
Svenskt Vatten

UTVECKLING

Rapport
Nr 2021-18

Hydraulisk analys av lokal dagvatten- hantering

Underlag till reglering i ABVA

Maria Roldin
Alexander Bergman
Lars-Göran Gustafsson

Svenskt Vatten

UTVECKLING

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området.

Författarna är ensamt ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 16714 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 16751 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se

RAPPORTENS TITEL	Hydraulisk analys av lokal dagvattenhantering. Underlag till reglering i ABVA
TITLE OF THE REPORT	Hydraulic analysis of stormwater source control. Basis for regulation in ABVA
FÖRFATTARE	Maria Roldin, Alexander Bergman och Lars-Göran Gustafsson, DHI Sverige AB
RAPPORTNUMMER	2021-18
ANTAL SIDOR	62
SAMMANDRAG	Många VA-huvudmän har en utmaning i att hantera dels ökade mängder dagvatten på grund av förtätning och förändrat klimat, dels ökade reningskrav på dagvatten. För att lösa detta krävs det troligen en gemensam insats från VA-huvudmän och fastighetsägare. Rapporten redovisar hur dagvattenflödena påverkas om det ställs nya krav på fastighetsägare. Den utgör underlag till en samhällsekonomisk analys av hur ansvaret bäst fördelas.
SUMMARY	Many water and wastewater utilities face the challenges of managing increased stormwater flows due to urbanization and climate change, as well as meeting stricter demands for stormwater treatment. It is likely that a joint effort between utilities and property owners is necessary to successfully address these challenges. This report demonstrates how the stormwater system is affected if stormwater restrictions are introduced for property owners. It can serve as input for a socio-economic analysis of how to best split the responsibility for stormwater management between utility and property owners.
SÖKORD	ABVA, dagvatten, hydraulisk analys, dagvattenmodell, lokalt omhändertagande av dagvatten
KEYWORDS	ABVA, stormwater, hydraulic analysis, stormwater model, stormwater source control
MÅLGRUPPER	Kommunala VA-organisationer, VA-konsulter samt myndigheter, beslutsfattare och tjänstemän inom samhällsplanering och miljö
RAPPORT	Finns att hämta hem som pdf från Vattenbokhandeln. https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/
UTGIVNINGÅR	2021
UTGIVARE	© Svenskt Vatten AB
REFERENS	Roldin M., Bergman A. och Gustafsson L-G. (2021). Hydraulisk analys av lokal dagvattenhantering. Underlag till reglering i ABVA. SVU-rapport 2021-18. Stockholm, Svenskt Vatten.

Om projektet

PROJEKTNUMMER	20-106
PROJEKTETS NAMN	Hydraulisk analys för dagvattenreglering på fastighetsmark
PROJEKTETS FINANSIERING	Svenskt Vatten Utveckling, DHI, Göteborg kretslopp och vatten, Stockholm Vatten och avfall, VA Syd

Förord

Detta projekt är en del i ett större arbete som syftar till att utreda huruvida en reglering i ABVA, om hur fastighetsägare får använda sin dagvattenanslutning, kan vara en del av lösningen för att på mest samhällsekonomiska sätt möta framtidens utmaningar för dagvattenhantering i form av förändrat klimat, förtätade städer och ökade krav på rening. Arbetet med den övergripande frågeställningen initierades ursprungligen av Svenskt Vatten, och som en första etapp utformades ett SVU-projekt med syfte att undersöka hydrauliska effekter och potential för reningseffekt genom lokala regleringsåtgärder. Resultaten från denna första etapp ska sedan användas till en samhällsekonomisk analys för att värdera om det är motiverat att lägga en del av ansvaret på fastighetsägare.

I styrgruppen för projektet har följande organisationer och personer ingått:

Lars-Göran Gustafsson och Maria Roldin, DHI

Marie Falk, Kretslopp och vatten Göteborg

Rasmus Pierong och Eva Vall, Stockholm Vatten och Avfall

Magnus Bäckström och Gilbert Nordenswan, Svenskt Vatten

Kristina Hall, VA Syd

Vi har också haft en referensgrupp som följt projektet och kommit med värdefulla perspektiv under arbetets gång. I denna referensgrupp har Malin Engström (Växjö kommun), Dick Karlsson (Kretslopp och vatten Göteborg), Josefine Klingberg (RISE), Conny Persson (VAKIN) och Mathias von Scherling (Tyréns) medverkat.

Huvuddelen av arbetet med hydraulisk modellering har utförts av Alexander Bergman på DHI. Därutöver har även Fredrik Bergh, Claes Hernebring och Cecilia Wennberg på DHI bidragit genom rapportgranskning och synpunkter på slutresultaten. Jessie Schroeck, också DHI, har bistått med översättning till engelska av sammanfattningen.

Rapportförfattarna vill rikta ett stort och varmt tack till alla inblandade som medverkat och därigenom fått denna rapport att bli så bra och användbar som möjligt.

