket leder till ökade vattenflöden under vintern och att effekten av vårfloder blir mindre tydlig eller utebli helt. Att ett skyfall ska inträffa samtidigt som höga vattenflöden bedöms ha en låg sannolikhet, dels för att båda händelserna har låg sannolikhet att inträffa oberoende av varandra men också att de historiskt inträffat under olika årstider.

Vid framtagandet av skyfallsplanen har följande aspekter inte tagits hänsyn till:

- Rådighet över det berörda området
- Den tekniska genomförbarheten
- Målkonflikter med motstående intressen
- Pågående planer inom området
- Kostnader kopplade till föreslagna anläggningar
- Genomförandeplan med tidplan för realisering. En prioriteringsordning för anläggningar utifrån vad som skyddas har dock gjorts.

1.3 Läsanvisning

Rapporten är indelad i sju kapitel med innehåll enligt följande beskrivning:

Kapitel 1 innehåller bakgrund, syfte och avgränsningar till utredningen.

Kapitel 2 utgör en metodbeskrivning för arbetet, dels framtagande av skyfallskartering och dels arbetsmoment för framtagande av skyfallsplanen.

Kapitel 3 beskriver bakgrund till regnbelastningar vid olika återkomsttider och tabeller på brutto- och nettoregnbelastning för iterering av regnbelastning till kommunens kommersiella lågpunktkartering.

Kapitel 4 presenterar resultat från skyfallskarteringen, dels som en maximal utbredning men också som maximalt vattendjup.

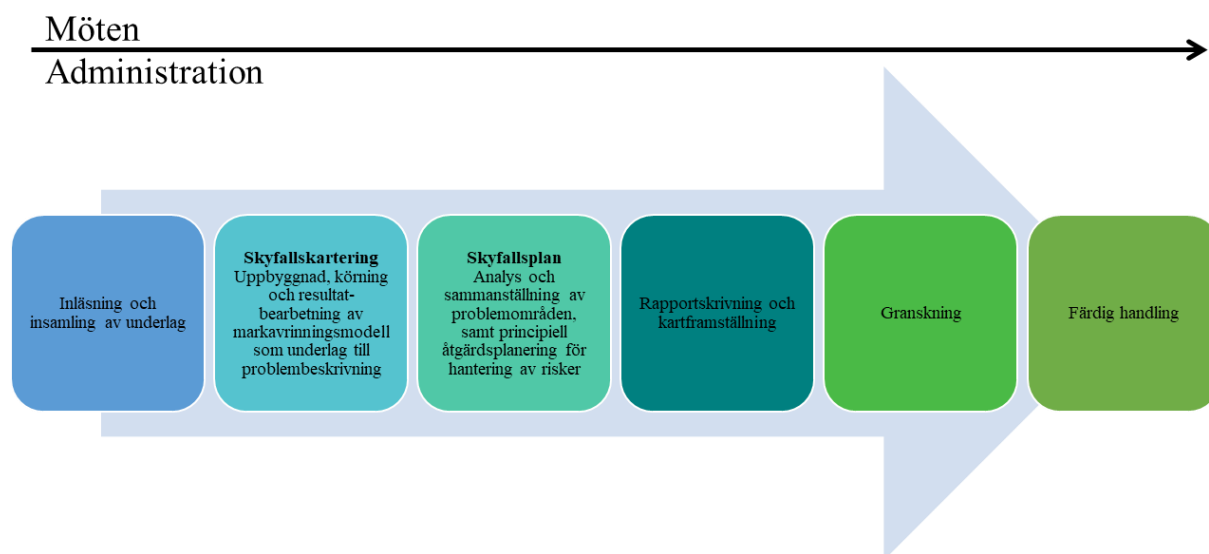
Kapitel 5 presenterar sårbarheten mot skyfall och förslag på tillvägagångssätt för att hantera skyfallsriskerna i den så kallade skyfallsplanen.

Kapitel 6 sammanfattar arbetet i slutsatser och förslag på fortsatta arbeten.

Kapitel 7 presenterar nyttjade referenser i arbetet.

2 Metodbeskrivning

Arbetet har genomförts i en process av sex moment där två av dessa utgör huvudmoment för framtagande av resultat i utredningen, *skyfallskartering* där en markavrinningsmodell byggs upp och körts för kartering av hur vatten rinner och breder ut sig vid ett skyfall, samt *skyfallsplan* där en sammanställning av sårbara områden och en principiell åtgärdsplanering redovisas. Kompletterande moment som ingått i arbetsprocessen är insamling av underlag, rapportskrivning och kartframställning, granskning, samt framställande av färdig handling. Kontinuerlig kontakt har upprätthållits med projektledare och projektgrupp hos kommunen. Arbetsprocessen visualiseras schematiskt i Figur 2. I nästkommande kapitel, 2.1-2.2, beskrivs metodik för skyfallskartering respektive skyfallsplanen mer ingående.



Figur 2. Schematisk illustration över arbetsprocess i uppdraget.

2.1 Skyfallskartering

En skyfallskartering har gjorts de fem orterna Borås, Sandared, Viskafors, Fristad och Dalsjöfors, enligt Figur 1. Skyfallskarteringen visar vilka områden som översvämmas vid extrema regn då markens infiltrationskapacitet och dagvattensystemets kapacitet inte räcker till för att ta hand om de stora vattenvolymer som skapas. För respektive tätort har kartering av markavrinning gjorts med en tvådimensionell hydraulisk modell där flödet på markytan och resulterande översvämningsutbredning vid regn med olika återkomsttid beräknas. Som tidigare nämnts har två nederbördsscenario modellerats, 100-årsregn och 200-årsregn i framtida klimat enligt RCP8,5 år 2100. Regnets varaktighet har valts till 6 timmar och de respektive nederbördsmängderna är beräknade till 99,8 mm (100-årsregn) och 118 mm (200-årsregn) vilket redovisas i Tabell 4. Regnet som används i modellen har varierande intensitet under hela nederbördsförloppet.

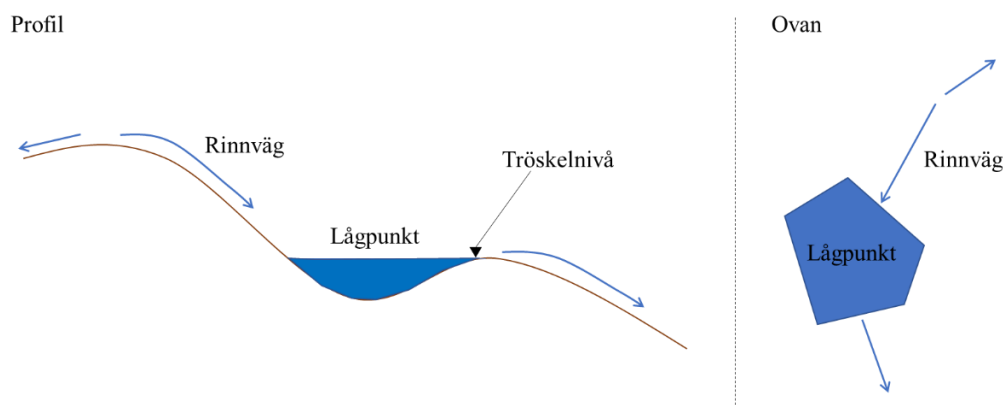
I modellberäkningarna har ett avdrag för ledningsnätets kapacitet motsvarande ett 2-årsregn med 6 timmars varaktighet gjorts, dvs. samma varaktighet som själva regnhändelsen.

I Bilaga 1 redovisas mer information om modellförutsättningar för skyfallskarteringen.

2.1.1 Lågpunktskartering

I MSB:s vägledning för skyfallskartering beskrivs olika metoder för kartering av vilka ytor som kan översvämmas vid ett skyfall (MSB, 2017). En lågpunktskartering utgör en GIS-analys av lågpunkter och rinnvägar i terrängen. Den ger ett resultat för vart vatten kan rinna i terrängen (ingen utbredning eller djup) samt vart vatten kan ansamlas i terrängen, s.k. lågpunkter. Lågpunkter utgör områden i terrängen där vatten ytledes inte kan rinna vidare förrän vattennivån når en tröskelnivå och rinner

vidare. Lågpunkterna har då en maximal utbredning med tillhörande volym och djup. För illustration över flödesförhållanden och de olika begreppen i en lågpunktskartering, se illustration i Figur 3.



Figur 3. Illustration över vad en lågpunktskartering analyserar och visar.

Borås Stad har avtalat med en kommersiell licens för lågpunktsanalys där en nederbördsvolym kan belasta terrängen, Scalgo Live. Volymen vatten som ansamlas i lågpunkterna baseras då på avrinningsområdets storlek och belastande regnvolym. Dynamik i avrinningen samt markens påverkan till volym och hastigheter i området är inte inkluderad i analysen.

Viktigt att understryka till analysen är att resultaten från en lågpunktskartering inte är kopplad till ett specifikt regn med variation i intensitet eller dynamik till avrinning vilket påverkas av avrinningsområdenas storlek, markens egenskaper i form av infiltration och råhet samt ledningsnätets inverkan till avledning. För sådana resultat behöver hydrauliska modeller sättas upp för området. Om detaljerad konsekvensanalys eller åtgärdsplanering ska utvärderas rekommenderas inte en lågpunktskartering utgöra underlag utan åtminstone en markavrinningsmodell vilket varit grund i aktuell utredning. Lågpunktskarteringen kan användas i övergripande skeden då potentiella riskområden för vidare fördjupad analys ska identifieras.

2.1.2 Känslighetsanalys

I uppdraget har det ingått att genomföra en känslighetsanalys i Borås tätort. Känslighetsanalysen består av två delar;

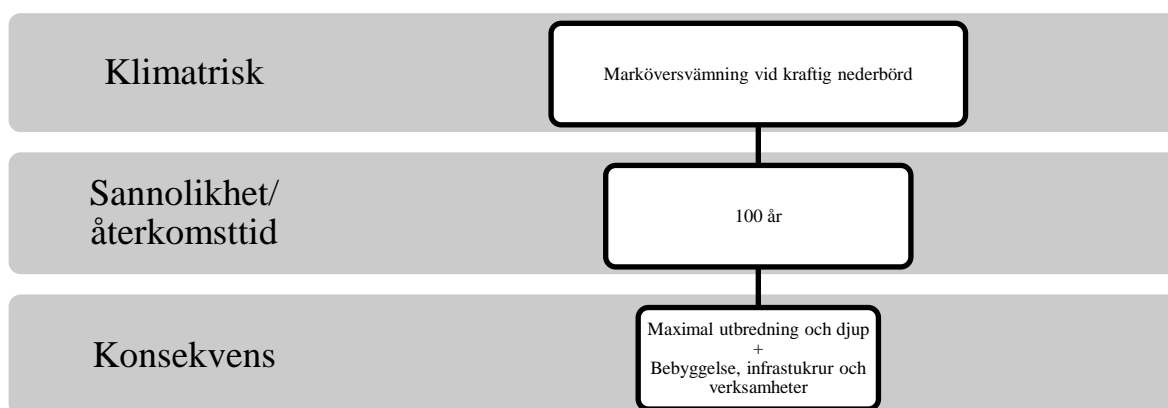
- (1) Förändring i antal drabbade fastigheter vid olika regndjup, detta med hjälp av karteringsresultat från Scalgo Live. Analysen syftar till att identifiera om det finns något tröskelvärde på regnvolym där risken för konsekvens ökar markant, alternativt det omvända när förändring i konsekvens är liten.
- (2) Skillnad i antal drabbade fastigheter mellan karteringsmetoderna, detta med hjälp av karteringsresultat från markavrinningsmodell respektive lågpunktkartering i Scalgo Live. Analysen syftar till att identifiera hur väl konsekvensen överensstämmer mellan karteringsmetoderna och om Scalgo Live kan användas för beskrivning av konsekvenser vid skyfall.

2.2 Skyfallsplan

Syftet med en skyfallsplan är att tydliggöra riskerna av ett 100-årsregn men hänsyn till ett framtida klimat i slutet på seklet samt att beskriva principförslag för hantering av riskerna genom en principiell åtgärdsplan. Skyfallsplanen med dess riskanalys kan utgöra planeringsunderlag för att upptäcka sårbarheter, ta ställning till hur sårbarheterna ska hanteras samt planera för att förbättra verksamhetens beredskap i förebyggande syfte och att kunna hantera akuta konsekvenser vid ett skyfall idag. Målsättningen med åtgärdsplaneringen är att kommunen ska kunna omsätta resultaten från riskanalysen till ett konkret principförslag för typanläggningar där varianter att avleda, magasinera och styra vattnet inom skyfallsplansområdet presenteras. Principförslagen ska kunna fungera som underlag till vidare planering och projektering för anläggande.

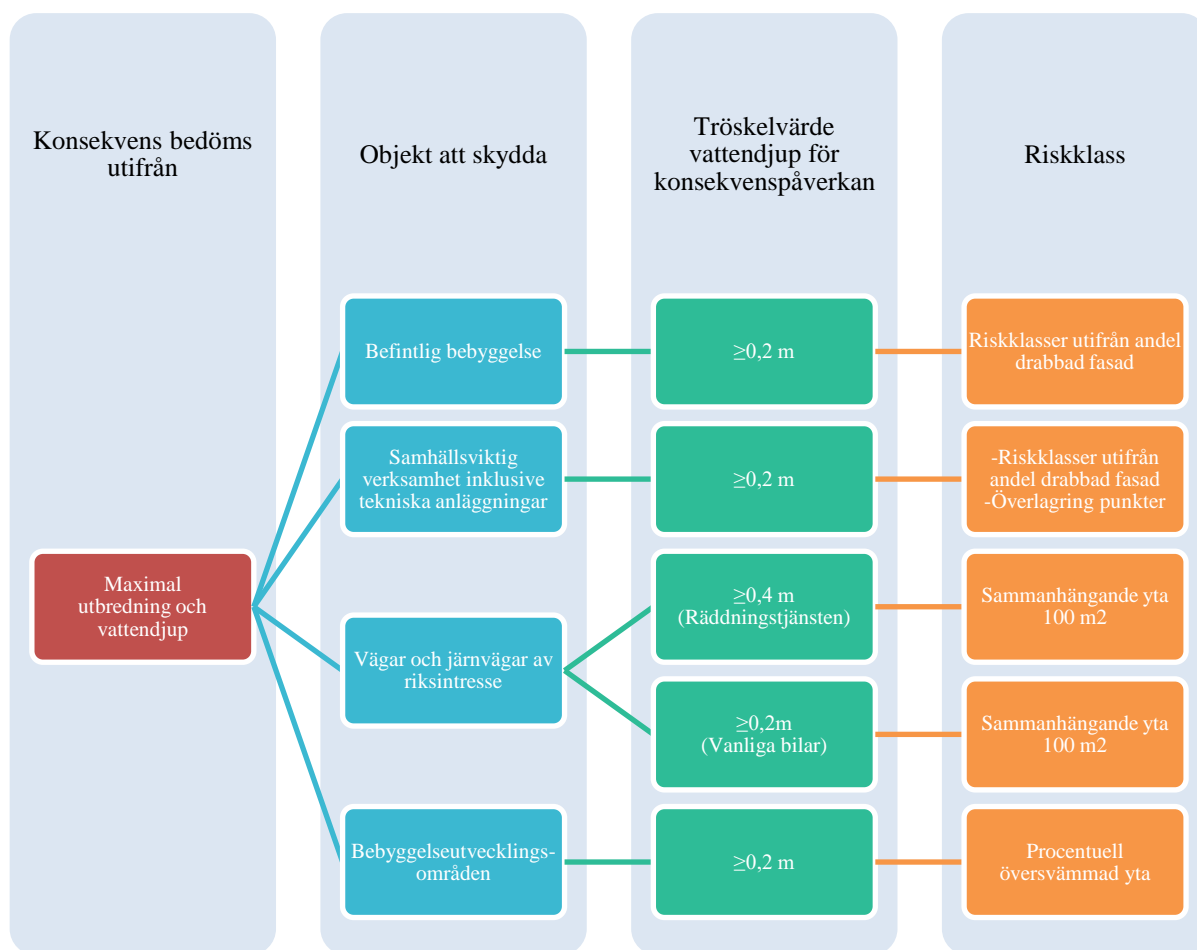
För förståelse av begreppet översvämningsrisk behöver metodiken bakom riskbedömningen förklaras. Risken för översvämnung består dels av en sannolikhet för att händelsen ska inträffa och dels av en konsekvens när händelsen inträffar. Sannolikheten för studerad händelse är ett 100-årsregn med klimatfaktor år 2100. Sannolikheten benämns ofta som en återkomsttid, i detta fall 100 år, där sannolikheten beräknas fram genom att dividera 1 med återkomsttiden (sannolikhet=1/återkomsttid). Sannolikheten för att ett 100-årsregn ska inträffa ett enskilt år är 1 %. Med förutsättning att skyfallet inte inträffar, kommer sannolikheten under en tidsperiod ackumuleras vilket innebär att den ökar med tiden. Under en 100-årsperiod är det 63 % sannolikhet att 100-årsregnet inträffar, d.v.s. mer troligt att det inträffar än att det inte inträffar.

Hur vattnet flödar och breder ut sig på marken vid studerad regnhändelse för 100-års återkomsttid har modellerats fram i en hydraulisk modell och resultatet presenteras för Borås Stad i kapitel 4. Resultaterande maximal utbredning och vattendjup som påvisas med hjälp av modellresultaten kombineras med platsspecifika förutsättningar av byggnader, infrastruktur samt verksamheter inom området som påverkas av översvämnung vid skyfall. Hur den samlade riskbedömningen av översvämnung genomförs beskrivs schematiskt i Figur 4.



Figur 4. Schematisk beskrivning av metodik för den samlade riskbedömningen av översvämnung.