Maria Roldin, Alexander Bergman och Lars-Göran Gustafsson

Innehåll

Förord	2
Sammanfattning	4
Summary	5
Begreppsförklaring.....	6
1 Introduktion	7
2 Syfte och avgränsningar	9
3 Reglering av dagvatten i teorin och i praktiken.....	11
3.1 Teoretisk beskrivning av dagvattenreglering på fastighetsmark	11
3.2 Hantering av dagvatten på fastighetsmark i praktiken.....	13
3.3 Rening av dagvatten på fastighetsmark	14
3.4 Juridiska aspekter på reglering av dagvatten på fastighetsmark	15
4 Metodbeskrivning	16
4.1 Etablera referensscenarier	16
4.2 Definiera och applicera förändringsfaktorer.....	17
4.3 Känslighetsanalys av effekt från reglering av dagvatten	18
5 Dagvattenmodellen för den fiktiva staden "Regnköping"	22
5.1 Referensscenario – ursprunglig situation.....	22
5.2 Framtida scenario	23
5.3 Framtida scenario med krav på reglering.....	24
6 Känslighetsanalys av kravformulering på dagvattenreglering.....	25
6.1 Ingående parametrar och avgränsningar i känslighetsanalysen	25
6.2 Parametrar som utvärderas i känslighetsanalysen	27
7 Resultat av känslighetsanalys.....	30
7.1 Utvärdering med avseende på hydraulisk effekt	30
7.2 Utvärdering med avseende på bräddade volymer och inflöde till reningsverk i kombinerat system	38
7.3 Utvärdering med avseende på reningspotential av dagvatten genom LOD	44
8 Underlag till samhällsekonomisk analys	48
9 Diskussion	50
9.1 Regnköping kontra verkligheten.....	50
10 Slutsatser	52
Referenser	54
Bilaga A Modifierade regnserier för modellering av flödeskrav	56
Bilaga B Grunddata för Regnköping.....	57
Bilaga C Resultat från beräkningar med framtids scenario F1	58
Bilaga D Resultat från beräkningar med lokal reglering av dagvatten i kombinerat system	59
Bilaga E Resultat från beräkningar med lokal reglering av dagvatten i duplikat system	61

Sammanfattning

Många VA-huvudmän har en utmaning i att hantera dels ökade mängder dagvatten på grund av förtätning och förändrat klimat, dels ökade reningskrav på dagvatten. För att lösa detta krävs det troligen en gemensam insats från VA-huvudmän och fastighetsägare. Rapporten redovisar hur dagvattenflödena påverkas om det ställs nya krav på fastighetsägare. Den utgör underlag till en samhällsekonomisk analys av hur ansvaret bäst fördelas.

De flesta större städer förtätas med nya byggnader, och tidigare gröna ytor på kvartersmark omvandlas ofta till hårdgjorda genom till exempel stensättning. Samtidigt är det mycket hård konkurrens om utrymme på allmän platsmark för anläggningar, både över och under markytan. Allmän platsmark är till skillnad från kvartersmark avsedd för allmänna behov som gator och torg. Den utgör normalt en relativt begränsad del av ytan i en stad, 25–30 procent i till exempel Malmö och Göteborg. När hela stadens dagvatten ska tas omhand är det därför intressant att också undersöka om krav på fördröjning och rening lokalt på kvartersmark kan vara en del av lösningen, det vill säga innan dagvattnet når den gemensamma VA-anläggningen.

I vilken utsträckning är det rimligt och samhällsekonomiskt lönsamt att ställa krav på att fastighetsägare ska hantera dagvatten lokalt? Projektets övergripande mål var att bidra till svaret på den frågan. I dagsläget finns det dimensioneringskrav för nya dagvattensystem, men även många befintliga områden är berörda. Att införa en reglering i Allmänna bestämmelser för VA (ABVA) skulle ge möjlighet att ställa generella krav på åtgärder innanför förbindelsepunkten.

Projektet har undersökt effekterna av reglering av dagvattenhantering lokalt på kvartersmark och allmän platsmark ur ett teoretiskt, modellbaserat perspektiv. Utvärderingen har gjorts för olika typer av krav och för både överbelastat ledningsnät (hydraulik) och reningspotential. Beräkningar har gjorts för den fiktiva staden Regnköping som förhoppningsvis är representativ för många tätorter runt om i landet.

Analysen visar att reglering av dagvatten lokalt ger märkbar effekt på dagvattensystemets kapacitet och funktion. Resultaten varierar dels beroende på om regleringen avser flöde, volym eller ansluten yta, dels på vilken kravnivå som sätts. Lämplig kravnivå för volym och flöde kan kopplas till systemets dimensionerande regn. En magasinsvolym bör vara minst hälften av det dimensionerande regnets volym, annars är magasinet fullt när regntoppen kommer. Nivån för en flödesbegränsning behöver relateras till det dimensionerande regnets medelintensitet samt genomsnittlig andel hårdgjord yta i området. Det konstateras också att om allmän platsmark bara utgör en begränsad del av ytan, som här 25 procent, är det inte tillräckligt att reglera endast dagvatten från allmän platsmark för att uppnå god effekt av lokal dagvattenhantering – även kvartersmark behöver inkluderas.

Sammanfattningsvis konstaterar författarna att det går att komma en bra bit på vägen i arbetet att motverka effekter av klimatförändringar och förtätning genom att låta fastighetsägare vara med och dela på ansvaret för dagvattenhanteringen. Vikten av att alla inblandade dagvattenaktörer samarbetar har poängterats i flera tidigare publikationer. Den här utredningen ger ett underlag för att bedöma mer konkret hur ansvaret bör fördelas för att få den mest samhällsekonomiska lösningen.

Summary

Many water and wastewater utilities face the challenges of managing increased stormwater flows due to urbanization and climate change, as well as meeting stricter demands for stormwater treatment. It is likely that a joint effort between utilities and property owners is necessary to successfully address these challenges. This report demonstrates how the stormwater system is affected if stormwater restrictions are introduced for property owners. It can serve as input for a socio-economic analysis of how to best split the responsibility for stormwater management between utility and property owners.