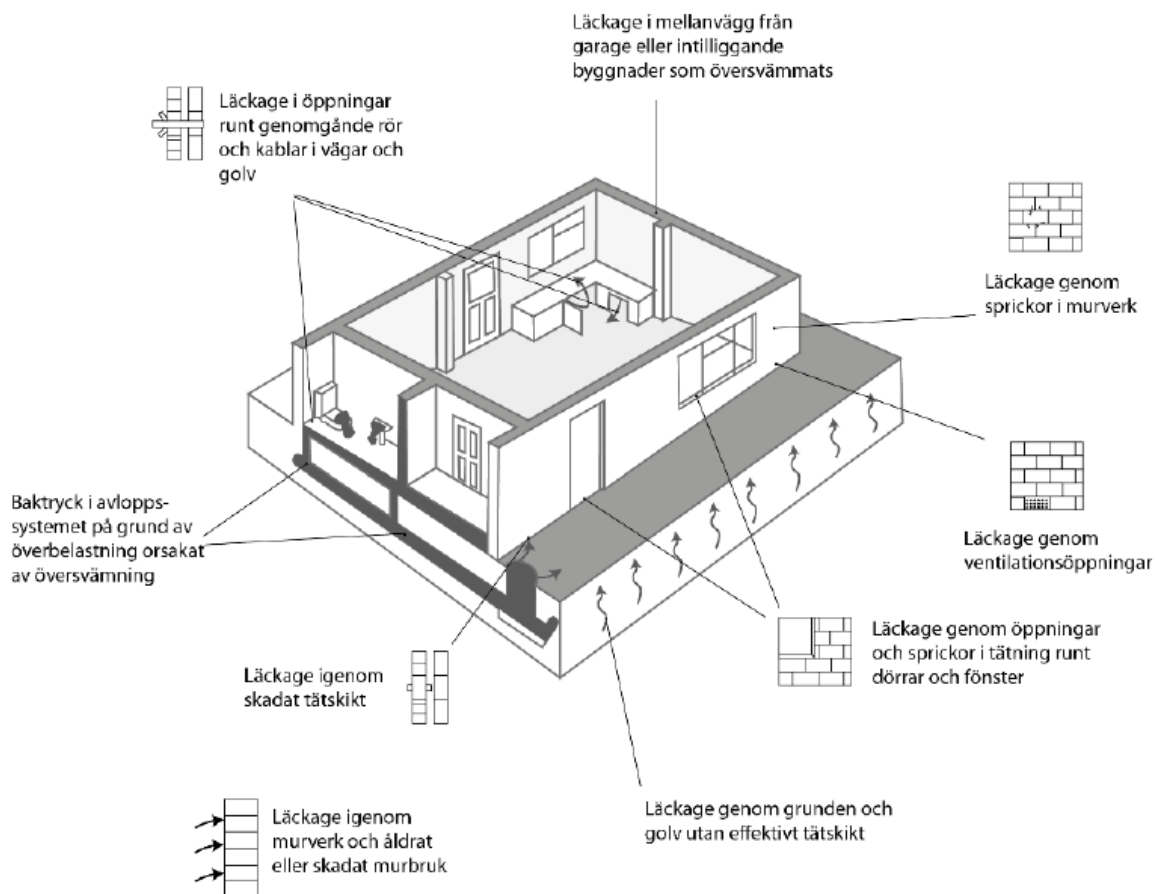
Vilka objekt respektive kriterier som ska gälla för att en översvämnung ska utgöra en konsekvens kan göras mycket detaljerad med en stor tidsåtgång (Göteborg Kretslopp och Vatten, 2021). Grundtanken i den metod som utvecklats i samband i skyfallsplanen är att kvantifiera konsekvenserna på ett snabbt och enkelt sätt för att kunna få en överblick över de delområden där konsekvenserna är som störst, vilket ger en inledande grund för prioritering. I metoden behöver tröskelvärden för konsekvenspåverkan ansättas tillsammans med objekt att utvärdera påverkan. Objekt som ingår i konsekvensanalysen är befintlig bebyggelse, samhällsviktiga verksamheter som inkluderar tekniska anläggningar för el och VA, vägar och järnvägar av riksintresse samt områden för bebyggelseutveckling. Vardera av objekten har ansatts med ett tröskelvärde för maximalt djup i konsekvenspåverkan. Konsekvensanalysen har genomförts med hjälp av en krokanalys i GIS. Vad tröskelvärdet är och vilka riskklasser som finns presenteras i Figur 5. Riskklasserna beskrivs mer ingående i kapitel 5.1.



Figur 5. Objekt och tröskelvärden för konsekvenspåverkan.

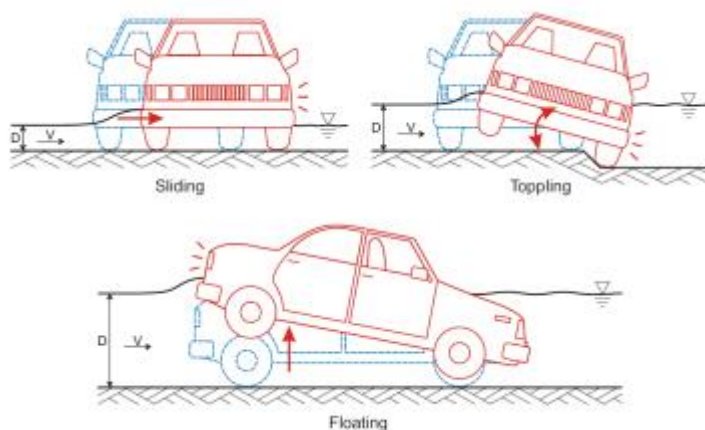
Viktigt för förståelse av översvämningsrisken är att den inte motsvarar en faktisk konsekvens i form av påverkan på människors hälsa eller ekonomisk verksamhet. Förutom huruvida området översvämmas blir det för människors hälsa en fråga om människor vistas i området, vilka typer av människor som vistas där, om det finns fungerande varningssystem och beredskap vid en översvämningshändelse, samt att det är en funktion mellan djup och flödes hastighet i det stående vattnet (COWI, 2016).

För bedömning av en faktisk skada i byggnader behöver dess inventarier och anordningar studeras tillsammans med öppningarnas konstruktion och fasadens täthet, detta likt illustration i Figur 6. En annan viktig parameter för att bedöma byggnadskonstruktionens sårbarhet mot stående vatten är hur länge vattnet blir stående, d.v.s. varaktigheten (NCC, 2020). Större vattendjup med långa varaktigheter kan orsaka direkta strukturella skador på byggnadskonstruktionen men också indirekta skador som bakteriell påväxt och mögel. Påväxten kan ske snabbt efter en översvämmning om konstruktionsmaterialet inte avfuktas/torkas.



Figur 6. Möjliga flödesvägar in i byggnaden (NCC, 2020).

För framkomlighet och personrisk är också vattnets strömningshastighet av betydelse (NCC, 2020). För både bilar och personrisk är det inte endast djupet av stående vatten som spelar roll utan det är en funktion av vattendjup och hastighet vilket illustreras i Figur 7.



Figur 7. Illustration av olika typer av översvämningseffekter för fordon (Shand, Smith, Cox, & Blacka, 2011).

I skyfallsplanen som presenteras i föreliggande rapport presenteras åtgärds-kategorier i form av skyfallsleder och skyfallsytor för hantering av skyfall samt hur placering och grov dimensionering kan genomföras. I tre typområden identifieras åtgärder för att minimera konsekvenserna. Inom områdena anvisas var åtgärder ska placeras initialt för att undvika att platser lämpliga för skyfallsåtgärder byggs bort. Underlaget ger möjlighet för staden att kunna planera investeringar och åtgärder som ökar Borås Stads robusthet mot extrema skyfall.

3 Lathund för nettoregnbelastning

Aktuellt kapitel beskriver bakgrund till regnbelastningar vid olika återkomsttider och tabeller på brutto- och nettoregnbelastning för iterering av regnbelastning till kommunens kommersiella lågpunktkartering i Scalgo Live.

3.1 Återkomsttid

Ett begrepp som ofta används vid extremvärdesanalyser är återkomsttid, vilket betecknar den genomsnittliga tiden mellan två händelser av samma omfattning. Återkomsttiden uttrycker sannolikheten att ett visst värde, exempelvis största nederbördsvolym, i genomsnitt uppnås under perioden. Om återkomsttiden exempelvis är 100 år för värdet 45 mm betyder det att under lång tid, säg 10 000 år, överstiger nederbördsvolymen 45 mm 100 gånger, alltså vart hundra år. Värdet kallas återkomstvärdet. Sannolikheten att nederbördsvolymen överstiger återkomstvärdet ett visst år är $1/100$, d.v.s. 1 %.

Begreppet återkomsttid ger dock en falsk känsla av säkerhet, eftersom det anger sannolikheten för ett enskilt år och inte den sammanlagda sannolikheten för en period av flera år. Under en period av år samlas sannolikheten. Tabell 1 visar den sammanlagda sannolikheten för att en händelse med en viss återkomsttid skall överskridas under en längre tidsperiod. En händelse med återkomsttiden 100 år har exempelvis 40 % sannolikhet att inträffa under en 50-årsperiod och 63 % sannolikhet att inträffa under en 100-årsperiod. Att det är 63 % sannolikhet att en 100-årshändelse inträffar på en 100-årsperiod kan tolkas som att det är större sannolikhet att händelsen inträffar än att den inte inträffar.

Tabell 1. Sannolikhet för en viss händelse uttryckt i % under en period av år redovisas nedan.

Återkomsttid	Period av år (siffran som anges är i %)						
	1 år	10 år	50 år	100 år	200 år	500 år	1 000 år
20	5	40	92	99	100	100	100
100	1	10	40	63	87	99	100
1 000	0,1	1	5	10	18	39	63

En utförlig genomgång av återkomstsannolikhet ges i kapitel 4.6 i Blom m.fl. (Blom, 2005) *Sannolikhetsteori och statistikteori med tillämpningar* eller i kapitel 5 i Jogr eus (Jogr eus, 2009) *Matematisk statistik med tillämpningar*.

3.2 Framtidsscenario, RCP

Klimatets utveckling i framtiden beror på hur atmosfärens inneh ll av växthusgaser förändras. För att kunna studera framtidens klimat behövs antaganden om hur utsläppen av växthusgaser kommer att bli. Det finns flera möjliga utvecklingar och vilken av dem som slår in beror på människans förmåga att begränsa utsläppen. FN:s klimatpanel IPCC presenterade i sin femte sammanställning om kunskapsläget gällande framtida klimat (AR5 2013) nya antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser: RCP-scenarier (Representative Concentration Pathways) (SMHI, 2021d). RCP-scenarierna beskriver resultatet av utsläppen, den så kallade strålningsbalansen i atmosfären, fram till  r 2100.

I IPCC senaste rapport som släpptes i augusti 2021, AR6, har nya klimatscenarier tagits fram: SSP-scenarier (Shared Socioeconomic Pathways) (SMHI, 2022). Scenarierna beskriver olika utvecklingsvägar inom de tekniska och ekonomiska områdena, inklusive drivkrafter som exempelvis demografi, utbildning, livsstil och tillgång till resurser. Utveckling av teknik och ekonomi beskrivs av fem SSP-spår (SSP1, SSP2, SSP3, SSP4 och SSP5). SSP-spår kombineras med RCP-scenarier för

utsläpp av växthusgaser och markanvändning, som blir den avslutande siffran i scenariot. De nya klimatscenerierna och den väntade påverkan på nederbördshändelser har ännu inte bearbetats för Sverige av SMHI, varför RCP-scenarier här används för beskrivning av framtida klimat. Borås Stad har inget politiskt beslut om vilket klimatscenario som ska användas för beskrivning av framtida klimat men det uppges att man följer riktlinjer från flera myndigheter som använder RCP8,5¹. I Tabell 2 beskrivs vilka antaganden som ligger till grund för sceneriet.

Tabell 2. Antaganden som ligger till grund för scenario RCP8,5.

RCP8,5
<ul style="list-style-type: none">• Koldioxidutsläppen är tre gånger dagens vid år 2100 och metanutsläppen ökar kraftigt• Jordens befolkning ökar till 12 miljarder vilket leder till ökade anspråk på betes- och odlingsmark för jordbruksproduktion• Teknikutvecklingen mot ökad energieffektivitet fortsätter, men långsamt• Stort beroende av fossila bränslen• Hög energiintensitet• Ingen tillkommande klimatpolitik

3.3 Bruttoregnbelastning

I regeringsuppdraget *Extremregn i nuvarande och framtida klimat – Analyser av observationer och framtidsscenarier* har extrem korttidsnederbörd analyserats utifrån SMHI:s nät av automatiska meteorologiska stationer mellan åren 1996 och fram till och med september 2017 (SMHI, 2017). Analyserna utmynnade i en ny uppdelning av Sverige i fyra regioner; Sydvästra, Sydöstra, Mellersta och Norra Sverige. I respektive region sammanfogades observationerna från alla stationer till en lång tidsserie (SMHI, 2017). De statistiska analyserna resulterade i historiska regionala nederbördsdata för varaktigheter upp till 12 timmar. Borås Stad återfinns i regionen Sydvästra Sverige och har regional statistik enligt Tabell 3. För att uppfylla SMHI:s definition för skyfall, med en intensitet på minst 50 mm under en timma, medför det i Borås en återkomsttid på regnet runt 100 år i dagens klimat (se varaktigheten 1 timma i Tabell 3).

¹ Startmöte med kommunens projektgrupp 2021-06-03

Tabell 3 Volym regn (mm) för korttidsnederbörd i Sydvästra Sverige för referensperioden 1996 till september 2017 (SMHI, 2017). Värdet som anges i tabellen är medianvärdet med ett osäkerhetsintervall motsvarande 95 % konfidensgrad.

SV	15 min	30 min	45 min	1 tim	3 tim	6 tim	12 tim
2 år	11.3 ±0.3	13.1 ±0.4	14.6 ±0.4	16.0 ±0.4	23.0 ±0.6	28.6 ±0.8	36.3 ±1.0
5 år	14.8 ±0.6	16.9 ±0.7	18.6 ±0.8	20.4 ±0.9	28.8 ±1.2	35.3 ±1.5	44.2 ±1.9
10 år	18.0 ±1.1	20.5 ±1.2	22.5 ±1.3	24.5 ±1.4	34.1 ±2.0	41.4 ±2.4	51.5 ±3.0
20 år	22.0 ±1.8	24.8 ±2.0	27.1 ±2.2	29.4 ±2.4	40.4 ±3.3	48.7 ±4.0	60.0 ±4.9
50 år	28.7 ±3.6	32.0 ±4.0	34.7 ±4.4	37.5 ±4.7	50.7 ±6.4	60.5 ±7.6	73.7 ±9.3
100 år	35.1 ±6.1	38.8 ±6.8	41.9 ±7.3	45.2 ±7.9	60.2 ±10.5	71.3 ±12.4	86.3 ±15.0

Hur nederbördsvolymen förväntas förändras i ett framtida klimat beror på framtidsscenario samt återkomsttid och varaktighet på regnet. Framtidsscenario som varit styrande för aktuell analys är RCP8,5. Det ska noteras att de klimatmodeller som utvärderats för att säga något om den procentuella skillnaden mellan historiskt och framtida klimat har olika referensperioder (1996 till 2017 för historiskt klimat och 1971–2000 för framtida klimat). Man skulle kunna tänka sig någon korrigering för att en del förändring redan skett mellan perioderna, men den är svår att kvantifiera och troligen liten, detta framförallt i jämförelse med de större förändringar som förväntas längre fram i tiden.

I SMHI:s webbaserade verktygstjänst Hypewebapp² går det att erhålla information om hur nederbördsbelastning förväntas påverkas i ett framtida klimat. I Tabell 4 beskrivs medianvärde för regnbelastning vid 10-, 20-, 50-, 100- och 200-års återkomsttid för varaktigheterna 30 minuter, 1 timma och 6 timmar i historiskt och framtida klimat år 2100 med RCP8,5. De beräknade nivåerna ska ses som approximationer giltiga för en godtycklig punkt inom valt område och i tabellen beskrivs inte osäkerhetsintervallet motsvarande 95 % konfidensgrad. Den genomsnittliga ökningen i nederbörd från historiskt klimat till år 2100 med RCP8,5 är 40 %.

Tabell 4. Regnbelastning (mm) i historiskt och framtida klimat år 2100 med RCP8,5.

	Idag (historiskt)			Framtid år 2100 RCP8,5		
	30 min	1 tim	6 tim	30 min	1 tim	6 tim
10 år	20.5	24.5	41.4	28.6	34.3	58.0
20 år	24.8	29.4	48.7	34.7	41.2	68.2
50 år	32	37.5	60.5	44.7	52.5	84.6
100 år	38.8	45.2	71.3	54.3	63.2	99.8
200 år	47.1	54.4	84.3	65.9	76.2	118.0

² <http://hypewebapp.smhi.se/idf/>

Visualiserat i Tabell 4 är att en nederbördsvolym kan kopplas till flera återkomsttider, dock med olika varaktigheter på regnet. Som exempel kan regnvolymen vid ett 100-årsregn med 1 timmas varaktighet i dagens klimat också falla med kortare återkomsttid, detta på ett ungefär vid ett 20-årsregn med ca 6 timmars varaktighet.

3.4 Nettoregnbelastning

Hur nederbördsvolymen bidrar till avrinning beror på markens egenskaper (råhet och infiltration) samt ledningsnätets kapacitet. Ledningsnätets kapacitet kan vara dimensionerat för olika återkomsttider i staden och är också i en ständig dynamik av hur fullt ledningssystemet är samt utloppsnivåer (fritt eller dämt). För att ändå kunna få en uppskattning av ledningssystemens inverkan på avrinningen i Scalgo Live kan en nettoregnbelastning beräknas fram som bruttoregnbelastning subtraherat med en volym som kan hanteras i ledningsnätet. Vid kortare återkomsttider har avrinningen i ledningssystemet en större inverkan än vid längre återkomsttider då mestadels av avrinningen sker på markytan. Till detta påverkas kapaciteten i systemet av hur länge det regnar och hur fullt ledningssystemet är.

I arbetet med att ta fram en nettoregntabell, där hänsyn till ledningsnätets kapacitet beskrivs tillsammans med bruttoregnbelastningen vid olika återkomsttider och varaktigheter, har ett konservativt antagande gjorts gällande ledningsnätets kapacitet. Istället för att anta att ledningssystemet är dimensionerat efter en viss kapacitet per timma, detta utefter en återkomsttid och varaktighet som exempelvis 2-års återkomsttid och 1 timma (motsvarande 16 mm/h) antas ledningsnätet vara dimensionerat efter en viss återkomsttid med samma varaktighet som regnbelastningen har. I fallet för de korta återkomsttiderna på regnet kan ledningsnätets kapacitet bli underskattad med aktuellt antagande men för de längre återkomsttiderna representerar det ett scenario som borde likna verkligheten där majoriteten av avrinningen sker på markytan. I Tabell 5 presenteras nederbördsvolymerna som kan hanteras i ledningsnätet, detta utifrån belastning vid olika varaktigheter. Resulterande nettoregnbelastningar vid olika varaktigheter presenteras i Bilaga 2.