Most larger cities are developing and building up areas that were originally parks and grassy areas, creating more impervious areas by paving them over. At the same time, there is fierce competition over public spaces for facilities, both above and below ground. Public spaces normally take up a relatively small amount of space in a city, 25 – 30 percent in e.g. Malmö and Gothenburg. When stormwater from the entire city should be dealt with, it is interesting to examine to what extent retention and treatment locally, before the stormwater reaches the common system, can be a part of the solution.

To what extent is it reasonable, and viable from a socio-economic point of view, to require that property owners manage their stormwater locally? The overall aim of this project was to contribute to answering that question. Today there are dimensioning criteria that should be met when constructing new stormwater systems, but the challenges of handling flows and treatment concern existing systems as well. If a regulation was introduced in the legal guidelines governing rights and responsibilities for water and wastewater customers (ABVA), it would enable the possibility to make general demands on property owners to manage their own stormwater, both in new and existing urban areas.

In this project, we have examined the effects of controlling stormwater locally within neighborhoods and in public spaces from a theoretical, model-based perspective. The evaluation has been performed for various types of requirements, and with respect to both system overloading (hydraulics) and treatment potential. The model simulations have been performed for the fictitious city of Regnköping, which hopefully is representative for many Swedish towns and cities.

The analysis shows, in general, that the control of stormwater locally on private properties and in public spaces has a measurable effect on the stormwater systems capacity and function. The results vary depending on the type and level of the demand, i.e. if it is the flow, the volume or the contributing area that is restricted and to what value it is limited. A volume demand needs to be at least half of the volume of the dimensioning rain, otherwise the retention volume is full when rain peak occurs. Flow limitations need to be related to the average intensity of the dimensioning rain as well as average imperviousness in the area. It is also seen that if public spaces only constitute a limited amount of the area, like 25% in this instance, it isn't sufficient to only control stormwater within the public spaces to achieve good results with stormwater management at the local level – private properties need to be included as well.

In summary, it is shown that real progress can be made in counteracting the effects of climate change and urbanization by letting landowners and residents be part of the process and share in the responsibility of stormwater management. The importance that all of those involved in stormwater questions cooperate with one another has been pointed out in several earlier publications, and with this investigation we now have a basis for determining concretely how the responsibility should be divided in order to get the most socio-economic solution.

Begreppsförklaring

<i>ABVA</i>	Allmänna bestämmelser för brukandet av den allmänna VA-anläggningen. Upprättas av varje VA-huvudman och fastställs av kommunfullmäktige i respektive kommun.
<i>Allmän platsmark</i>	Gata, väg eller park inom planområde som är avsedd för ett allmänt behov.
<i>Avrinningskoefficient</i>	Andel av ett avrinningsområde som bidrar till dagvatten. Anges i %. Används här synonymt till hårdgöringsgrad och andel hårdgjord yta.
<i>Avrinningsområde</i>	Område från vilket avloppsvatten kan avledas till en och samma punkt.
<i>Bidragande yta</i>	Andel av ett avrinningsområde som bidrar till dagvatten. Anges i m ² eller ha.
<i>Dimensionerande regn</i>	Fiktivt regn baserat på regnstatistik, som har en specificerad återkomsttid.
<i>Duplikat system</i>	Spillvatten och dagvatten avleds i separata ledningar.
<i>Fastighetsmark</i>	Samlingsterm för kvartersmark och allmän platsmark. I denna rapport används det för att beskriva de ytor som ligger uppströms förbindelsepunkt för kvartersmark och motsvarande för förvaltare av allmän plats.
<i>Hårdgöringsgrad</i>	Andel av ett avrinningsområde som är hårdgjort. Anges i %. Används här synonymt med avrinningskoefficient.
<i>Kombinerat system</i>	Spillvatten och dagvatten avleds i samma ledning, systemets funktion innebär att spill- och dagvatten bräddas till recipient vid en viss utspädningsgrad.
<i>Kvartersmark</i>	Mark inom planområde som inte är allmän platsmark, utan avsedd för bebyggelse eller verksamhet.
<i>LAV</i>	Lagen om allmänna vattentjänster (2006:142).
<i>Ledningshjässa</i>	Den högsta nivån i ett ledningstvårsnitt.
<i>LOD</i>	Lokalt omhändertagande av dagvatten. Syftar på anläggningar, metoder och tekniker som hanterar, fördröjer och renar dagvatten nära källan. I denna rapport används LOD som begrepp för åtgärder som görs på enskilda fastigheter, innan dagvattnet når det allmänna ledningsnätet.
<i>Trycklinje</i>	Trycklinjen förbinder nivåer till vilka en fri vattenyta kan stiga. En ledning med trycknivå ovanför hjässa innebär att vatten i en anslutande ledning kan stiga till trycklinjens nivå.

1 Introduktion

Många VA-huvudmän har idag en utmaning i att klara att avleda ökade mängder dagvatten och inte minst att kunna utföra den rening av dagvatten som krävs för att uppfylla miljö kvalitetsnormerna. I de flesta lite större städer pågår en ökad förtätning med nya byggnader och där tidigare gröna ytor på kvartersmark ofta omvandlas till hårdgjorda genom t ex stensättning. Samtidigt är det mycket hård konkurrens om utrymme på allmän plats för anläggningar, både över och under markytan. Det finns en målkonflikt mellan den täta, urbana staden och den gröna, hållbara staden.