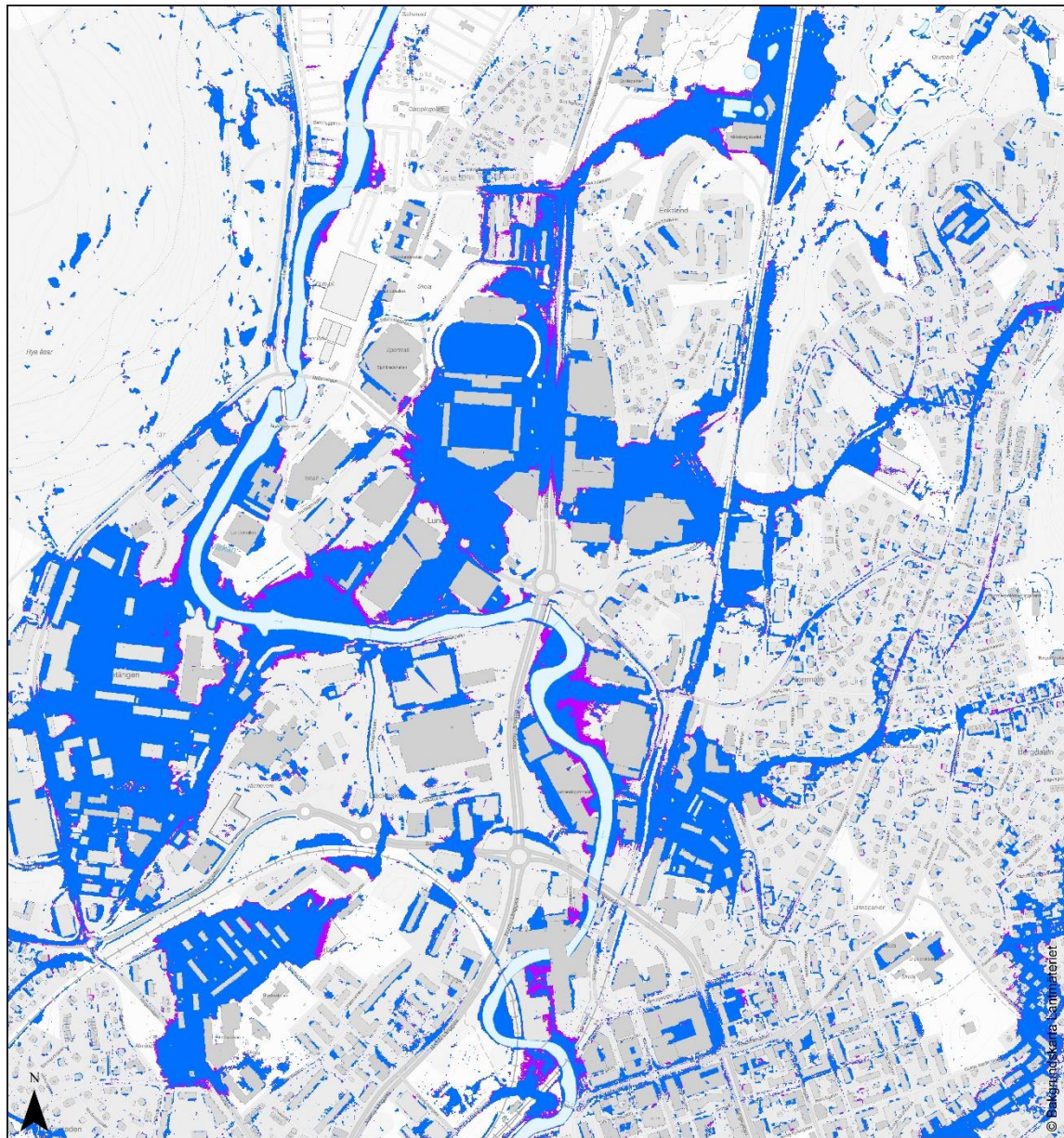
Tabell 5. Nederbördsvolymerna som kan hanteras i ledningsnätet, detta utifrån belastning vid olika varaktigheter.

	Ledningsnät		
	30 min	1 tim	6 tim
2 år	13.1	16	28.6
5 år	16.9	20.4	35.3
10 år	20.5	24.5	41.4

4 Skyfallskartering

I Figur 8 redovisas översvämningsutbredningen vid modellerade 100- och 200-årsregn i framtida klimat enligt RCP8,5, med nederbördsvolymen enligt Tabell 4, för en del av Borås tätort. Resultaten visar den maximala utbredningen för varaktigheten 6 timmar med vattendjup över 10 cm. Utbredningen i anslutning till vattendrag ska tolkas med försiktighet eftersom modellen inte innehåller information om vattendragen. Kartan visar inte en ögonblicksbild av ett visst tidssteg efter nederbördsstart, maximal översvämningsutbredning sker vid olika tidpunkter på olika platser. Redovisningen omfattar förutom kartor för översvämningsutbredning även kartor som visar maximalt vattendjup över 20 cm som utgör tröskelvärde för riskanalysen mer beskriven i kapitel 5.1. Kartor för maximalt vattendjup redovisas med samma urklipp av Borås tätort, detta i Figur 9 för 100-årsregnet och i Figur 10 för 200-årsregnet i slutet på seklet.

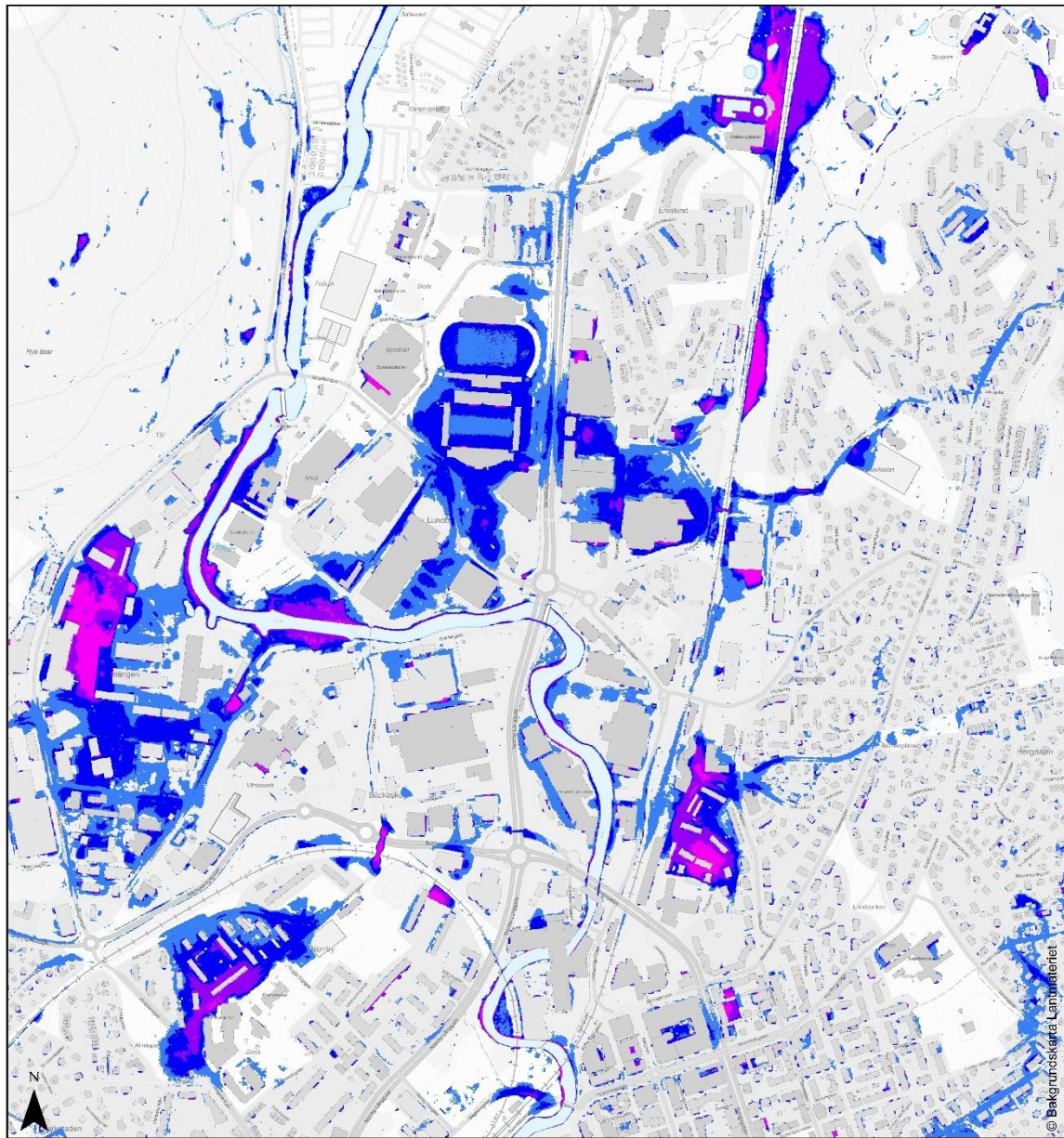
Resultat för samtliga karterade tätorter redovisas i Bilaga 3. Karteringsområdenas storlek medför att det passar bäst för digital visning i GIS-program och i leveransen till Borås stad ingår förutom denna rapport även leverans av GIS-filer för karterade scenarion. I Bilaga 4 redovisas en förteckning över levererade GIS-lager.








0 0.125 0.25 0.5
Kilometer

Teckenförklaring:		Skyfallskartering Borås tätort deltjärad
100 år, 6h, RCP8,5	Maximal utbredning	
200 år, 6h, RCP8,5		SMHI
		Koordinatsystem: SWEREF99 TM
		SMHI ref 2021/822/9.5

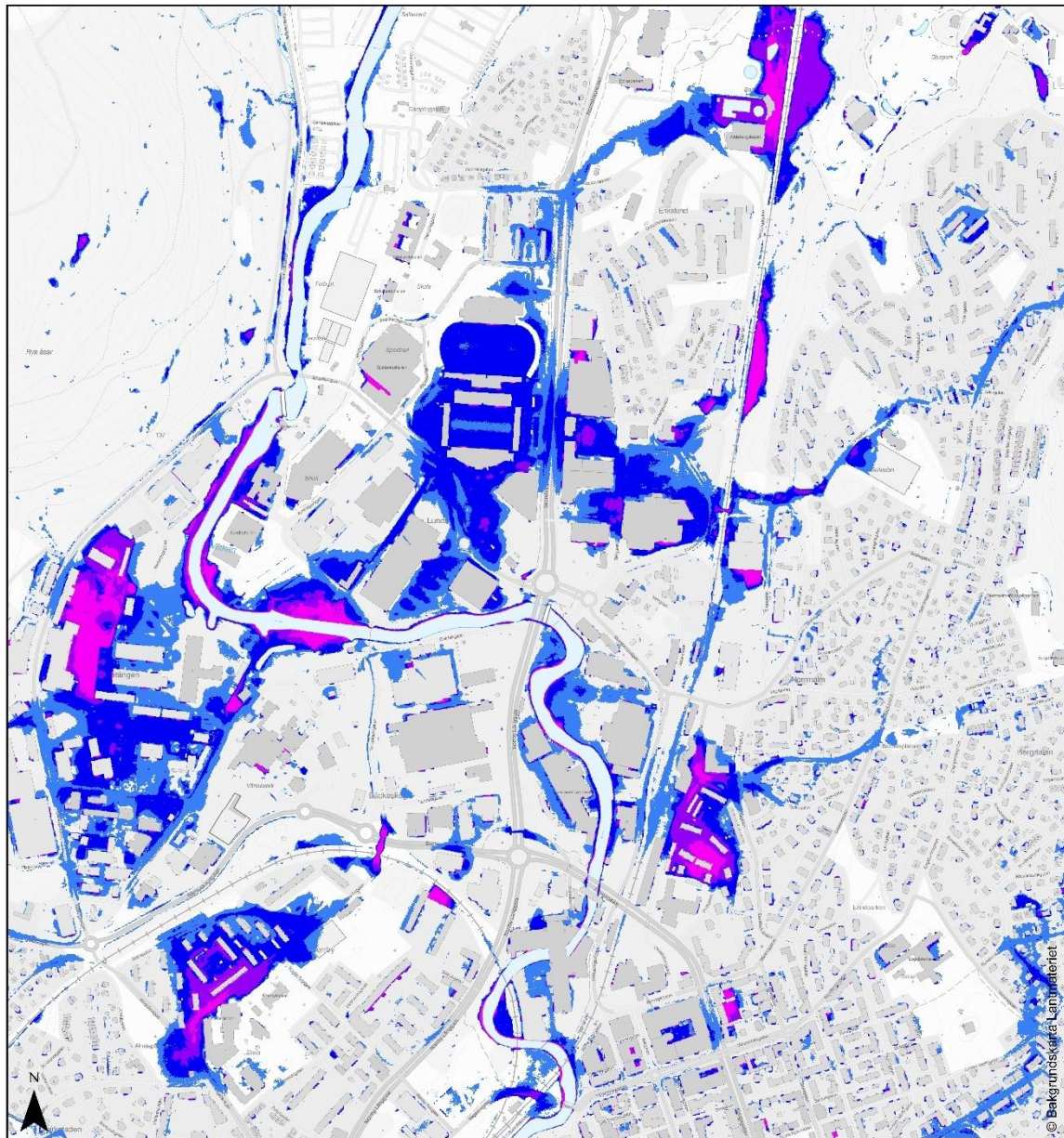
Figur 8. Områden som riskerar att översvämmas vid 100- och 200-årsregn i framtida klimat enligt scenario RCP8,5 för slutet av seklet. Resultaten visar den maximala utbredningen för varaktigheten 6 timmar för vattendjup över 10 cm. Kartan visar en utvald del av modellområdet. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.



0 0.125 0.25 0.5
Kilometer

Teckenförklaring: 100 år, 6h, RCP8,5		Skyfallskartering Borås tätort deltjärad	
Djup (m)		Maximalt djup 100 år	
	<0,2		
	0,2 - 0,5		
	0,5 - 1,0		
	1,0 - 1,5		
	>1,5		
Koordinatsystem: SWEREF99 TM		SMHI ref 2021/822/9.5	

Figur 9. Resultaten visar maximalt vattendjup för 100-årsregn i framtida klimat. Vattendjup under 20 cm visas inte i kartan som visar en utvald del av modellområdet i Borås tätort. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.



0 0.125 0.25 0.5
Kilometer

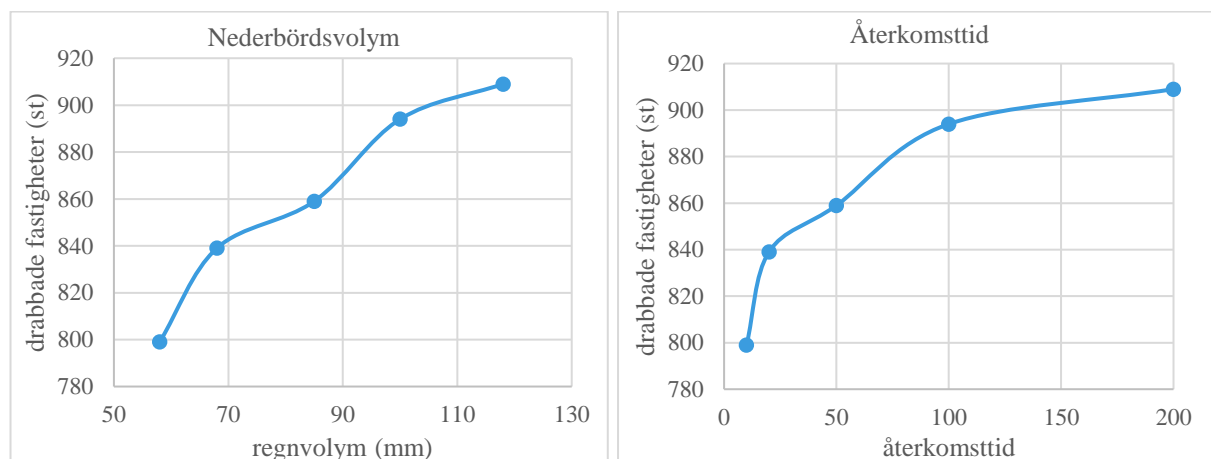
Teckenförklaring: 200 år, 6h, RCP8,5		Skyfallskartering Borås tätort deltätad	
Djup (m) <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> <0,2</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> 0,2 - 0,5</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> 0,5 - 1,0</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> 1,0 - 1,5</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> >1,5</div> </div>		Maximalt djup 200 år 	
		Koordinatsystem: SWEREF99 TM SMHI ref: 2021/822/9.5	

Figur 10. Resultaten visar maximalt vattendjup för 200-årsregn i framtida klimat. Vattendjup under 20 cm visas inte i kartan som visar en utvald del av modellområdet i Borås tätort. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.

4.1 Känslighetsanalys av drabbade fastigheter

I kapitel 2.1.2 beskrivs att det i uppdraget ingått en känslighetsanalys i Borås tätort; (1) förändring i antal drabbade fastigheter vid olika regndjup, detta med hjälp av karteringsresultat från Scalgo Live, samt (2) skillnad i antal drabbade fastigheter mellan karteringsmetoderna, detta med hjälp av karteringsresultat från markavrinningsmodell respektive lågpunktkartering i Scalgo Live.

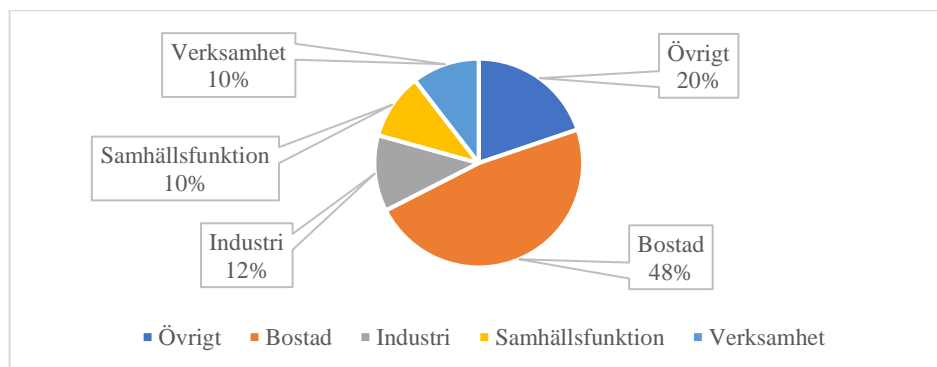
I Figur 11 presenteras drabbade fastigheter i Borås tätort utefter att ha exporterat utbredningslager från Scalgo Live, kommunens kommersiella licens för lågpunktkartering, för bruttoregnavolymer motsvarande framtida regnbelastning år 2100 vid 6 timmars varaktighet för återkomsttiderna 10, 20, 50, 100 och 200 år (se Tabell 4 i framtida klimat och 6 timmars varaktighet). Vald varaktighet motsvarar den som studerats i markavrinningsmodellen vars resultat redovisas i föregående kapitel och som ska utgöra grund för jämförelse om hur resultaten från lågpunktkarteringen och markavrinningsmodellen skiljer sig åt samt känsligheten i hur regnavolymen påverkar antalet drabbade fastigheter. Antalet drabbade fastigheter ska inte tolkas som absolut sanning då resultatet baseras på utbredningslager från en karteringsmetod som har begränsningar i att beskriva en utbredning för ett specifikt regn, detta mer beskrivet i kapitel 2.1.1. Resultatet ger dock en indikation på om det finns tröskelvärden i regnavolymen där risken för skada ökar markant. Vad som går att utläsa från Figur 11 är att ca 800 fastigheter redan drabbas vid 58 mm regn, vilket för 6 timmars varaktighet i slutet på seklet motsvarar ett 10-årsregn. Ökningen i antalet drabbade fastigheter per mm nederbörd är <math><1</math> fastighet/mm.



Figur 11. Drabbade fastigheter i Borås tätort vid olika bruttoregnavolym (vänster) som kan relateras till en återkomsttid år 2100 RCP8,5 med 6 timmars varaktighet på regnet (höger). Hur regnavolymen kan relateras till en återkomsttid beskrivs i kapitel 3.4.