Hållbar dagvattenhantering är en viktig del i att möta både dagens och framtida utmaningar. I Svenskt Vattens publikation P110, Avledning av dag- drän- och spillvatten. Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem (Svenskt Vatten, 2016) betonas vikten av att dagvattensystem utformas på ett hållbart sätt genom exempelvis lokal fördröjning nära källan samt att det krävs samarbete mellan både olika kommunala förvaltningar samt fastighetsägare, då ingen aktör har egen rådighet över dagvattenfrågan i sin helhet. Allmän plats utgör normalt en relativt begränsad del av ytan i en stad (25-30% i t ex Malmö och Göteborg). När hela stadens dagvatten ska tas omhand är det därför intressant att undersöka i vilken utsträckning fördröjning och rening på kvartersmark kan vara en del av lösningen för att avleda och/ eller rena dagvattnet.

I P110 anges dimensionskrav för nya dagvattensystem, men även många befintliga områden berörs av dagvattenrelaterade utmaningar. Förutsättningarna för dagvattenhanteringen i dessa områden är dock i stor utsträckning redan fastlagda, och i P110 konstateras därför att det inte kan fastställas generella krav på befintliga dagvattensystem på samma sätt som för ny bebyggelse, utan att det krävs samarbete med alla aktörer som bidrar till avrinning, och att åtgärder måste göras på såväl allmän som privat mark.

ABVA (Allmänna bestämmelser för VA) reglerar förhållandet mellan VA-abonnenter (fastighetsägare) och kommunen. Att införa en reglering i ABVA skulle därmed ge möjlighet att ställa generella krav på åtgärder innanför förbindelsepunkten. Eftersom ABVA gäller för alla fastigheter inom verksamhetsområdet är det en möjlighet att få åtgärder genomförda även i befintlig bebyggelse, det är ju dessa som normalt utgör den största delen av avrinningsområdet. Att som fastighetsägare få krav på sig att använda en del av sin tomtyta till fördröjning och rening av dagvatten innebär dock en begränsning av användandet, som måste beaktas. Utgångspunkten för projektet har varit att VA-huvudmannen ska kunna fullgöra sitt uppdrag och att undersöka om, och i så fall hur, det kan underlättas genom att i ABVA reglera hur fastigheter får använda sin dagvattenanslutning.

Idag saknas det skrivning om dessa frågor i Lagen om allmänna vattentjänster. Det är dock tydligt att huvudmannen inte oskäligt får begränsa eller försvåra fastighetens användning av sin förbindelsepunkt. Det saknas även rättspraxis kring krav på fastighetsägaren och det finns inte heller med i Svensk Vattens normalförslag till hur ABVA bör utformas.

Frågorna har behandlats i tidigare utredningar, bland annat klimatanpassningsutredningen (SOU 2017:42). I denna föreslås en ändring i Lagen om allmänna vattentjänster så att det blir möjligt att kräva att en fastighetsägare ska ta hand om eller fördröja delar av dagvattnet på fastigheten. Utredningen berörde främst dagvattenmängder, inte miljöaspekter relaterat till vattenkvalitet och rening.

Att undersöka hur (och om) ABVA kan användas för att på ett samhällsekonomiskt sätt fördela ansvaret för dagvattenhantering mellan fastighetsägare och VA-huvudman i ett förändrat klimat med förtätade städer är en komplex frågeställning som inbegriper flera olika typer av analyser. Den övergripande frågeställningen handlar om huruvida

lokala åtgärder på fastighetsmark ger samma eller bättre effekt vad avser rening och hydraulisk kapacitet än om motsvarande effekt ska uppnås genom att VA-huvudmannen bygger anläggningar centralt. För detta krävs dels en analys av vilken effekt olika typer av lokala åtgärder uppströms förbindelsepunkten har på hydraulik och vattenkvalitet i dagvattenssystemet, dels en samhällsekonomisk analys som klargör om det är samhällsekonomiskt motiverat att låta fastighetsägare genomföra lokala åtgärder istället för, eller som komplement till, gemensamma anläggningar som VA-huvudmannen ansvarar för. Det är den förstnämnda delen – en hydraulisk analys – som redovisas i denna rapport.

2 Syfte och avgränsningar

De övergripande syftena med denna rapport är

- att undersöka i vilken utsträckning reglering av dagvatten lokalt på fastighetsmark kan bidra till att återställa dagvattensystemets ursprungliga funktion trots ökad belastning på grund av klimatförändring och förtätning,
- att undersöka i vilken utsträckning hantering av dagvatten lokalt på fastighetsmark kan öka potentialen för rening av dagvattnet,
- att utgöra underlag till en samhällsekonomisk analys som ska ge svar på om det är samhällsekonomiskt motiverat att ställa krav på fastighetsägare att hantera sitt eget dagvatten.

Rapporten är det första steget i arbetet med att klarlägga om och hur en reglering av dagvatten på fastighetsmark kan utformas i ABVA. Figur 2.1 nedan visar de olika etapperna i den övergripande frågeställningen. Denna rapport täcker in etapp A och B samt delar av etapp C.



Innehållet i denna rapport är baserat på en teoretisk modellanalys som tydliggör sambandet mellan olika typer och omfattning av åtgärdskrav, och vilka effekter som fås på ledningsnät med avseende på hydraulik och reningspotential.