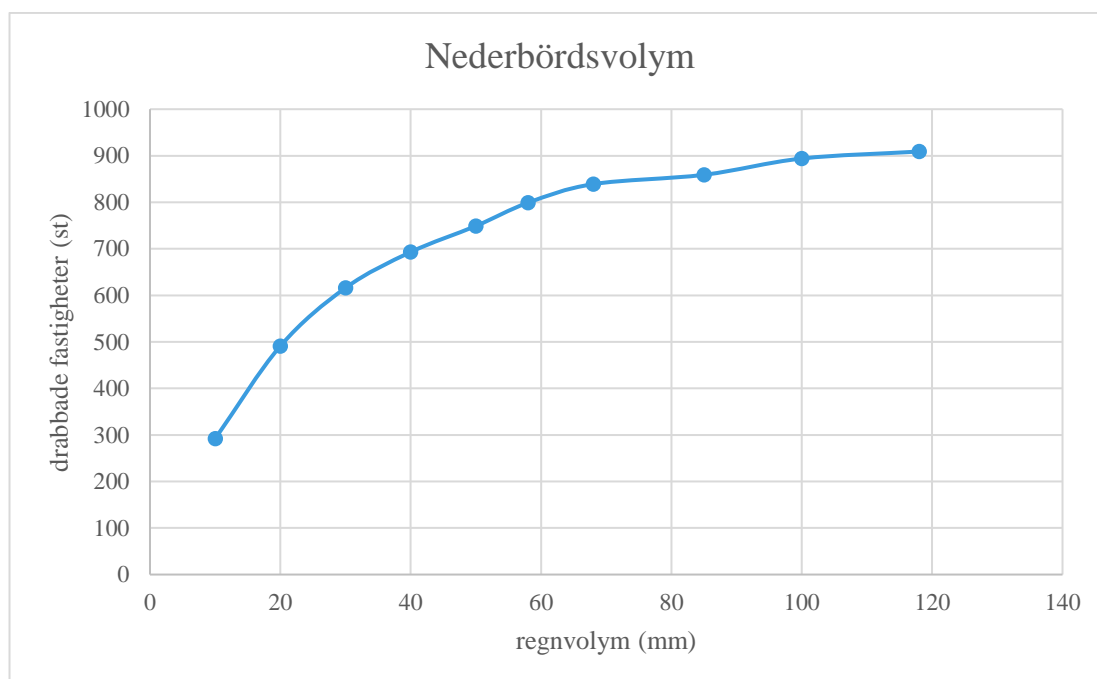
I utbredningslager från Scalgo Live inkluderades endast lågpunkter med ett djup större än 0,2 m, detta antaget ett minsta djup för att medföra skada på bebyggelse. I GIS-analys för överlagring mellan fastigheter och översvänningsutbredning vid de olika återkomsttiderna buffrades fastigheterna med 35 cm. Det innebär att om fastigheterna återfinns med ett avstånd inom 35 cm från en lågpunkt, med djupet större än 0,2 m, så utgör det en drabbad fastighet. Anledningen till att fastigheterna buffrades är för att det i analysen av lågpunkter och rinnvägar nyttjas en terrängmodell där byggnader höjts upp för att det i resultaten inte ska se ut som att vatten rinner över byggnad alternativt har stående vatten på byggnad.

Vilken typ av byggnad som drabbas fördelar sig lika över de olika regnavolymerna. Verksamheter och samhällsfunktioner tillsammans utgör ca 20 % (fördelat lika mellan de två) och industri ca 12–13 % av de drabbade fastigheterna. Resterande byggnader som drabbas utgör bostäder och övrig bebyggelse. Fördelningen mellan drabbade byggnader visas i Figur 12 för regnbelastningen 100 mm.



Figur 12. Fördelning mellan drabbade fastigheter vid regnbelastning 100 mm, detta motsvarande 100-års återkomsttid år 2100 med RCP8,5 och varaktighet 6 timmar

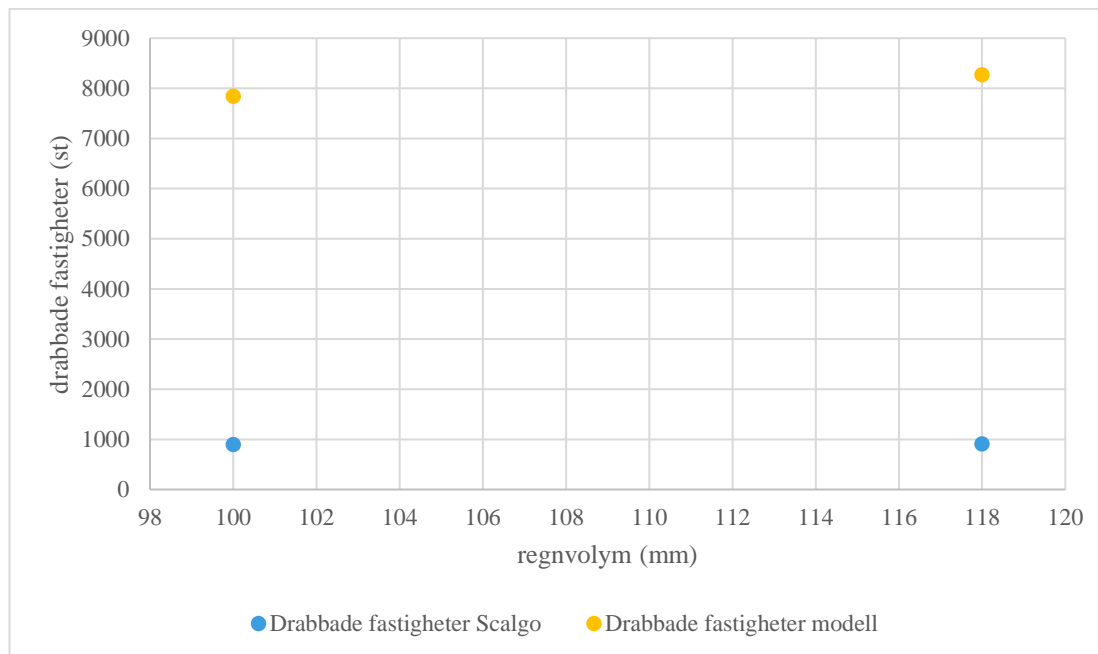
För indikation på hur många fastigheter som drabbas vid lägre regnvolymer har konsekvensen analyserats för utbredningslager ner till 10 mm nederbörd, vilket beskrivs i Figur 13. Den största ökningen av antalet drabbade fastigheter erhålls mellan 10–30 mm. Efter 70 mm avtar ökningen i antalet drabbade fastigheter där det mellan 68–118 mm regnbelastning är mindre än 100 fastigheter som skiljer i konsekvens. Resultaten i Figur 13 antyder på att en klimatanpassningsstrategi där staden skyddas mot något lägre regnvolymer (exempelvis 70 mm) skulle medföra en något lägre riskreducering i jämförelse mot en större regnvolymer (exempelvis 100 eller 118 mm). Frågan som kan ställas är vad klimatanpassningsstrategierna kostar med hänsyn till nyttan av åtgärderna, d.v.s. i ett samhällsekonomiskt perspektiv. Bör det i fortsättningen föras diskussioner om rimlig skyddsnivå utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv?



Figur 13. Drabbade fastigheter vid regnbelastningar från 10 till 118 mm med utbredningslager från Scalgo Live.

Hur väl Scalgo Live, vars karteringsmetod utgör en typ av lågpunktkartering, representerar konsekvenserna vid ett skyfall inom Borås tätort beskrivs med hjälp av diagrammet i Figur 14. I detta diagram har antalet drabbade fastigheter inom tätorten kompletterats med antalet drabbade fastigheter vid analys av utbredningslager från markavrinningsmodellen. Analysen visar på att antalet drabbade fastigheter vid analys av markavrinningsmodellens utbredningslager är uppemot ca åtta gånger mer omfattande jämfört med analys av utbredningslager från Scalgo Live. I litteratur beskrivs det att lågpunktkarteringar inte rekommenderas för beskrivning av konsekvensen vid ett skyfall (MSB, 2017). I Borås tätort visar analysen på detsamma och vikten av en dynamisk hydraulisk modell för att beskriva

konsekvensen vid ett skyfall. För att kunna dra slutsatser om vilken återkomsttid som utgör störst samhällsnytta att anpassa staden mot erfordras därmed modelleringsresultat för även kortare återkomsttider. Vid simulering av kortare återkomsttider blir ledningssystemets kapacitet viktig att representera på rätt sätt i den hydrauliska modellen varför det rekommenderas att en sammankopplad modell mellan markavrinning, ledningsnät och vattendrag i sådant fall tas fram.



Figur 14. Drabbade fastigheter i Borås tätort, dels med resultat utifrån karteringsmetod i Scalgo Live och dels från markavrinningsmodell genomförd inom ramen för projektet.

Göteborgs Stad har utrett känsligheten i hur andelen drabbade fastigheter skiljer sig mellan olika återkomsttider på regnet. I Göteborg används ett multi-kriterieverktyg benämnt FloodMan som beslutsstöd för val och utformning av klimatanpassningsåtgärder (Sweco, 2020). I verktyget finns bl.a. en samhällsekonomisk analys av klimatanpassningsåtgärder. Som grund för skadestodskostnaden i den samhällsekonomiska analysen är hydromodell för Göteborgsområdet, där framtida vattennivåer till följd av stigande havsnivåer, ökande nederbörd och ökande flöden i vattendrag simuleras med olika typer av översvämningssmodeller. Enligt de hydrauliska modelleringarna och skadestodskostnadsberäkningarna är en 100-årshändelse i medeltal ca 3,55 gånger så allvarlig som en 10-årshändelse. Detta är baserat på beräkning av denna kvot för samtliga områden som har modellerats för både 10- och 100-årshändelser inom delområdena i Mellanstaden (9 av 15 strukturplaneområden i Göteborg). Om jämförelse istället görs mot en 50-årshändelse är skadestodskostnaden för 100-årshändelsen ca 1,3 gånger så allvarlig.

I rapporten *Underlag till samhällsekonomiska beräkningar för skyfallsåtgärder med verktyget FloodMan* (Sweco, 2021) har känsligheten i andelen drabbade källaröversvämningar studerats. Arbetet baseras på FloodMan där det skapats en skadestodskostnadskurva för källaröversvämningar. I skadestodskostnadskurvan ökar risken kraftigt upp till ca 50-årshändelser för att sedan flacka ut i områden med stor andel kombinerade ledningssystem. Därför är det i dessa områden framförallt händelser upp till ca 50 års återkomsttid som bidrar med en stor del av riskkostnaden. I detta fall handlade det om kostnaden för källaröversvämningar men även risken för marköversvämningar som stycket ovan hanterar visar på att diskussioner gällande förändring i risk versus kostnaden för anpassningen kan vara värdefull att utföra.

5 Skyfallsplan

I föreliggande kapitel beskrivs konsekvensen av ett 100-årsregn men hänsyn till framtida klimat i slutet på seklet, den s.k. risken, vilka objekt som är extra sårbara vid skyfall samt hur skyfallsvattnet kan hanteras i staden och därmed minska risken för skada. I kapitel 5.1 presenteras hur konsekvensen vid skyfall utvärderats med exempelutklipp på resultaten. Förslag på åtgärds-kategorier i form av skyfallsyta, skyfallsled och styrning för hantering av skyfallsvatten med information om hur de principiellt kan anläggas inom ett avrinningsområde redovisas i kapitel 5.2. I Bilaga 5 presenteras ett metodstöd för åtgärdsplanering i skyfallsplanen, detta med föreslaget tillvägagångssätt och beskrivning av ett antal anläggningar inom åtgärds-kategorierna skyfallsled och skyfallsyta. Bilagan ska fungera som hjälpmedel i fortsatt arbete med att hitta lösningar i prioriterade områden för åtgärdsplanering. Inom tre typområden föreslås åtgärds-kedjor vilket presenteras i kapitel 5.3. Typområdena ska fungera som stöd i applicering av tillvägagångssätt för åtgärdsplanering som presenteras i Bilaga 5 samt visualisera vilka resultat åtgärdsplaneringen kan mynna ut i. Skyfallsplanen avslutas med kapitel 5.4 där viktiga ställningstaganden för att översvämningssäkra ny bebyggelse vid händelse av skyfall samt hur ny bebyggelse inte ska förvärra konsekvensen för nedströms liggande områden.

5.1 Riskanalys för identifiering av påverkan vid skyfall

I kapitel 2.2 beskrivs bakgrunden till en riskbedömning samt vilka kriterier som utgjort grund för riskanalysen i skyfallsplanen. I kapitel 5.1.1-5.1.5 presenteras vilka resultat som tagits fram för respektive objekt som ingått i riskanalysen samt exempelutklipp på resultaten. I Bilaga 4 redovisas en förteckning över levererade GIS-lager för riskanalysen.

Hur identifierade risker ska prioriteras i Borås Stad är ett fortsatt arbete för staden att genomföra. I Malmö Stad har skyfallsprojekten för framtagande av handlingsplan för åtgärdsplanering prioriterats enligt nedanstående prioriteringsordning (Malmö Stad, 2017);

1. Risk för liv och samhällsviktig verksamhet
2. Bostadsområden endast risk för materiell skada
 - a. Tät bebyggelse/flerfamiljshus
 - b. Småhusbebyggelse
3. Verksamhetsområden

I Göteborg Stad har anläggningsförslag tagits fram inom 15 strukturplaneområden i staden (Göteborg Kretslopp och Vatten, 2021). Anläggningsförslagen har delats in i en prioriteringsordning från A-C beroende på vilken verksamhet, bebyggelse eller infrastruktur som åtgärds-kedjan syftar till att skydda. Indelningen är gjord utifrån MSB handlingsplan *Kartläggning av skyfalls påverkan på samhällsviktig verksamhet – Framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå*. Då anläggningarna har ett beroende mellan varandra i en sammanhängande åtgärds-kedja styrs prioriteringen av nedströms anläggningar av högsta prioritet uppströms i kedjan.

Prioritet A Anläggning eller åtgärds-kedja som syftar till att skydda bebyggelse med verksamhetstyperna *Hälso- och sjukvård samt omsorg* samt *Skydd och säkerhet*.





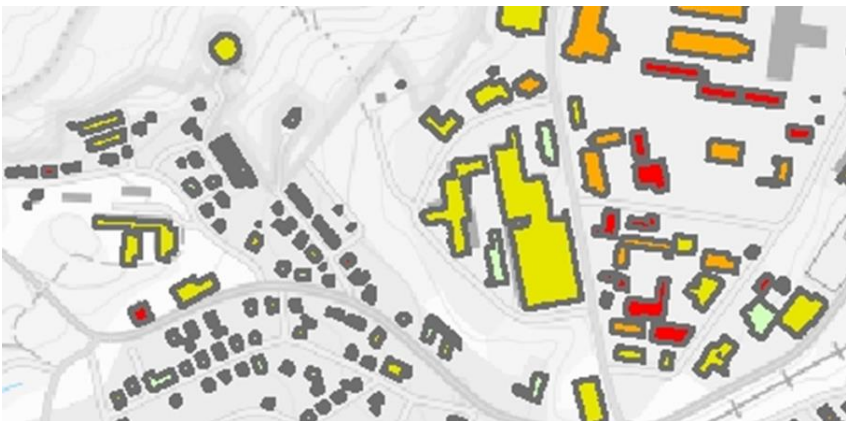
Prioritet B Anläggning eller åtgärds-kedja som syftar till att skydda bebyggelse med verksamhetstyperna *Skola, Samhällsledning* samt *Kommunikation* eller *klass 1 vägar* (större statliga och högprioriterade vägar).

Prioritet C Övriga anläggningar eller åtgärds-kedjor.

5.1.1 Drabbad befintlig bebyggelse

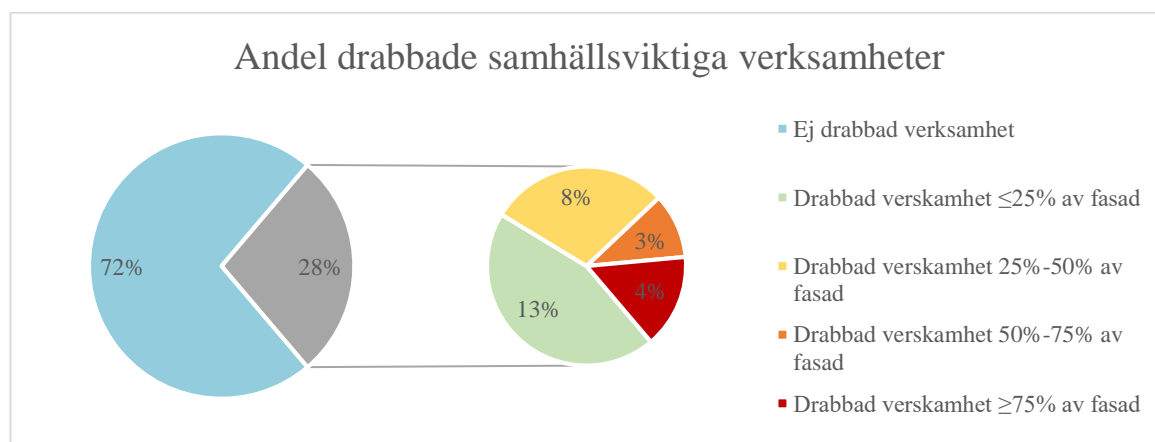
Konsekvensen för befintlig bebyggelse har utvärderats med hjälp av andel drabbad fasad, d.v.s. andelen av fasaden som står i kontakt med vattenansamlingar där djupet är lika med eller överstiger 0,2 m. Fyra olika riskklasser har skapats för analysen vilka presenteras i Tabell 6 tillsammans med ett exempelutklipp på hur resultaten visualiseras.

Tabell 6. Riskklasser för andel drabbad fasad och exempel på visualisering av resultatet i karta.

Klass	Procentuell andel drabbad fasad	Teckenförklaring
1	<25 %	 <25%
2	25–50 %	 25% - 50%
3	50–75 %	 50% - 75%
4	>75 %	 >75%
Exempel		

5.1.2 Drabbad samhällsviktig verksamhet

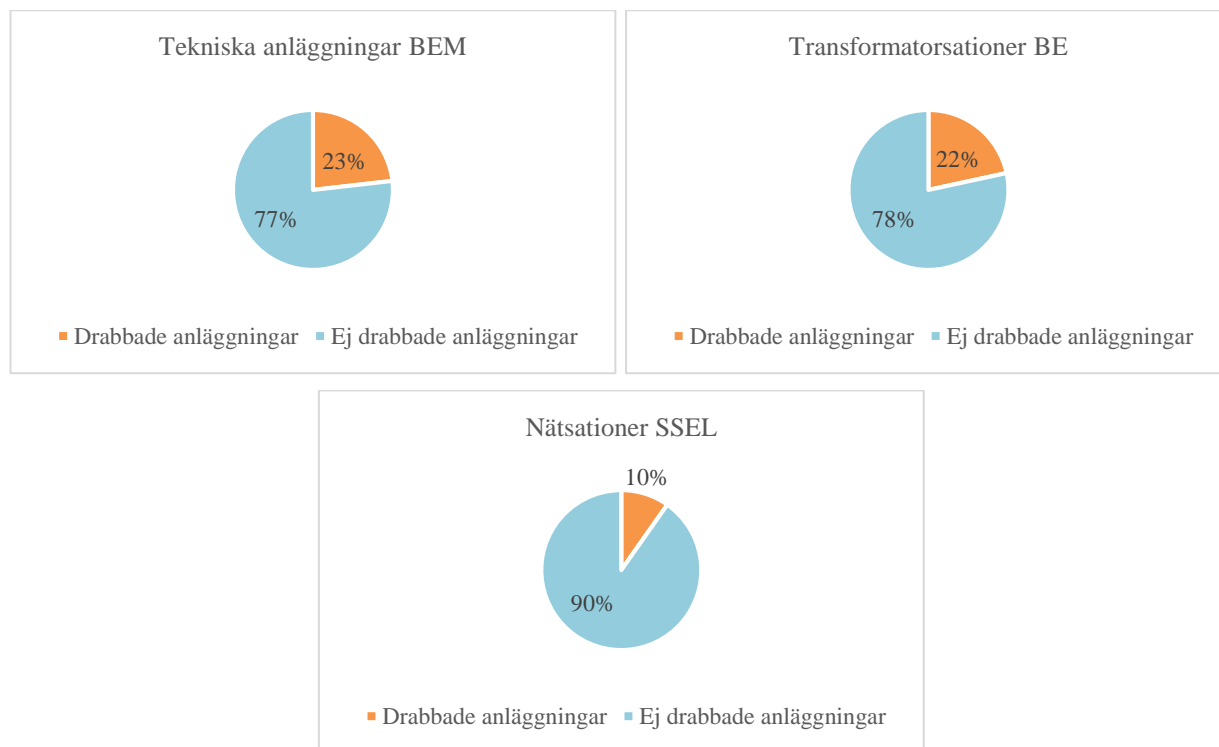
Konsekvensen för samhällsviktiga verksamheter har också utvärderats som andel drabbad fasad där fastigheter som utgör samhällsviktig verksamhet har extraherats som eget lager från resultat som visar drabbad befintlig bebyggelse inom studerade orter. Fyra olika riskklasser finns därför i resultat för drabbad samhällsviktig verksamhet, detta i enlighet med Tabell 6. I Figur 15 beskrivs andelen drabbade samhällsviktiga verksamheter och hur dessa fördelar sig inom de fyra riskklasserna.



Figur 15. Andel drabbade samhällsviktiga verksamheter. För de verksamheter som är drabbade anges andelen som har ≤25 % av fasaden drabbad, 25–50 % av fasaden drabbad, 50–75 % av fasaden drabbad, samt ≥75 % av fasaden drabbad.

5.1.3 Drabbad teknisk anläggning

Konsekvensen för tekniska anläggningar tillhörande Borås Elnät (BE), Borås Energi och Miljö (BEM) respektive Sandhult-Sandared Elektriska (SSEL) har utvärderats genom att identifiera anläggningar som återfinns i eller omges av stående vatten där djupet är lika med eller överstiger 0,2 m. Anläggningarna utgör avkodade punkter där de drabbade anläggningarna antingen återfinns i en vattenansamling eller på en byggnad som omges av stående vatten. I Figur 16 beskrivs andelen drabbade tekniska anläggningar uppdelat efter respektive huvudman.








Figur 16. Andel drabbade anläggningar uppdelat efter respektive huvudman.

5.1.4 Drabbad väg och järnväg av riksintresse

Konsekvensen för vägar och järnvägar av riksintresse har utvärderats med två tröskelvärden för vattenansamlingar med djup på väg eller järnväg; över eller lika med 0,2 m respektive över eller lika med 0,4 m. Djupet 0,2 m anses vara gränsvärde för vanliga bilar och tåg att ta sig fram i. Djupet 0,4 m anses vara det djup som Räddningstjänsten kan ta sig fram i med tunga utryckningsfordon³. Ytan som ska vara sammanhängande för att falla ut som en konsekvens är en sammanhängande yta större än 100 m². I Tabell 7 presenteras riskklasser för drabbad väg och järnväg tillsammans med ett exempelutklipp på hur resultaten visualiseras.

³ Avstämning med Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund via mail 2021-06-02




Tabell 7. Riskklasser översvämmad del av väg och järnväg och exempel på visualisering av resultatet i karta.

	Tröskelvärde djupkrav	Teckenförklaring
Väg	$\geq 0,2$ m	 >0,2m
Väg	$\geq 0,4$ m	 >0,4m
Järnväg	$\geq 0,2$ m	 >0,2m
Järnväg	$\geq 0,4$ m	 >0,4m
Exempel		

5.1.5 Drabbat utbyggnadsområde inom Borås tätort

Konsekvensen inom de fem utbyggnadsområdena inom Borås tätort som ingått i analysen har utvärderats med hjälp av procentuell översvämmad yta inom utbyggnadsområdet där vattendjupet är lika med eller överstiger 0,2 m. Ytor som är översvämmade divideras med den totala ytan inom utbyggnadsområdet. I Tabell 8 presenteras procentuell översvämmad yta inom utbyggnadsområdena tillsammans med ett exempelutklipp på hur resultaten visualiseras.

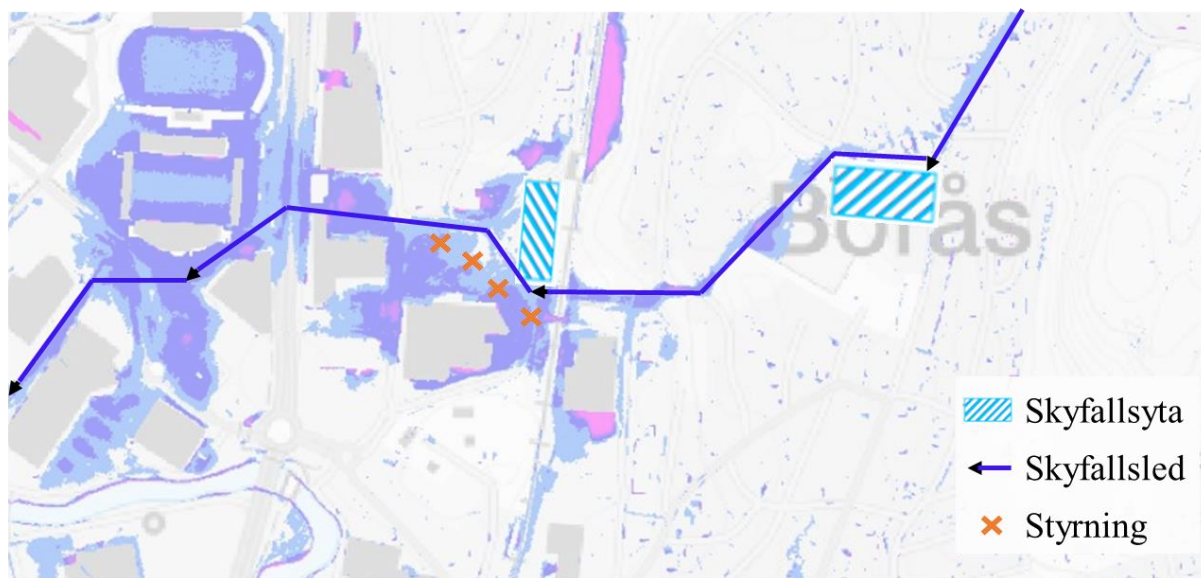
Tabell 8. Procentuell översvämmad yta inom utbyggnadsområde och exempel på visualisering av resultatet i karta.

Område	Procentuell yta som är översvämmad	Teckenförklaring
Knalleland	30 %	 Översvämningsutbredning  Utbyggnadsområde
Getängen	25 %	
Gässlösa 1	16 %	
Gässlösa 2	6 %	
Hestra Ramnaslätt	3 %	
Exempel		

5.2 Åtgärds-kategorier för hantering av skyfallsvatten

De åtgärds-kategorier som hanteras inom ramen för skyfallsplanen är skyfallsyta, skyfallsled och styrning vilka går i linje med Göteborgs Stads skyfallsplanering enligt metoden i strukturplaner (Göteborg Kretslopp och Vatten, 2021). Den sistnämnda åtgärds-kategorin, styrning, utgör en stödjande anläggning till skyfallsyta och skyfallsled för att stärka funktionen hos dessa. Hur de tre åtgärds-kategorierna symboliseras beskrivs i Figur 17. Viktigt för funktionen hos de ytor och leder som planeras för hantering av skyfall i staden är att de majoriteten av tiden kommer vara torra och fria från vatten. Därför bedöms det vara av stor vikt att hitta ytor och leder med flera funktioner, exempelvis ytor som också fungerar för dagvattenhantering eller multifunktionella ytor som vid torra väder kan utnyttjas för rekreation. Det är vid de extrema regnen som deras funktion för skyfallshantering kommer till användning. När ytor och leder reserveras för skyfallshantering är det viktigt att dessa funktioner markerats ut och framgår på kommunens kartor och planeringsunderlag. Det behöver göras för att framtidssäkra att ytorna inte exploateras eller används för annat ändamål som omöjliggör funktionen med skyfallshantering. I Bilaga 5 beskrivs ett antal olika anläggningar för skyfallsyta respektive skyfallsled.

I områden med flack terräng samt där det är förhållandevis stora avstånd till naturliga recipienter kan göra det svårt att hitta övergripande sammanhängande skyfallsstråk med nämnda åtgärds-kategorier (Malmö Stad, 2017). Exempel på två sådana områden är Getängen och Knalleland i Borås tätort som båda är tilltänkta utbyggnadsområden i staden men som översvämmas både vid skyfall och höga flöden p.g.a. dess flacka terräng. I dessa områden bör skyfallshantering i huvudsak lösas med lokala lösningar, exempelvis genom fördröjning i de drabbade områdena, såväl uppströms som i anslutning till de översvämmade områdena. En omfattande reviderad höjdsättning av områdena kan behövas för att få till en naturlig avledning mot Viskan, alternativt att tekniska åtgärder som objektsskydd eller pumpar installeras för att avleda vattnet utan skada på bebyggelse.



Figur 17. Symbolisering av de tre åtgärds-kategorierna som hanteras i skyfallsplanen; skyfallsyta, skyfallsled och styrning. Bakgrundskarta: Lantmäteriet och Skyfallskartering.

5.2.1 Skyfallsled

Skyfallsleden är ett utpekat stråk vars syfte är att avleda skyfallsvatten på ett säkert och tillfredsställande sätt men som inte innebär någon skada för omgivande bebyggelse och infrastruktur (Göteborg Kretslopp och Vatten, 2021). Leden behöver vara sammanhängande till slutrecipient som utgör en mottagande vattenkropp med oändlig kapacitet för att ta emot skyfallsvatten och därmed förbli opåverkad. Vattendrag som kan påverkas av skyfallsvattnet är en potentiell skyfallsled. Lederna följer företrädesvis låglinjer i terrängen och kan exempelvis utgöra diken, vattendrag eller vägar. Om vägar används som skyfallsled är det viktigt att leden inte sammanfaller med en viktig väg för exempelvis framkomlighet.

För varje skyfallsled har en översiktlig bedömning genomförts kopplat till ledens placering och behov av avledningskapacitet utifrån befintliga förutsättningar för skyfallsflöden som är oberoende av eventuella åtgärder uppströms. I respektive skyfallsled redovisas kapacitetsbehov uttryckt som ett flöde (m^3/s). Längre leder delas upp i segment där en skyfallsyta utgör en naturlig uppdelning av leden eller att flera leder går ihop till en. Kapacitetsbehovet ökar, av naturliga skäl, i riktning mot nedströms liggande områden.

I största möjligaste mån följer skyfallslederna naturliga flödesvägar. Där befintlig flödesväg behöver styrning för att kontrolleras inom utpekad led alternativt ledas om till en ny flödesväg kommenteras detta i skyfallsplanen med ett större ingrepp i befintlig miljö. I en vidare bedömning av rimligheten i föreslagna åtgärder studeras huruvida leden behöver anläggas under eller ovan mark.

Vid framtida exploatering kan förändrad hårdgörandegrad innebära att dimensionerande flöden och volymer i skyfallsplanen ändras, vilket beskrivs mer ingående i kapitel 5.4. Dimensionerande flöden, grundläggningsnivåer och volymer är inom flera områden beroende av varandra då de ligger inom åtgärdskedjor med fysisk koppling. Skyfallsplanen är en systemlösning, vid åtgärdssimulering kan det finnas behov av att dimensionerande flöden eller volymer inom skyfallsanläggningarna ändras. En sådan förändring är oftast möjlig så länge konsekvenserna detta har på övriga dimensioneringskrav inom åtgärdskedjan beaktas. Genom att exempelvis minska volymkravet för utjämning inom en utpekad åtgärdsyta kommer nedströms skyfallsanläggningar behöva hantera större flöden och/eller volymer.

5.2.2 Skyfallsyta

Skyfallsytan är ett utpekad område vars syfte är att magasinera skyfallsvatten för att avlasta nedströms liggande områden eller att förflytta volymer som idag utgör en naturlig fördröjning men som kan innebära skada för omgivande bebyggelse (Göteborg Kretslopp och Vatten, 2021). Magasineringen sker vanligen högt upp i avrinningsområdet med avledning i skyfallsleder närmre recipienten. Förutom att magasinera vatten i anläggningarna kan de också skapa en fördröjning i avrinningen och medföra en förskjutning i flödestopp från det avrinningsstråk som magasinet tillskapas i. Att toppen förskjuts minskar kapacitetsbehovet i skyfallsleden och i förlängningen dess dimensionering.

Skyfallsytorna utgör vanligen lågpunkter i terrängen där vatten inte kan ledas från platsen ytleddes. Lågområdet töms antingen via naturlig infiltration och/eller en utloppsledning som först kan avleda det stående vattnet då det finns kapacitet i ledningssystemet.

Markanspråket för skyfallsytor är ofta omfattande varför samordning med annan markanvändning är nödvändig. I möjligaste mån bör ytorna vara öppna och anlagda ovan mark då underjordiska anläggningar ofta är kostsamma och kan medföra problem med intagskapacitet i magasinen. Det stora inflödet kan hanteras med uppdimensionerande intagsöppningar och bräddningsfunktioner i magasinen. Dessutom kan synergieffekter i form av rekreation eller ökat ekologiskt samspel i terrängen inte uppnås med underjordiska lösningar. Det kan dock vara lönsamt med underjordiska lösningar i högexploaterade områden, speciellt där krav på dagvattenhantering inte kan lösas ovan mark.

5.2.3 Styrning

Åtgärds-kategorin styrning utgör kompletterande anläggningar gentemot ytor för magasinering och leder för avledning (Göteborg Kretslopp och Vatten, 2021). Anläggningarna kan utgöra en vall, mur, väggupp, höjning eller sänkning av marknivån, invallningar av lokala objekt som ohjälpligt ligger i vägen för en skyfallsled alternativt pumpar som behövs för att leda ut vatten från ett platt område. Syftet med anläggningarna är att möjliggöra eller understödja funktionen för skyfallshantering längs med hela kedjan av åtgärds-kategorier. Liksom för skyfallsytor och skyfallsleder är det viktigt att styrningarna tydliggörs i kartan så att de inte oavsiktligt förändras på grund av andra anläggningar i den fysiska miljön.

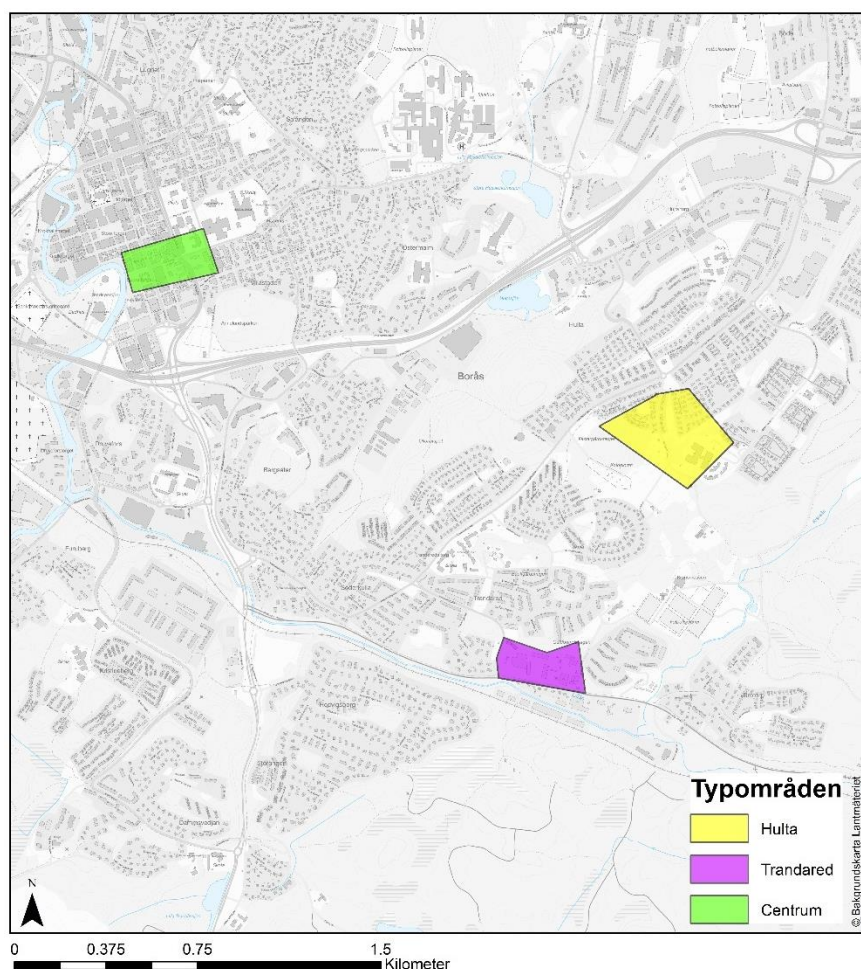
Placering och utformning av styrningsanläggningar kan identifieras först i ett skede där åtgärdssimulering genomförs. Det krävs att skyfallsleder och skyfallsytors funktion utvärderas innan en styrning kan komma att understödja utpekad led eller yta. I detta skede uppdateras skyfallsplanen med läget för styrning.

5.3 Åtgärdskedjor i tre typområden inom Borås tätort

Åtgärdskedjor bestående av skyfallsleder, skyfallsytor och styrning har tillskapats i de tre typområdena Hulta, Trandared och Centrum, vilka presenteras i Figur 18. Kedjorna av åtgärder har identifierats enligt tillvägagångssätt beskrivet i Bilaga 5. Vid planering av en åtgärdskedja inom ett problemområde behöver syftet för kedjan tydligt definieras. Syften som kan vara aktuella är att;

- (1) förflytta vatten från ett område som idag drabbas av översvämning,
- (2) fördröja vatten för att minska belastningen nedströms,
- (3) förbättra avledningen.

Om det är aktuellt att flytta vatten (1), är befintliga förutsättningar på platsen där vatten blir stående viktiga att kartera, som exempelvis hur mycket det översvämmade området idag rymmer i volym, vilket vatten som rinner till området och de befintliga rinnvägarna. Lösning till problemet är en kombination av omledning och fördröjning i närheten och uppströms området. Om syftet istället är att fördröja vattnet för att minska belastningen nedströms (2), detta för att antingen förbättra situationen i en skyfallsled vars flöde i dagsläget orsakar olägenheter alternativt att minska belastningen till en befintlig lågpunkt, är det viktigt att längs med markerad skyfallsled tillskapa nya fördröjningsvolymerna detta oavsett befintliga volymer och problemområden uppströms. Om syftet är att förbättra avledningen (3), detta för att avlasta andra skyfallsleder, behöver befintliga flöden och rinnvägar karteras för att förstå hur dessa kan modifieras och ledas om.