Den hydrauliska modellen ska visa på effekterna av ökad hårdgöringsgrad (förtätning) och ökad regnintensitet (klimatförändring). Den ökade flödesbelastningen orsakad av dessa förändringar skall därefter kompenseras genom åtgärder uppströms förbindelsepunkten, av fastighetsägare respektive förvaltare av allmän plats. Syftet är att visa på vilka typer av reglering som ger bäst effekt för ledningsnätets olika delar, både med avseende på hydraulik (att ledningsnätet ska klara säker avledning för en dimensionerande händelse) och reningspotential (hur stor andel av allt dagvatten som passerar genom lokal fördröjningsanläggning och därmed har potential att renas i denna). Åtgärder och kravtyper ska därefter kunna kopplas till kostnader och nyttor för att resultaten ska kunna användas i en samhällsekonomisk analys (etapp D ovan).

Figur 2.1

Etapper som behövs för att besvara den övergripande frågeställningen hur reglering av dagvatten från fastighetsmark bör utformas på bästa sätt ur samhällsekonomisk synpunkt. Denna rapport omfattar etapp A, B och delar av C.

Under projektets inledning och fortgång fördes många diskussioner kring avgränsningar och inriktningar för studien:

- *”Behoven av reglering ser olika ut i olika kommuner, och i olika stadsdelar”*

Det här är en teoretisk undersökning med syfte att vara så generell som möjligt för att visa om metodiken med åtgärder på tomtmark är bättre än, eller ett komplement till, att huvudmannen gör alla de åtgärder som krävs. I verkligheten, i en stad med olika förutsättningar i olika områden, kommer man sannolikt inte få precis de resultat som visas i denna rapport. Resultatet ska ingå i Svenskt Vattens publikation som visar hur man bör utforma ABVA, men varje VA-huvudman avgör vilka behov av dagvattenreglering man har.

- *”Vilka krav är egentligen rimliga att ställa på en fastighetsägare?”*

Det finns givetvis en gräns för hur hårda krav som är rimliga att ställa på en fastighetsägare, åtgärderna måste vara genomförbara. Vi har dock inte försökt definiera den gränsen här, utan fokus har legat på att visa vilken effekt som fås vid olika krav. I viss utsträckning handlar ”rimligt” om vilka värden samhället prioriterar. Vad som är rimligt handlar också om en avvägning av vilka åtgärder som ska utföras och bekostas av den enskilde kontra VA-kollektivet, på samma sätt som till exempel görs vid behov av tryckstegring eller pumpning av avloppsvatten. I denna punkt ingår naturligtvis även diskussionen kring hur man motiverar för en fastighetsägare att de ska genomföra åtgärder själva trots att de betalar för en tjänst. Detta är dock inte något vi berör vidare i denna utredning.

- *”Kombinerat system eller duplikatsystem?”*

Även om duplikatsystem är det till ledningslängd sett den vanligaste systemfunktionen, är stor del av dagvattenproblematiken kopplad till kombinerade system, både översvämning, bräddning och tillskottsvatten till avloppsreningsverket. Analyserna är därför gjorda för båda systemtyperna.

- *”Ska nyttan med åtgärder vägas mot kostnaden av skador?”*

Utgångspunkten i denna utredning är att dagvattensystemet ska uppfylla de krav som ställs, dvs målet för reglering och åtgärder är att systemet ska vara korrekt dimensionerat för säker avledning av dagvatten samt uppfylla de krav på rening som krävs för att uppnå miljö kvalitetsnormer. Att avstå från åtgärder som leder till att kraven uppfylls, för att istället acceptera en viss skadekostnad, är därmed inte ett alternativ som undersökts här. Motiveringen är att avvägningen mellan skadekostnad/-konsekvens och kostnad för åtgärder redan är gjord i och med den valda dimensioneringsnivån för dagvattensystemet.

En ytterligare avgränsning är att detta projekt inte inkluderar skyfall och liknande extremsituationer, utan fokus ligger på att undersöka systemets funktion vid de situationer som är dimensionerande för ledningsnätet.

3 Reglering av dagvatten i teorin och i praktiken

Reglering av dagvatten från fastighetsmark innebär att dagvattenflödet och/eller dagvattenvolymen ut från fastigheten begränsas. Regleringen kan beskrivas dels teoretiskt – vilken påverkan regleringen får på avrinningens flödestopp och volym, dels praktiskt – vilken typ av anläggning som används för regleringen. Därutöver finns aspekten kring reningseffekt – vilken påverkan olika typer av dagvattenanläggningar har på föroreningshalten. Slutligen finns även den juridiska aspekten – hur man i lagar och bestämmelser kan ställa krav på fastighetsägare att hantera sitt dagvatten lokalt. Sammanfattningsvis kan man alltså beskriva reglering av dagvatten från fastighetsmark ur dessa olika aspekter:

1. Teoretisk hydrauliskt – hur kan reglering av dagvatten från fastighetsmark beskrivas rent hydrauliskt?
2. Praktiskt – vilka typer av anläggningar kan användas för att reglera dagvatten på fastighetsmark?
3. Reningsmässigt – vilken rening kan förväntas av dagvatten som hanteras lokalt på fastighetsmark?
4. Juridiskt – hur kan reglering av dagvatten formuleras i lagar och bestämmelser?

I detta kapitel görs först en genomgång av olika teoretiska typer av reglering. Dessa teoretiska typer av reglering har legat till grund för metodiken och känslighetsanalysen i vår utredning. Därefter beskrivs vilka olika typer av konkreta åtgärder som kan användas på fastighetsmark för att uppnå den reglering som krävs, och en kort diskussion förs kring hur teori och praktik kan länkas samman, dvs vilken typ av åtgärd på fastighetsmark som motsvarar de olika teoretiska regleringarna, och vice versa. Sist beskrivs kort vilka lagar och bestämmelser som styr reglering av dagvatten idag, och vilka juridiska aspekter som är viktiga att beakta i samband med krav på reglering av dagvatten.