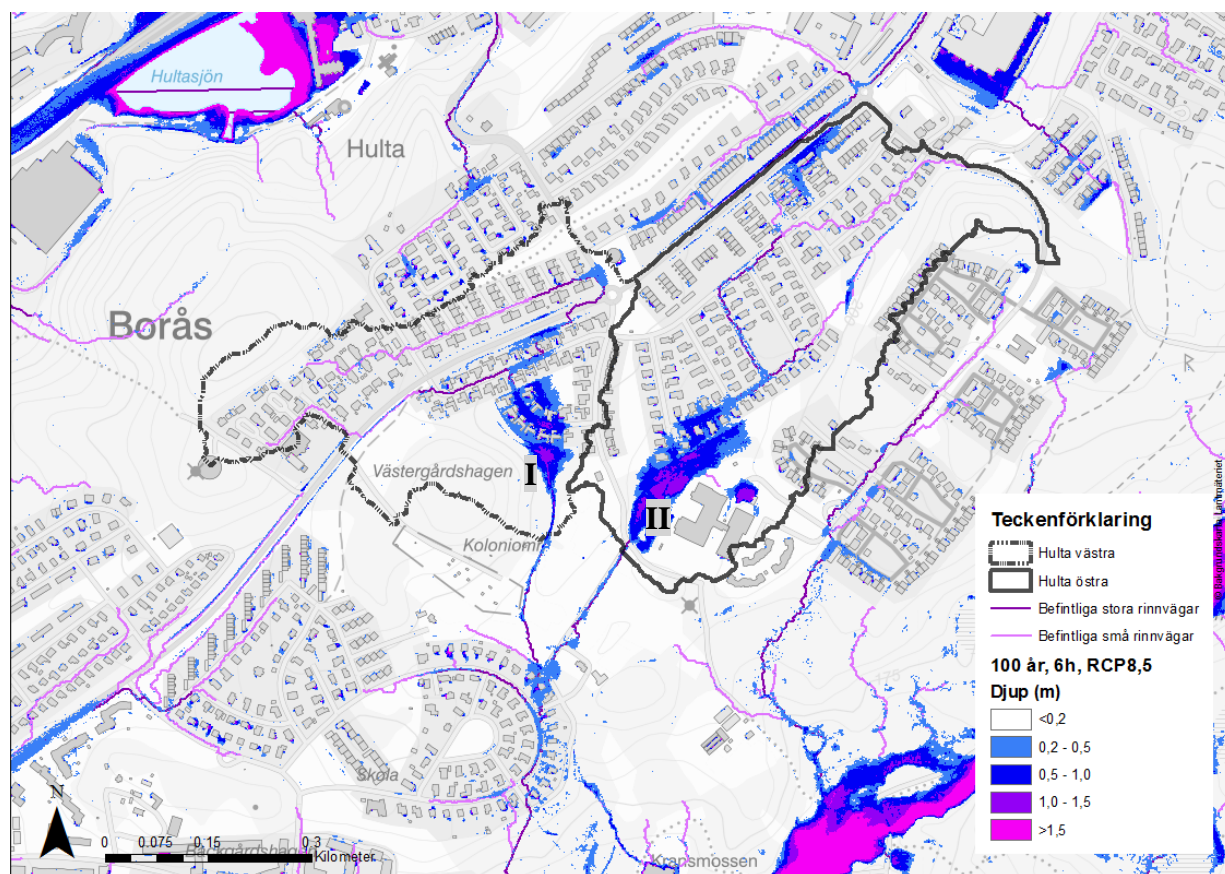
Figur 18. De tre typområdena där åtgärdskedjor föreslås; Hulta, Trandared och Centrum. Typområdena ska fungera som stöd i applicering av tillvägagångssätt presenterad i metodstöd för åtgärdsplanering (Bilaga 5) och visualisera vilka resultat åtgärdsplaneringen kan mynna ut i. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.

De tre typområdena där åtgärdskedjor identifieras representerar områden med olika typer av bebyggelse med olika syften för åtgärdsplaneringen:

- Hulta: Typområdet representerar befintlig bebyggelse som har problem med stående vatten i lågpunkter som kan orsaka skada på omgivande bebyggelse. Syftet med åtgärdsplaneringen är att skydda befintlig bebyggelse och därmed att flytta och leda om befintliga skyfallsvolymer.
- Trandared: Typområdet representerar planerad bebyggelse som är lokaliserad till en lågpunkt med djupt stående vatten. Syftet med åtgärdsplaneringen är att fördröja volymer uppströms och skapa en säker avledning för att förbättra möjligheter till bebyggelse.
- Centrum: Typområdet representerar tätbebyggelse där det i dagsläget avleds stora skyfallsvolymer som orsakar stående vatten i gaturummet. Syftet med åtgärdsplaneringen är att skapa säker avledning utan olägenheter för bebyggelse i anslutning till skyfallsleden.

5.3.1.1 Hulta

Hulta är ett område med befintlig bebyggelse som översvämmas vid skyfall. I Figur 19 presenteras befintliga förutsättningar inom området med information om befintliga flödesvägar, områden med stående vatten och avrinningsområden (Hulta västra respektive Hulta östra) till de större lågområdena (I och II) som innebära problem för befintlig bebyggelse. Tabell 9 presenterar information om tillrinningsområde till de större lågområdena (ha), naturlig fördröjning inom avrinningsområdet (m³) samt naturlig fördröjning per ytenhet (m³/ha) inom avrinningsområdet.

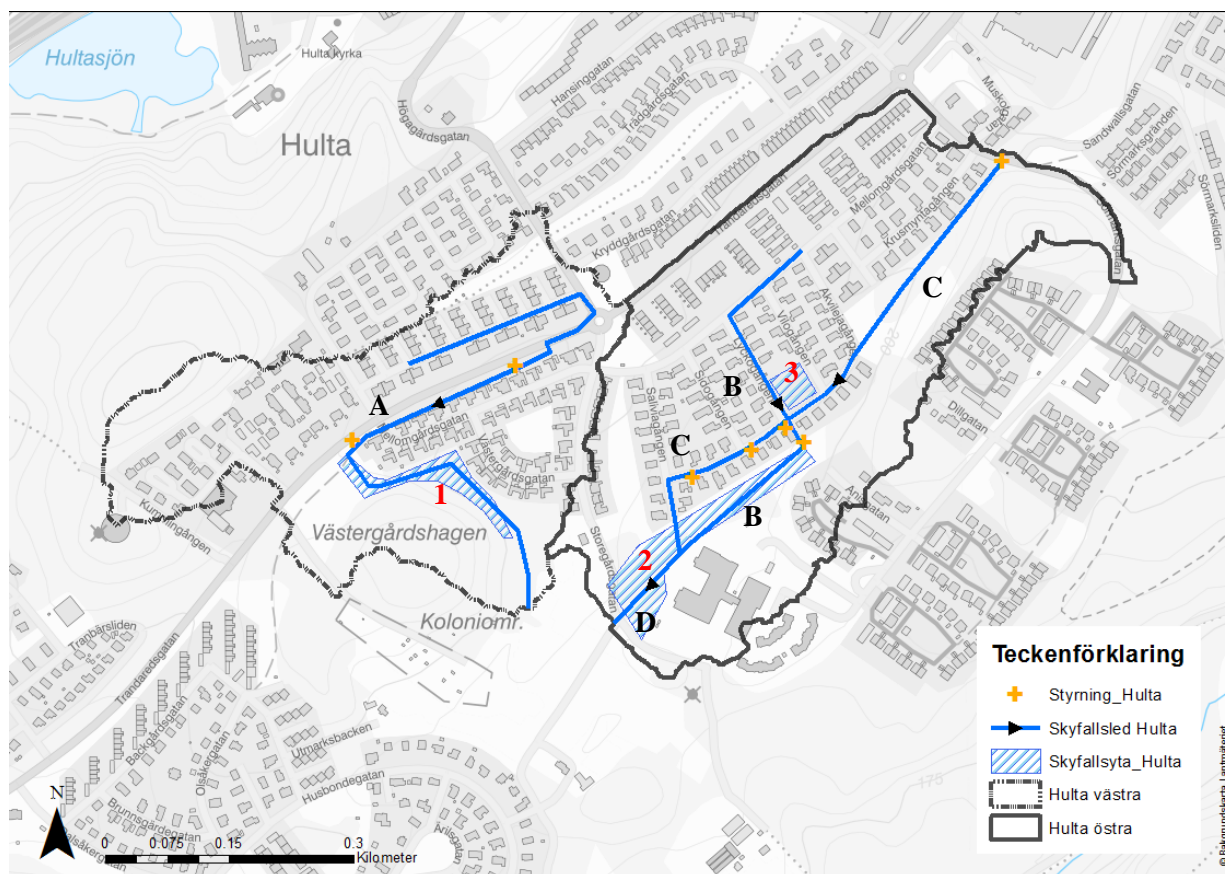


Figur 19. Befintlig skyfallssituation i Hulta med markering av de större lågområden med stående; I och II. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.

Tabell 9. Befintlig situation för avrinningsområden till de större lågområden inom Hulta. I tabellen anges information om avrinningsområde till lågområdena (ha), naturlig fördröjning inom avrinningsområdet (m³) samt naturlig fördröjning per ytenhet (m³/ha) i avrinningsområdet.

	Yta (ha)	Naturlig fördröjning (m ³)	Naturlig fördröjning per ytenhet (m ³ /ha)
Hulta västra (lågområde I)	16	6 000	375
Hulta östra (lågområde II)	23	13 600	590

För att skydda den befintliga bebyggelsen tillskapas åtgärdskedjor med avledning till ytor nära områdena där vatten kan ställa sig utan problem för bebyggelsen. Rinnvägar ändras och nya översvämningssytor tillskapas genom styrning, att höjdsättningen i området ändras, detta är visualiserat i Figur 20. I området har tre skyfallsytor (1–3) och tillhörande skyfallsleder (A–D) tillskapats. Befintliga flöden (m³/s) i skyfallsleder och area för markerade skyfallsytor (m²) beskrivs i Tabell 10. Viktigt att understryka är att flödena motsvarar befintliga förhållanden, utan åtgärder uppströms.



Figur 20. Föreslagna åtgärdskedjor i Hulta. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.

Tabell 10. Befintliga flöden (m³/s) och area (m²) för åtgärdskedjor i Hulta.

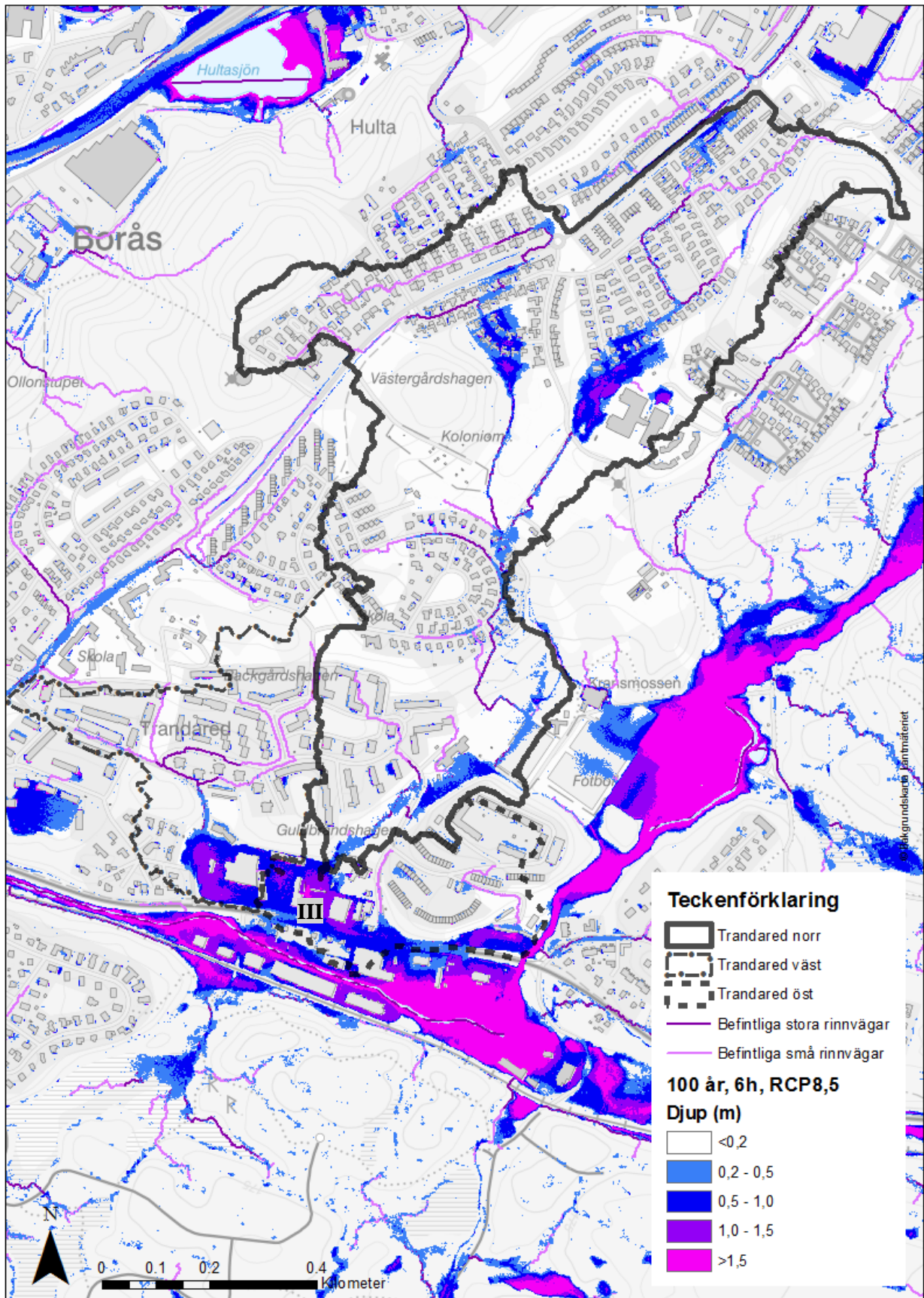
Skyfallsled	A	B	C	D
Flöde (m ³ /s)	1	1,1	0,7	1,3
Skyfallsyta	1	2	3	-
Area (m ²)	5 100	10 700	1 700	-

Skyfallsled A skapas genom att förändra höjden (styrning) på Trandaredsvägen så att vattnet leds runt bostadsområdet istället för igenom. Med fördel skapas ett dike utmed Trandaredsvägen som lutar i västlig riktning där detta dike rymmer ca 1 m³/s. Skyfallsyta 1 tillskapas dit vattnet från skyfallsled A leds för magasinering. Inom avrinningsområdet till den befintliga lågpunkten I (se Tabell 9) återfinns en volym om ca 6 000 m³ vilken behöver flyttas till skyfallsyta 1 som utgör en area på ca 5 100 m². Från skyfallsyta 1 leds vattnet sedan vidare nedströms förbi det idag drabbade bostadsområdet.

Skyfallsled B och C skapas för att leda vattnet på ett säkert sätt på gatorna runt och genom bostadsområdet till den befintliga lågpunkten II (se Figur 19) som grävs ur ytterligare för att kunna fördröja mer vatten än i dagsläget vilket utgör skyfallsyta 2 på arean ca 10 700 m². För att avlasta och minska dimensioneringen i skyfallsyta 2 tillskapas en ny fördröjningsyta på en grönyta som idag utgör en lekplats, detta skyfallsyta 3. Ytan utgör ca 1 700 m² och skulle kunna grävas ur och sänkas för att magasinera vatten uppströms i systemet. Naturliga fördröjningsvolymen inom avrinningsområdet till den befintliga lågpunkten II utgör ca 13 600 m³ vilket behöver rymmas inom nämnda skyfallsytor 2 och 3. Skyfallsled D leder vattnet från skyfallsyta 2 vidare nedströms.

5.3.1.2 Trandared

Trandared är ett område som återfinns längst ner inom ett avrinningsområde och som dessutom ligger i en lågpunkt där stora mängder vatten ansamlas vid skyfall. Översvämmat område är sammankopplat med Kransåns och Lillån vilket beskrivs hur det inverkar i åtgärdsförslag för typområdet. Området planeras för ny bebyggelse och för att förbättra möjligheter till bebyggelsen syftar åtgärdsplaneringen till att magasinera vatten uppströms och tillskapa flödesvägar runt området. I Figur 21 presenteras befintliga förutsättningar för typområdet med information om befintliga flödesvägar, områden med stående vatten och avrinningsområden (Trandared väst, Trandared norr och Trandared öst) till det större lågområdet (III) där bebyggelsen planeras. Avrinningsområde Trandared norr innefattar Hultas avrinningsområde. I Tabell 11 presenteras information om tillrinningsområden till det större lågområdet (ha), naturlig fördröjning inom avrinningsområdet (m³) samt naturlig fördröjning per ytenhet (m³/ha) i avrinningsområdet.



Figur 21. Befintlig skyfallssituation i Trandared med markering av det större lågområdet, III. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.

Tabell 11. Befintlig situation för avrinningsområden till det större lågområdet där ny bebyggelse planeras inom Trandared. I tabellen anges information om avrinningsområde till lågområdena (ha), naturlig fördröjning inom avrinningsområdet (m³) samt naturlig fördröjning per ytenhet (m³/ha) i avrinningsområdet.

	Yta (ha)	Naturlig fördröjning (m ³)	Naturlig fördröjning per ytenhet (m ³ /ha)
Trandared väst (lågområde III)	16,8	13 400	798
Trandared norr (lågområde III)	68,7	29 000	422
Trandared öst (lågområde III)	10,3	24 600	2 390

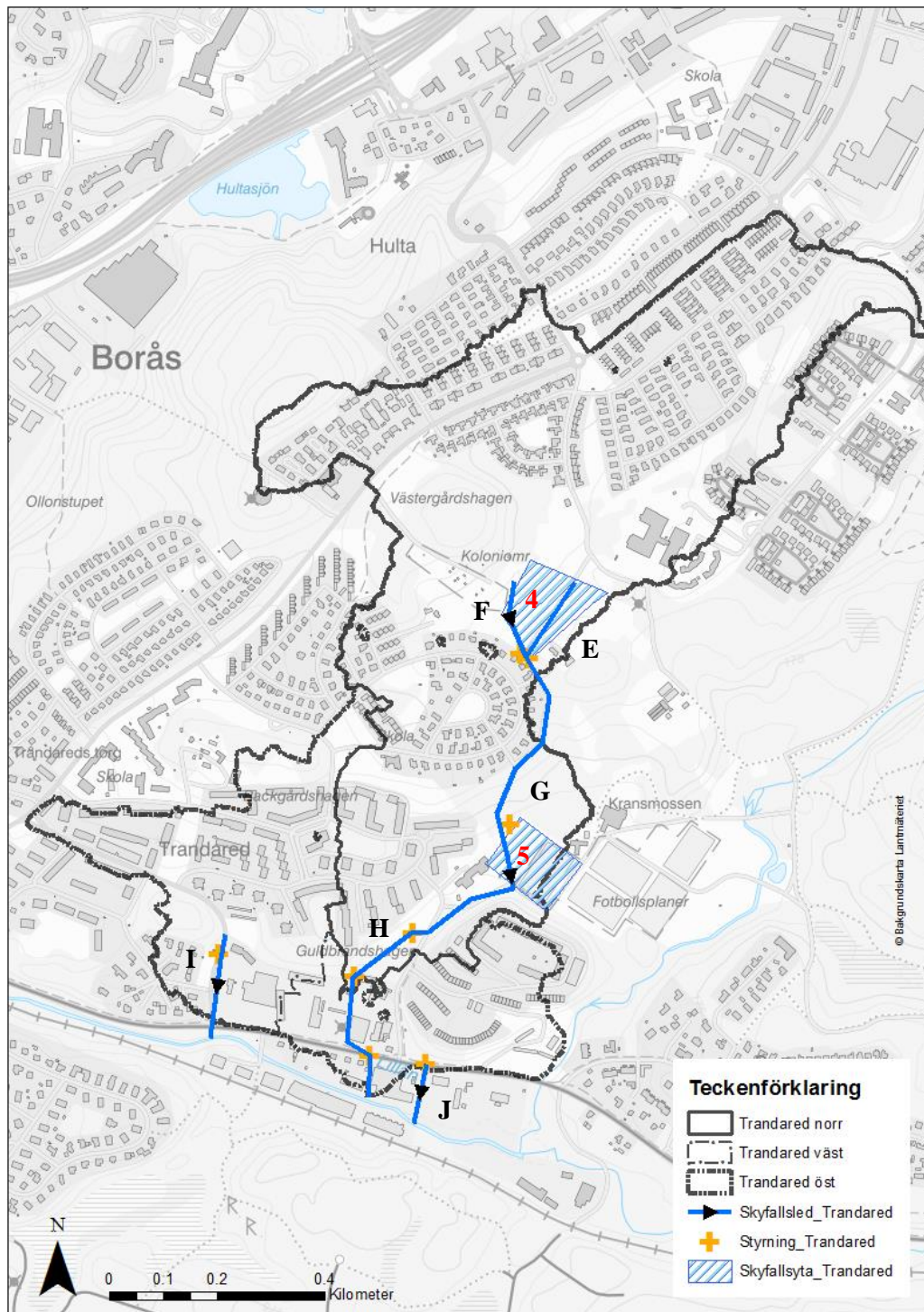
För att förbättra möjligheter till bebyggelse inom typområdet, detta utan att höja upp hela området är att tillskapa åtgärdskedjor med avledning till ytor som idag inte nyttjas för magasinering. Rinnvägar tydliggörs och nya översvämningssytor skapas genom styrning, detta visualiserat i Figur 22. I området har två skyfallsytor (4–5) och tillhörande skyfallsleder (E–G), samt ytterligare flödesvägar för säker avledning runt det planerade området (H–J) tillskapats. Befintliga flöden (m³/s) i skyfallsleder och area för markerade skyfallsytor (m²) beskrivs i Tabell 12. Viktigt att understryka är att flödena motsvarar befintliga förhållanden, utan åtgärder uppströms.