3.1 Teoretisk beskrivning av dagvattenreglering på fastighetsmark

Dagvattenreglering kan principiellt delas in i tre olika typer av hydraulisk begränsning, som vi härnäst kommer benämna flödeskrav, volymkrav och areakrav.

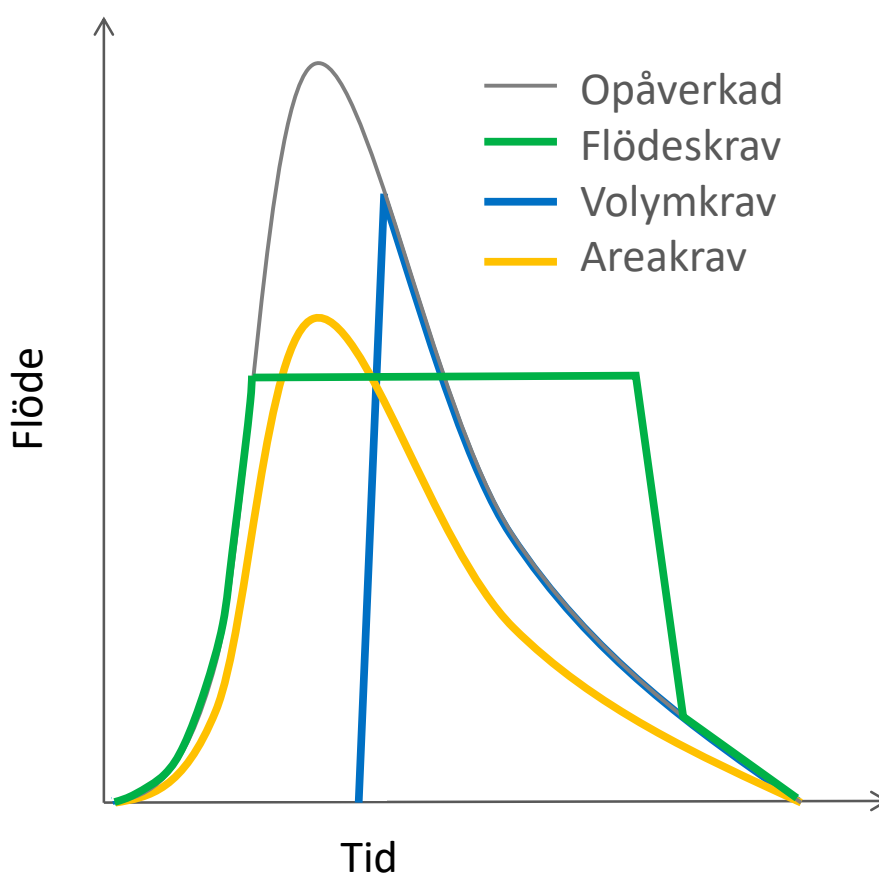
Ett flödeskrav innebär att en reglering sätts på flödet. Generellt innebär detta en begränsning av maximalt tillåtet utflöde från fastigheten, ofta definierat i enheten liter per sekund och hektar (l/s,ha). Om avrinningen från fastigheten överskrider det tillåtna värdet måste den överskjutande delen av avrinningen att fördröjas på fastigheten, och hållas kvar där tills avrinningen understiger det tillåtna flödet. Flödesreglering innebär inte per definition någon minskning av den totala avrinningsvolymen, även om det naturligtvis i praktiken kan finnas anläggningar som både innebär en begränsning av flödet och en minskning av volymen. Den hydrauliska effekten av denna reglering blir således att flödestoppen minskar och förlängs, under förutsättning att det tillåtna flödet understiger den oreglerade avrinningen från fastigheten. Detta illustreras av den gröna linjen i Figur 3.1.

Ett volymkrav innebär att en reglering sätts på avrinningsvolymen, oftast genom att man anger ett visst antal mm nederbörd som ska magasineras. Detta innebär att om regnet är större än den angivna magasinvolymen, kommer magasinet att fyllas upp initialt, och när det är fullt kommer återstående del av avrinningen att passera ut oreglerat från

fastigheten. Volymkrav innebär inte per definition att toppflödet minskar; om magasinet hinner fyllas upp helt innan flödestoppen inträffar så kommer maxflödet vara oförändrat. Den hydrauliska effekten av denna reglering illustreras av den blå linjen i Figur 3.1

Ett areakrav innebär att en reglering sätts på hur stor andel av den totala fastighetsytan som tillåts bidra till avrinningen. Andelen bidragande yta uttrycks ofta i procent i form av en avrinningskoefficient. Detta innebär teoretiskt att avrinningen minskar procentuellt under hela förloppet, dvs både en minskning av flödestopp och av avrinningsvolym, vilket illustreras av den gula linjen i Figur 3.1.

Den oreglerade avrinningen från fastigheten visas som grå linje i Figur 3.1. Samtliga tre teoretiska regleringar innebär någon form av magasinering, vilket motsvaras av arean mellan den grå linjen (oreglerad avrinning) och den gröna, blå eller gula linjen i Figur 3.1. För flödeskrav antas den magasinerade volymen tillföras systemet så snart utrymme finns, medan för volymkrav och areakrav antas den magasinerade volymen inte belasta dagvattensystemet.



Figur 3.1

Schematisk illustration av de tre olika teoretiska typerna av reglering och deras effekt på flödet vid regn. Grå kurva motsvarar opåverkad (oreglerad) avrinning och de tre färgade kurvorna visar avrinning vid olika typer av reglering.

Som tidigare nämnts är ovanstående tre kravtyper teoretiska generaliseringar av verkligheten. Ett magasin (representerat av blå linje) har tex ofta någon form av kontinuerlig avtappning, men i denna generalisering har vi utgått från att avtappningen från detta magasin är så liten att den kan försummas under själva regn- och avrinningsförloppet. En flödesreglering är i praktiken oftast inte ett strikt konstant värde, utan regleringen utgörs kanske av en ledning med väldigt liten dimension, eller av att dagvattnet behöver infiltrera genom ett jordlager för att sedan samlas upp i en dräneringsledning, och i båda fallen blir inte utflödet konstant utan beror på vattennivån i fördröjningsvolymen uppströms ledningen eller ovanför infiltrationsskiktet. I fallet areakrav så är den yta som bidrar till avrinning inte nödvändigtvis konstant i praktiken – grönytor antas generellt sett inte generera avrinning vid måttliga regn, men vid kraftiga eller mycket kraftiga

regn kan grönytor bli mättade och därefter börja bidra till avrinning på liknande sätt som hårdgjorda ytor.

Alla ovanstående varianter som existerar i verkligheten har vi förenklat bort i de tre teoretiska kraven, och renodlat dem så att de beskriver de mest grundläggande funktionerna i enlighet med graferna i Figur 3.1. Detta har gjorts för att så långt som möjligt kunna tydliggöra effekter av olika typer av reglering och kunna dra generaliserade slutsatser i en känslighetsanalys.

3.2 Hantering av dagvatten på fastighetsmark i praktiken

Syftet med denna utredning är att utgöra underlag till en kommande samhällsekonomisk analys, och ur den aspekten är det givetvis nödvändigt att kunna relatera de teoretiska kravtyperna, som representerar olika former av reglering, till konkreta åtgärder som används i praktiken.

Åtgärder som fördröjer och hanterar dagvatten på fastighetsmark benämns ofta LOD (Lokalt Omhändertagande av Dagvatten), och beskrivs i ett flertal rapporter från Svenskt Vatten och SVU. I publikation P105, Hållbar dag- och dränvattenhantering. Råd vid planering och utförande (Svenskt Vatten, 2011) beskrivs övergripande hur kommuner kan arbeta för att i planprocessen skapa en hållbar dagvattenhantering inklusive lokalt omhändertagande av dagvatten. I SVU-rapporten Simulerade effekter av trög avvattning (von Scherling, 2020) beskrivs hur olika system för trög avvattning påverkar dagvatten-systemet. I rapporten inkluderas åtgärderna regntunnor, gröna tak, utjämningsmagasin, regnbäddar, infiltrationsstråk, permeabla beläggningar samt svackdiken, där samtliga (möjligtvis med undantag för större utjämningsmagasin) är exempel på LOD-system som kan användas lokalt på enskilda fastigheter. Flertalet av dessa åtgärder återfinns även i en annan SVU-rapport, Kunskapssammanställning Dagvattenrening (Blecken, 2016) som beskriver effekten av olika typer av anläggningar för dagvattenrening.

För att kunna länka samman dessa åtgärder med de teoretiska kravtyperna som beskrivs i avsnitt 3.1 behöver man se till funktionen och utformningen av de olika åtgärderna. I SVU-rapporten Simulerade effekter av trög avvattning (von Scherling, 2020) har en motsvarande ansats gjorts genom att beskriva en eller flera mekanismer för trög avvattning som respektive åtgärd använder. Mekanismerna är dock inte helt överlappande med våra tre kravtyper som specificeras i kapitel 3.1, och därför har vi här tagit fram en ny lista som baseras på samma LOD-system men med hänvisning till de tre teoretiska kravtyperna.

Regntunna/regnmagasin

Som utgångspunkt motsvarar denna kravtyp 2 – volymkrav, dvs den magasinerar regn utan avtappning till ledningsnät tills den är full, därefter går resterande avrinning direkt till ledningsnät utan reglering.

Gröna tak

Gröna tak kan i princip sägas motsvara alla tre kravtyperna, beroende på utformning. Ett platt tak med begränsad dränering motsvarar volymkrav som kan hantera en viss volym – eller areakrav om magasinskapaciteten är stor då den kan sägas minska den bidragande ytan. För ett tak med lutning och dränerande skikt kan regnet antas infiltrera ner genom jordsubstratet och därefter dräneras till stuprör med en viss begränsning/fördröjning, och denna effekt motsvarar då ett flödeskrav (i kombination med ett volymkrav eftersom gröna tak så gott som alltid har en vattenhållande funktion).

Utjämningsmagasin

Ett utjämningsmagasin motsvarar i första hand kravtypen flödeskrav, då dess primära

syfte är att begränsa och utjämna flödet. Eftersom en begränsning och utjämning av flödet alltid innebär någon form av magasinering av den utjämnade volymen, kan ett utjämningsmagasin även sägas vara en kombination av flödeskrav och volymkrav, vilket blir relevant att beakta framförallt om volymen som är tillgänglig för utjämning inte räcker till. I sådana fall kan effekten bli att avrinningen leds vidare oreglerat när den tillgängliga magasinvolymen är full.

Regnbäddar

En regnbädds primära syfte är oftast rening, även om den i de allra flesta fall även inbegriper magasinering och fördröjning. Om regnbädden inte är kopplad till ledningsnätet genom exempelvis dräneringsledning i botten eller liknande motsvarar den ett volymkrav. Om det finns dräneringsledning kopplat till dagvattensystemet motsvarar den istället flödeskrav (eventuellt i kombination med volymkrav om regnbäddens magasineringsskapacitet är begränsad i förhållande till regnet).