Skyfallslederna E–F leder vattnet till skyfallsyta 4 vilket utgör befintliga flöden från Hulta västra och Hulta östra som beskrivs i Tabell 10. Ytan utgör en area på ca 17 500 m². Skyfallsled G leder vattnet från skyfallsyta 4, runt befintlig byggelse och till skyfallsyta 5. Yta 5 utgör en area på ca 15 500 m². Naturliga fördröjningsvolymerna inom avrinningsområde till den befintliga lågpunkten III utgör ca 29 000 m³.

Efter skyfallsyta 5 leds vatten vidare i naturlig flödesväg som är benämnd skyfallsled H. För att skyfallsled H ska kunna mynna i recipient behöver vattnet ledas under Gånghestersvägen, detta förslagsvis med en trumma. Befintligt flöde i leden, utan eventuella magasineringar i skyfallsytorna 4–5 är 3,5 m³/s. För att undvika att vattnet leds in till den stora lågpunkten III, skapas skyfallslederna I och J öster och väster om området. Skyfallsled J skapas för att avleda vatten från avrinningsområde Trandared öst direkt till Lillån, motsvarande ett befintligt flöde om 3 m³/s. Som befintlig skyfallssituation i Figur 21 visar är översvämmat område i Trandared sammankopplat med Kransåns. Det finns en risk att Kransåns vatten svämmas över och påverkar flödet i skyfallsled J men detta behövs undersökas i en detaljstudie med en modelluppsättning där vattendraget är sammankopplat med markavrinningen i området. Skyfallsled I tillskapas för att leda vattnet från avrinningsområde Trandared väst direkt till Lillån, motsvarande ett befintligt flöde om 1,3 m³/s. Båda lederna är inte naturliga flödesvägar idag och för att leda vatten under Gånghestervägen till recipienten Lillån behöver förslagsvis trummor anläggas under vägen. Huruvida flödena från Trandared väst, norr och öst kan ledas till en gemensam trumma under vägen kan studeras genom att lägga ett vägdikey med tillräcklig kapacitet norr om Gånghestervägen. En sådan lösning innebär en mycket större trumma än om de tre flödena hanteras i separata trummor.

I föreslagen åtgärdskedja synliggörs inte vilken påverkan som Kransån och i förlängningen Lillån kan ha på lågområdet i Trandared, detta eftersom vattendraget inte är uppbyggt i modellen. Att avrinningsområdet Trandared öst med en yta på 10,3 ha bidrar med flöden i storleksordningen som avrinningsområde Trandared norr med en yta på 68,7 ha antyder på att Kransån inverkar till flödena i skyfallsled J. För att säkerställa om vattendragen påverkar lågområdet i Trandared och hur åtgärdskedjan påverkar nedströms liggande områden längs med Lillån behöver en kopplad modell sättas upp över området. Den kopplade modellen simulerar vattendraget, ledningsnätet och markytan i en och samma modell.

I åtgärdskedjan som föreslås i Trandared har inte åtgärdskedjor i avrinningsområdena tillhörande Hulta inkluderats i Trandared norr. Anledningen till att de särskilts i beskrivningen inom typområdena är för att syftet för åtgärdsplaneringen i områdena varit olika. I förslaget för Trandared kvarstår befintlig fördröjning inom Hulta som idag kan medföra problem för befintlig bebyggelse. Åtgärdsförslagen kan dock samköras vilket skulle minska problemen även i Hulta. Hur åtgärderna inverkar tillsammans behöver simuleras i den hydrauliska modellen.



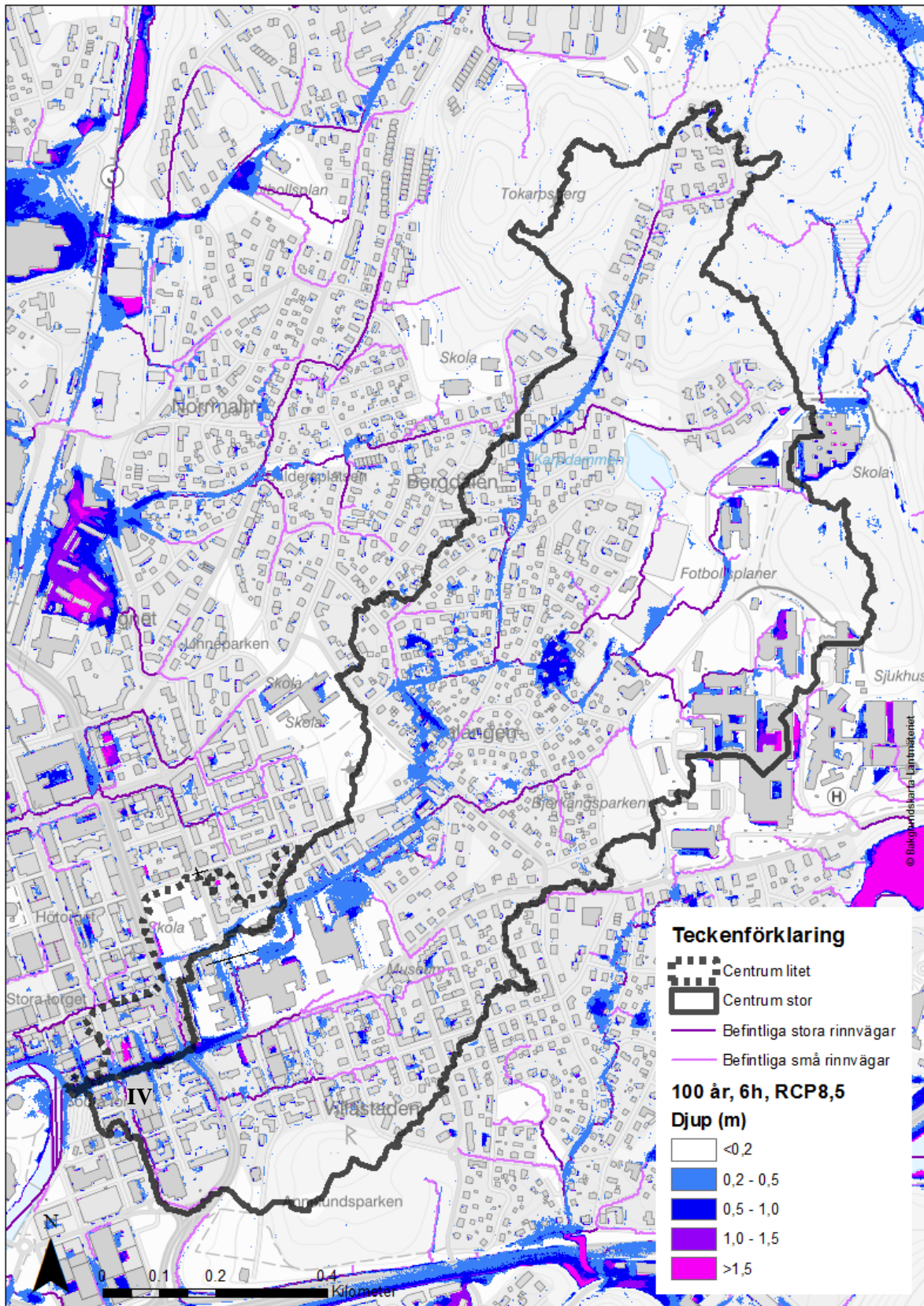
Figur 22. Föreslagna åtgärdskedjor i Trandared. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.

Tabell 12. Befintliga flöden (m³/s) och area (m²) för åtgärdskedjor i Trandared.

Skyfallsled	E	F	G	H	I	J
Flöde (m ³ /s)	1,1	1,2	2,6	3,5	1,3	3
Skyfallsyta	4	4	5	-	-	-
Area (m ²)	17 500	17 500	15 500	-	-	-

5.3.1.3 Centrumområdet

Centrumområdet är ett tätbebyggt område som återfinns längst ner inom ett avrinningsområde, nära recipienten. Inom området är det svårt att hitta skyfallsytor för ytlig fördröjning av vatten. Åtgärdsarbetet inom området är primärt inriktad mot att hitta en säker avledning med hjälp av fler avrinningsvägar samt eventuellt underjordiska lösningar som beskrivs mer i Bilaga 5. I Figur 23 presenteras befintliga förutsättningar för typområdet med information om befintliga flödesvägar, områden med stående vatten och avrinningsområden (Centrum litet och Centrum stor) till platsen där problemen uppstår med stående vatten i gata (IV). I Tabell 13 presenteras information om tillrinningsområden till problemområdet (ha), naturlig fördröjning inom avrinningsområdet (m³) samt naturlig fördröjning per ytenhet (m³/ha) i avrinningsområdet.



Figur 23: Befintlig skyfallssituation i Centrum med markering av det större utdragna problemområdet med stående vatten; IV. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.

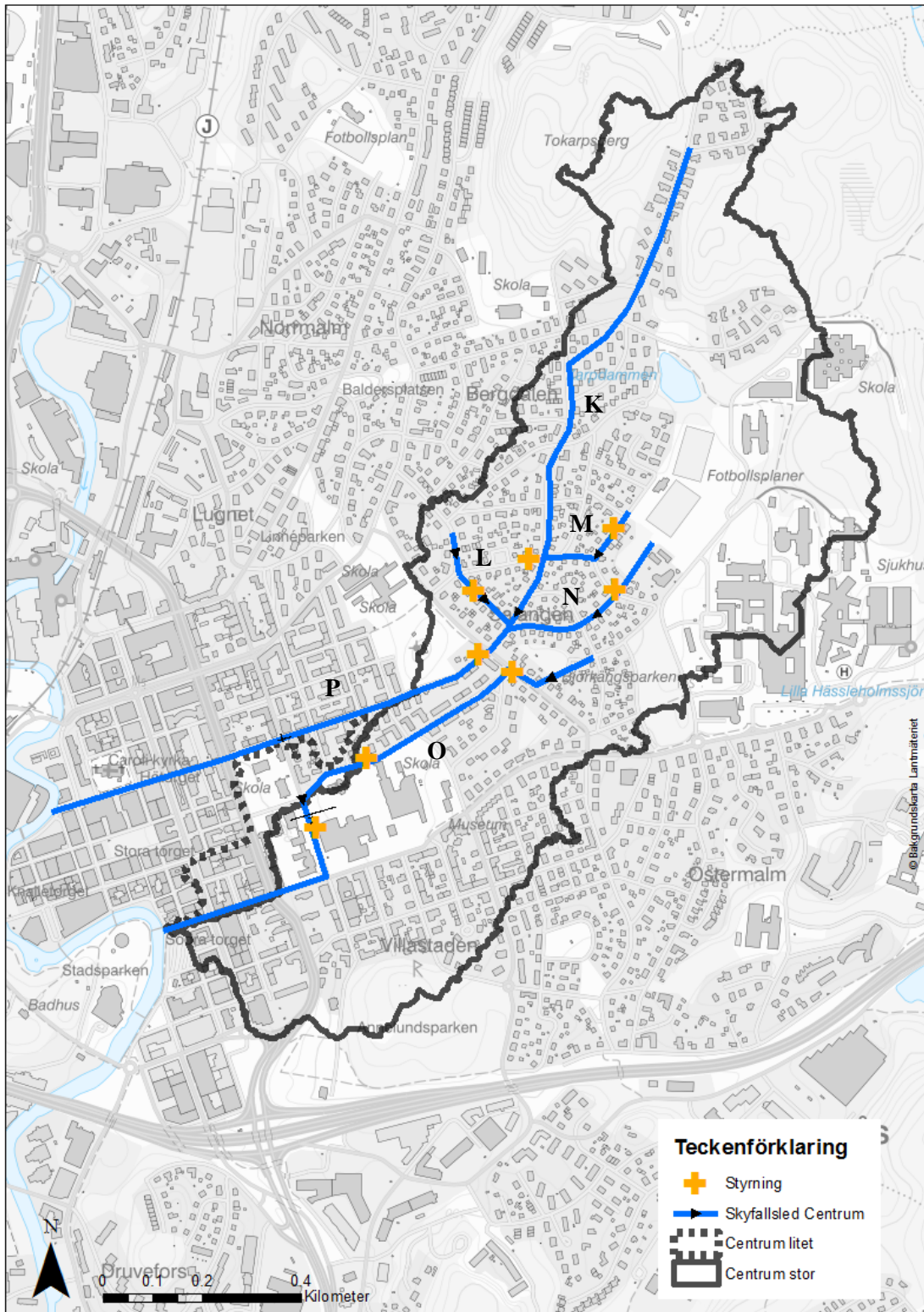
Tabell 13. Befintlig situation för avrinningsområdet till problemområdet med stående vatten i gata där omgivande bebyggelse riskerar att ta skada i Centrum. I tabellen anges information om avrinningsområde till område med stående vatten (ha), naturlig fördröjning inom avrinningsområdet (m³) samt naturlig fördröjning per ytenhet (m³/ha) i avrinningsområdet.

	Yta (ha)	Naturlig fördröjning (m ³)	Naturlig fördröjning per ytenhet (m ³ /ha)
Centrum litet (problemområde IV)	5	3 900	780
Centrum stort (problemområde IV)	103	39 000	379

För att skapa bättre förutsättningar för säker avledning inom avrinningsområdet utvärderades först möjligheten till ytlig fördröjning. Inom området upplevs det som svårt att tillskapa ytlig fördröjning varför stort fokus hamnar på att förbättra avledningen, detta genom att säkerställa tillräcklig kapacitet i skyfallsleder (K–P). Skyfallsleder inom typområdet visualiseras i Figur 24 och befintliga flöden (m³/s) i skyfallslederna beskrivs i Tabell 14. Viktigt att understryka är att flödena motsvarar befintliga förhållanden, utan åtgärder uppströms. Inom området kan man arbeta med många mindre fördröjningsåtgärder på kvartersmark för att minska belastningen mot skyfallslederna. Huruvida underjordiska magasin kan tillskapas inom området finns det för liten lokalkännedom om. Möjligheten till lokala fördröjningsåtgärder/fördröjningskrav på kvartersmark och underjordiska magasin bör utredas vidare med en så samlad kompetensbild inom stadens enheter som möjligt.

Vattnet inom Centrum avleds till Viskan via de stora skyfallslederna P och O. Skyfallslederna L–N går i naturliga rinnvägar inom avrinningsområdet vilket samlas upp i skyfallsled K i Gustav Adolfsgatan. Skyfallslederna M och N har flöden $\leq 0,5$ m³/s medans skyfallsled L har ett större flöde om 3,5 m³/s. Anledningen till det stora flödet är att skyfallsled K i dagsläget rinner mot skyfallsled L i Björkängsgatan. I åtgärdskedjan erfordras därför en tydlig styrning i korsningen Björkängsgatan så att vattnet kan fortsätta sin rinnväg i Gustav Adolfsgatan. Förutom styrningen i korsningen går skyfallsled K i en naturlig rinnväg som med styrning förlängs och leder vattnet till Viskan via den nyskapade skyfallsleden P i Södra kyrkogatan. Leden P tillskapas för att avlasta skyfallsled O som idag utgör den naturliga rinnvägen mot Viskan och där det uppstår problem med stående vatten som kan orsaka skada. Styrningen i korsningen Gustav Adolfsgatan och Vedensgatan ska rikta om flödet från skyfallsled K till P så att fördelningen av flödet mellan skyfallsled O och P blir jämn, med ca 4 m³/s i vardera led. Skyfallsleden P lutar med ca 3,8 % från Vedensgatan mot Viskan varför ytlig avledning bedöms rimlig. Hur översvämningutbredningen påverkas i Södra kyrkogatan behöver utvärderas i en åtgärdssimulering. Lutningen på skyfallsled O är naturlig mot Viskan men där Sturegatan och Kungsgatan är barriärer som behöver punkteras för att flöda igenom. För att behålla ytlig avledning behöver vägarna sänkas, alternativt om det leds ner i kulvert till Viskan.

I föreslagna åtgärdskedja synliggörs inte vilken påverkan som Viskan kan ha på problemområdet i Centrum, detta eftersom vattendraget inte är uppbyggt i modellen. För att säkerställa om Viskan påverkar området med stående vatten i Centrum och hur åtgärdskedjan påverkar nedströms liggande områden längs med Viskan behöver en kopplad modell sättas upp över området. Den kopplade modellen simulerar vattendraget, ledningsnätet och markytan i en och samma modell.



Figur 24. Föreslagna åtgärdskedjor i Centrum. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.

Tabell 14. Befintliga flöden (m³/s) för åtgärdskedjor i Centrum.

Skyfallsled	K	L	M	N	O	P
Flöde (m ³ /s)	1,75	3,5	0,5	0,25	4	4

5.4 Skyfallshantering vid ny bebyggelse

Enligt Plan- och Bygglagen (2010:900), PBL, ansvarar kommunen för bedömning av markens lämplighet för ny bebyggelse (Boverket, 2020a). Ansvaret inkluderar bedömning av risken för översvämning och att planera markanvändningen så att den blir lämplig utifrån detta. Som utgångspunkt för planläggningen beskriver Boverket utifrån bebyggelse typ en acceptabel sannolikhetsnivå för att ett område ska översvämmas (Boverket, 2020b). Som ett minimum bör all typ av ny bebyggelse planläggas så att den årliga sannolikheten för översvämning orsakad av skyfall är mindre än 1/100. Effekten av ett förändrat klimat under bebyggelsens förväntade livslängd behöver även beaktas. För att hantera minimumnivå behöver ny bebyggelse utifrån översvämningsrisk orsakad av skyfall därmed placeras ovan översvämningsnivå för 100-års återkomsttid i framtida klimat, detta illustrerat i Figur 25. Göteborg Stad har tagit fram planeringsnivåer för lägsta grundläggningsnivå som ska följas vid nybyggnation med syfte att minska risken för skador vid översvämning (Göteborgs Stad, 2019). I dessa planeringsnivåer ska det för skyfall finnas en viss säkerhetsmarginal (0,2–0,5 m beroende på bebyggelse) från grundläggningsnivå till översvämningsnivå vid 100-års återkomsttid i framtida klimat år 2100. Höjdsättning av ny bebyggelse, infrastruktur och andra anläggningar blir avgörande för klimatanpassningen. Som planeringsunderlag till höjdsättningen kan framtaget underlag från skyfallskarteringen nyttjas. Om avsteg ska göras från utgångspunkterna för acceptabel sannolikhetsnivå, beskrivs det i Boverkets vägledning, erfordras utförliga utredningar och ett kvantitativt underlag för att bedöma risken med motivering till avstegen (Boverket, 2020c).

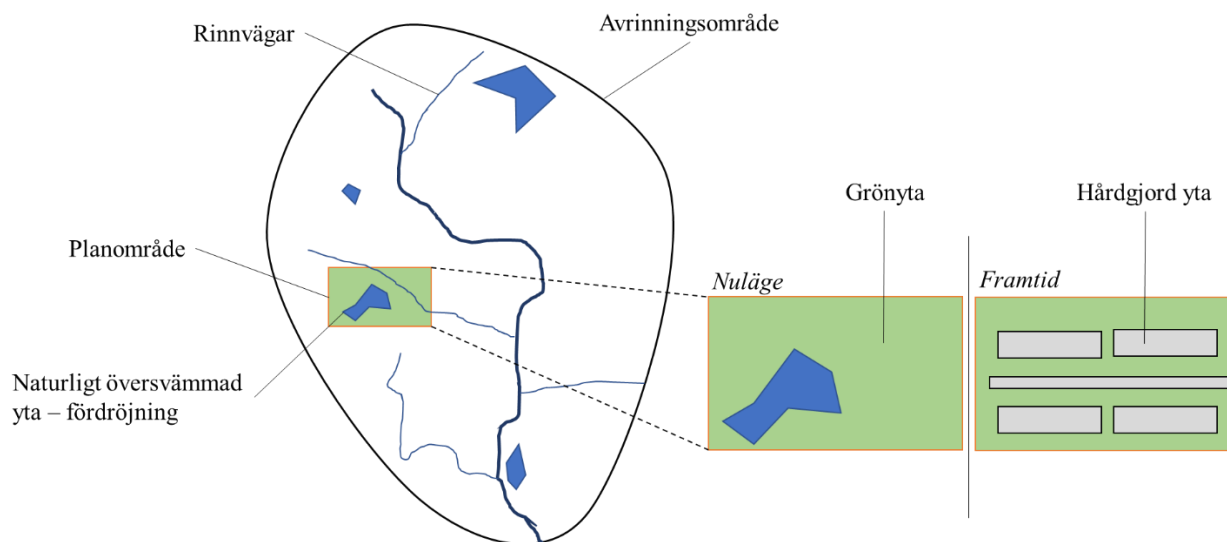
Översvämningsnivå vid skyfall
100-års återkomsttid i framtida klimat

Markyta



Figur 25. Illustration av minimumnivå för grundläggning utifrån översvämning orsakad av skyfall. Minimumnivå är Boverkets utgångspunkter i acceptabel sannolikhetsnivå för översvämning orsakad av skyfall vid ny bebyggelse.

En annan viktig utgångspunkt för ny bebyggelse är att ha förståelse för hur omgivande markområden påverkar planområdet och hur planområdet påverkar omgivande markområden (Boverket, 2020c). Även här utgör framtaget underlag från skyfallskarteringen ett bra planeringsunderlag. Hur omgivande markområden påverkar planområdet erhålls genom att studera hydrauliska samband som avrinningsområden, flödesvägar och fördröjningsytor uppströms. Hur planområdet påverkar omgivande markområden i ett översvämningsperspektiv är tvådelad. Dels kan exploateringen medföra en ökad hårdgörandegrad och därmed medföra en ökad belastning på nedströms liggande områden. Förutom en eventuell ökad hårdgörandegrad är det också viktigt att ha förståelse för de naturliga förutsättningarna av fördröjning på platsen idag vilken är den andra delen av översvämningsperspektivet. De naturliga fördröjningsvolymerna inom området kan vid en modifierad höjdsättning innebära att volymerna byggs bort vilket medför en ökad belastning nedströms, detta illustrerat i Figur 26. För att skydda nedströms liggande områden blir det därför viktigt att hitta nya fördröjningsvolymerna inom planområdet, dels för naturliga fördröjningsvolymerna som byggs bort och dels för tillkommande belastning från de exploaterade delarna av området. Om det är svårt att rymma volymerna inom planområdet kan frågan behöva lösas i ett större sammanhang, detta i samråd med kommunen och andra markägare.

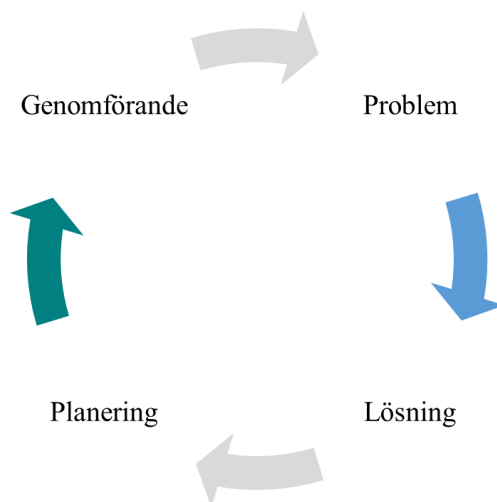


Figur 26. Avrinningsområde, rinnvägar och fördröjningsytor utgör det hydrauliska sambanden upp-ströms planområdet. Inom planområdet återfinns naturliga ytor som översvämmas idag vilket är en naturlig skyfallshantering i dagsläget. Om volymerna byggs bort p.g.a. rätt höjdsättning för exploateringen kommer belastningen nedströms planområdet öka.

6 Slutsatser och fortsatta arbeten

I rapporten har ett helhetsgrepp gällande skyfallsrisken inom utvalda tätorter i Borås Stad studerats. Fokus för arbetet har varit att ta fram karteringsunderlag för översvämning, att identifiera riskområden samt föreslå tillvägagångssätt för att hitta konkreta klimatanpassningsåtgärder för skydd mot de konsekvenser som ett skyfall kan innebära för staden. Arbetet som kvarstår i konkret åtgärdsplanering är att prioritera riskområden och ta fram åtgärdskedjor i syfte att skydda området/objekten från översvämning orsakad av skyfall. I arbetet har det inte ingått att prioritera riskområden för konkret åtgärdsplanering, däremot har en åtgärdsplanering inom tre typområden presenterats. I kapitel 5.1 beskrivs hur Malmö Stad valt att prioritera områden för åtgärdsplanering, och hur Göteborg Stad valt att prioritera åtgärdskedjor framtagna inom staden. Att ta ställning hur klimatriskerna orsakade av ett framtida skyfall ska minska eller upphöra går i linje med vad regeringen betonar i den nationella strategin för klimatanpassning (Länsstyrelserna Stockholms & Västra Götalands län, 2021). I strategin ges översiktsplanerna en nyckelroll för ett framgångsrikt klimatanpassningsarbete på lokal nivå. Enligt Plan- och Bygglagen (2010:900) ska kommunerna i översiktsplaneringen ge sin syn på klimatrelaterade risker och hur de ska minska eller upphöra. Arbetet med att prioritera potentiella riskområden orsakade av skyfall och hur dessa ska hanteras går därför i linje med Plan- och bygglagen.

I den första rapporten från det nationella expertrådet för klimatanpassning beskrivs att krafttag behövs för att på allvar säkerställa att vårt samhälle ställer om i en klimatsäker riktning (Nationella expertrådet för klimatanpassning, 2022). Det krävs att fokus flyttas från problem till lösning och från planering till genomförande, detta likt illustrationen i Figur 27. Skyfallsarbetet som beskrivs i aktuell rapport är en process som går i linje med stegen problem till lösning.



Figur 27. Illustration över de olika stegen inom klimatanpassningsarbete där första steget är att identifiera problem, nästa hitta lösningar, nästa att planera lösningar, och slutligen att genomföra lösningar.

Fortsatt arbete med skyfallshanteringen i Borås Stad handlar om att prioritera riskområden för konkret åtgärdsplanering, i prioriterade riskområden ta fram åtgärdskedjor av skyfallsleder, skyfallsstyrning och styrningar för att därefter gå vidare till planering av skyfallsanläggningar vilket ger ett mer detaljerat underlag till genomförande. Hur lösningar i form av åtgärdskedjor tas fram beskrivs i kapitel 5.2, kapitel 5.3 och Bilaga 5. I planering för anläggande utvärderas rimlighet i åtgärdskedjorna, urval av anläggningar för åtgärdsmodellering i hydraulisk modell, effektstudier för anläggningarna i kombination med en samhällsekonomisk analys där kostnader jämförs mot nyttor, och dimensionering av anläggningarna påbörjas. Effektstudier av föreslagna anläggningar riskerar att bli inaktuellt i takt med löpande exploateringar i staden varför åtgärdsmodellering bör göras med en så samlad kompetensbild inom stadens enheter som möjligt. I Göteborgs Stad metodbeskrivning för skyfallsplanering beskrivs fortsatt arbete för planering av lösningar innefatta (Göteborg Kretslopp och Vatten, 2021);

1. Tolkning och beskrivning av typanläggningar i skyfallsmodellen,
2. Effektbedömning via modellberäkning och förnyad konsekvensbedömning,

3. Omsättning av volymkrav till dimensioneringsunderlag för respektive anläggning, Arbetsmomenten 1–3 kan behöva genomföras ett flertal gånger innan ett dimensioneringsunderlag som ger önskad effekt och reduktion av konsekvenser erhålls.
4. Generella avväganden för föreslaget principförslag med typanläggningar. Här innefattas hänsyn till andra dimensionerande situationer och anläggningar kopplade till dessa (höga vattenstånd i vattendrag och höga grundvattennivåer), samt bedömning av eventuella fördelar eller konflikter med hänsyn till dagvattenhantering vid vanliga regn,
5. Sammanvägd bedömning avseende kvarstående konsekvenser, riskminskning och kostnadsberäkning. Detta genomförs förslagsvis i en kostnads-nyttanalys.
6. Rekommendationer avseende vattenhantering i framtida planer. Här innefattas bearbetning av tillrinningsområden till kartsikt med avrinningsstråk mot föreslagna skyfallsleder. Dessa kan användas som stöd till avvägande kring eventuell avledning.

I det fortsatta arbetet med åtgärdssimulering, speciellt i anslutning till vattendragen, eller om staden vill studera kombinationsscenario mellan flöden i vattendrag och regn med lägre återkomsttider, alternativt om fortsatta diskussioner gällande rimlig återkomsttid på regnet att skydda staden mot (se kapitel 4.1) blir aktuellt rekommenderas att en sammankopplad modell mellan markavrinning, ledningsnät och vattendrag tas fram. Risken är annars att konsekvensen inte beskrivs på rätt sätt med möjlighet till både under- och överskattning av konsekvensen. Åtgärdssimuleringar av anläggningar som återfinns inom avrinningsområden som inte påverkas av vattendragen (exempelvis typområde Hulta i kapitel 5.3.1.1) fungerar bra att simulera i befintlig markavrinningsmodell.

Till genomförandefasen som innehåller ännu mer detaljerade studier kring dimensionering behöver finansieringsfrågan för anläggande vara löst. I Malmö Stads skyfallsplan beskrivs att en av de största utmaningarna för skyfallshanteringen är finansiering av åtgärder på allmän platsmark (Malmö Stad, 2017). Malmö Stad beskriver att de genom att skapa en tydlig och detaljerad handlingsplan för hela staden skapar förutsättningar för att många av åtgärderna kan genomföras i samband med övrig ombyggnad i staden. På så sätt löses skyfallsproblematiken steg för steg. De mest akuta områdena och de lite större skyfallsåtgärderna behöver dock lösas i separata projekt och för dessa krävs finansiering genom särskilda skyfallsanslag. Finansiella resurser för skyfallsanläggningarna behövs under många år framöver. Därför rekommenderas att arbetet med att ta fram en finansieringsmodell för åtgärderna i Borås Stad påbörjas snarast möjligt.

Slutligen, resultat från skyfallskarteringen som tagits fram inom ramen för aktuellt projekt utgör inte bara ett bra underlag till identifiering av sårbarheten mot skyfall utan också ett gott planeringsunderlag för ny bebyggelse i staden. Karteringsresultat beskriver hur det ser ut på platsen idag med översvämning, vilka fördröjningsvolymerna som finns på platsen idag (med en enklare GIS-analys går det att få ut denna information från djuplagren) och hur en förändring kan tänkas påverka planområdet i sig men också nedströms liggande områden. Åtgärdsmodellering kan behöva tas fram i samband med detaljplaneprocesser och då vara en förutsättning vid projektering.

7 Referenser

- Blom, G. E. (2005). *Sannolikhetsteori och statistikteori med tillämpningar*. Lund. ISBN 91-44-02442-8: Studentlitteratur.
- Boverket . (den 22 December 2020c). *Bedömning av översvämningsrisk*. Hämtat från PBL Kunskapsbanken - en handbok om plan- och bygglagen: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lansstyrelsens-tillsyn/tillsynsvagledning_naturolyckor/tillsynsvagledning-oversvamning/stod-till-lansstyrelsen-vid-riskbedomning/bedomning-oversvamning/
- Boverket. (den 23 December 2020a). *Översvämningsrisk vid planläggning*. Hämtat från PBL Kunskapsbanken - en handbok om plan- och bygglagen: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lansstyrelsens-tillsyn/tillsynsvagledning_naturolyckor/tillsynsvagledning-oversvamning/
- Boverket. (den 22 December 2020b). *Utgångspunkter för bedömning av översvämningsrisk*. Hämtat från PBL Kunskapsbanken - en handbok om plan- och bygglagen: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lansstyrelsens-tillsyn/tillsynsvagledning_naturolyckor/tillsynsvagledning-oversvamning/stod-till-lansstyrelsen-vid-riskbedomning/utgangspunkter/
- COWI. (2016). *Guide för analys av översvämningsrisker*. Göteborg: COWI.
- Göteborg Kretslopp och Vatten. (2021). *Strukturplan för hantering av översvämningsrisker - Metodbeskrivning*. Göteborg: Göteborgs Stad.
- Göteborgs Stad. (2019). *Tematisk tillägg för översvämningsrisker*. Göteborg: Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad.
- Jogréus, C. (2009). *Matematisk statistik med tillämpningar*. Lund: Studentlitteratur.
- Lantmäteriet. (den 9 Februari 2022). *Laserskanning för Nationell Höjdmodell (2009-2019)*. Hämtat från Webgisportal: <https://webgisportal.lantmateriet.se/portal/apps/webappviewer/index.html?id=7e615bb3b343490d8e2c6d1d2793cf8b>
- Länsstyrelserna Stockholms & Västra Götalands län. (2021). *Klimatrelaterade risker i översiktplanering - Metodstöd*. Stockholm och Göteborg: Länsstyrelserna.
- Malmö Stad. (2017). *Skyfallsplan för Malmö*. Malmö: Malmö Stad.
- MSB. (2013). *Pluviala översvämnningar - Konsekvenser vid skyfall över tätorter*. Karlstad: MSB.
- MSB. (2017). *Vägledning för skyfall - Tips för genomförande och exempel på användning*. Karlstad: MSB.
- Nationella expertrådet för klimatanpassning. (2022). *Första rapporten från Nationella expertrådet för klimatanpassning*. Stockholm: Nationella expertrådet för klimatanpassning.
- NCC. (2020). *Översvämningsanpassat byggande*. Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF).
- Shand, T., Smith, G., Cox, R., & Blacka, M. (2011). Development of Appropriate Criteria for the Safety and Stability of Persons and Vehicles in Floods. *Proceedings of the 34th World Congress of the International Association for Hydro- Environment Research and Engineering: 33rd Hydrology and Water Resources Symposium and 10th Conference on Hydraulics in Water Engineering* (ss. 1-9). Brisbane: University of New South Wales.
- SMHI. (2017). *KLIMATOLOGI Nr 47, Extremregn i nuvarande och framtida klimat*. Norrköping: SMHI.
- SMHI. (2021a). *KLIMATOLOGI Nr 65, 2021 Klimat i förändring 2021 - Den naturvetenskapliga grunden*. Norrköping: SMHI.

- SMHI. (den 22 September 2021b). *Skyfall och rotblöta*. Hämtat från SMHI:
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/regn/rotblota-1.17339>
- SMHI. (den 23 Juni 2021c). *Vattanflöden 2020*. Hämtat från SMHI Klimat:
<https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/arets-vatten/vattenfloden-2020-1.170002>
- SMHI. (den 17 April 2021d). *RCP scenarier*. Hämtat från SMHI Kunskapsbank:
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/rcp-er-den-nya-generationen-klimatscenarier-1.32914>
- SMHI. (den 27 Januari 2022). *SSP-scenarier*. Hämtat från SMHI Kunskapsbanken:
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier>
- Sweco. (2020). *Ekonomisk analys av strukturplaneåtgärder mot översvämning från nederbörd - Analys med verktyget FloodMan*. Göteborg: Göteborgs Stad.
- Sweco. (2021). *Underlag till samhällsekonomiska beräkningar för skyfallsåtgärder med verktyget FloodMan*. Göteborg: Sweco.

SMHI har en livsviktig roll som pålitlig expertmyndighet. Genom vår gedigna kunskap om väder, vatten och klimat bidrar vi till att öka hela samhällets hållbarhet.

Vi samlar in mängder av data som vi bearbetar, modellerar och visualiserar utifrån olika scenarier. Vi följer omvärldens utveckling och genom vår egen forskning utvecklar och sprider vi kunskap och tjänster som bygger på vetenskaplig grund. Vi utvärderar, analyserar, prognostiserar och följer upp. Varje dag, dygnet runt, året om.

Därför vågar vi lova dig ständigt aktuella beslutsunderlag som gör det lättare att planera på både kort och lång sikt – allt från din utflykt till framtidens infrastruktur. Våra underlag hjälper samhället att nå de nationella miljökvalitetsmålen och hantera morgondagens globala utmaningar.

SMHI omsätter 916 miljoner kronor och har cirka 670 medarbetare. Huvudkontoret finns i Norrköping. SMHI har också kontor i Göteborg och Uppsala.

SMHI. Alltid de bästa underlagen för dina beslut.

SMHI

SMHI – SVERIGES METEOROLOGISKA OCH HYDROLOGISKA INSTITUT

601 76 Norrköping • Besöksadress Folkborgsvägen 17 • Telefon 011-495 80 00 • E-Post smhi@smhi.se • www.smhi.se