Infiltrationsstråk

Med infiltrationsstråk avses här (samt i von Scherling, 2020) lågstråk eller lågpunkter i form av diken eller svackor där vatten kan ställa sig och infiltrera till omkringliggande mark, utan koppling till ledningsnätet. Således motsvarar dessa kravtypen Volymkrav.

Permeabla beläggningar

Permeabel beläggning som LOD-åtgärd avser en speciell typ av ytbeläggning som kan användas istället för t ex asfalt, men som har förmåga att infiltrera vatten. Det kan vara allt ifrån grus till armerad gräsyta, stenplattor med permeabla fogar, eller speciella typer av permeabel asfalt med eller utan kompletterande magasinering undertill. Vid små till måttliga regn motsvarar denna åtgärd ett areakrav, eftersom den bidragande ytan minskar. Vid större regn blir effekten som vid volymkrav, dvs att första delen av regnet magasineras och när kapaciteten är full rinner resterande del av regnet oreglerat vidare.

Svackdiken

Svackdiken är gräsbeklädda diken, oftast med flack sidlutning, avsedda att fördröja, magasinera och infiltrera dagvatten. De kan vara utrustade med extra magasin i botten (stenkista, infiltrationsbädd eller liknande) och även i vissa fall med dräneringsrör. Grundprincipen för reglering motsvarar flödeskrav då den begränsar flödet, men om infiltration sker till omkringliggande mark kan den även delvis motsvara ett volymkrav.

3.3 Rening av dagvatten på fastighetsmark

Lokalt omhändertagande av dagvatten innebär ofta även en avskiljning av föroreningar. I denna rapport kommer vi inte uttryckligen redovisa reningseffekt, utan enbart vilka volymer som fördröjs, magasineras eller infiltreras på fastighetsmark, och därmed vilken potential som finns för rening av dagvatten genom LOD. I nästa steg behöver dessa volymer kompletteras med dels ett antagande om reningsgrad för LOD-åtgärderna, dels en fastslagen nödvändig övergripande reningsgrad som krävs för att uppnå miljökvälighetsnormer. På så vis kan behov av ytterligare reningsanläggningar fastställas, i de fall då LOD ensamt inte räcker till för att uppnå miljökvälighetsnormer.

3.4 Juridiska aspekter på reglering av dagvatten på fastighetsmark

Dagvatten regleras i flera lagar. De viktigaste är Miljöbalken (MB), plan- och bygglagen (PBL) och lagen om allmänna vattentjänster (LAV).

MB reglerar huvudsakligen dagvattnets påverkan på miljön och verksamhetsutövarens ansvar.

PBL reglerar kommunernas ansvar att planera bebyggelse. I dessa sammanhang är kommunerna skyldiga att ta hänsyn till översvämningsskador och bestämma hur dessa risker ska hanteras i samband med planering av bebyggelsen. Det kan exempelvis handla om var bebyggelse kan lokaliseras, hur marken ska höjdsättas, eller hur stor andel som får vara hårdgjord.

Allmänna VA-anläggningar (såsom kommunala ledningsnät) och dess användande regleras i lagen om allmänna vattentjänster (LAV). Syftet med LAV är att skydda människors hälsa och miljön. Därutöver får kommunerna fastställa ytterligare föreskrifter för användandet av anläggningen (Allmänna bestämmelser VA – ABVA).

LAV och ABVA är bara tillämpliga inom de områden där kommunen har beslutat om verksamhetsområde för avlopp eller dagvatten. Inom dessa verksamhetsområden ska kommunen ha bedömt att det föreligger ett behov av att leda bort det vatten som fastighetsägarna och de som är ansvariga för allmän platsmark har avvattnat.

När VA-huvudmannen (den som äger den allmänna VA-anläggningen) har byggt de anläggningar som behövs för detta ändamål och informerat de berörda om detta så uppstår en avgiftsskyldighet. Kostnaderna för denna utbyggnad är en självkostnad som ska fördelas på de avgiftsskyldiga enligt vad som anses skäligt och rättvist. Det ligger därmed i fastighetsägarnas intresse att de mest effektiva åtgärderna genomförs.

Den allmänna anläggningen ska vidare uppfylla skäliga anspråk på säkerhet. Detta innebär i praktiken att den ska dimensioneras och byggas på ett sätt så att fastighetsägare inom verksamhetsområdet inte riskerar att få översvämningsskador på sina fastigheter oftare än, statistiskt sett, vart 10 år.

Huvudmannens anläggningar kan inte hantera obegränsat med vatten. De som använder den allmänna VA-anläggningen får enligt 21 § LAV inte göra det på ett sätt som medför skador, olägenheter eller att huvudmannen får svårt att uppfylla de krav som ställs på VA-anläggningen. Kommunerna kan meddela ytterligare föreskrifter om användningen genom ABVA. Dessa föreskrifter gäller för alla inom verksamhetsområdet.

Föreskrifterna i ABVA får endast reglera användandet och inte hur fastigheternas installation ska vara utformad, sådana bestämmelser hör hemma i bygglagstiftningen. Vidare får inte föreskrifterna på ett oskäligt sätt försvåra möjligheterna för fastighetsägarna att använda anläggningen.

När det gäller spillvatten är huvudmannen endast skyldig att ta emot spillvatten som inte på ett väsentligt sätt avviker från normalt hushållsspillvatten. Svenskt Vatten anser att huvudmannen inte ska vara skyldig att ta emot dagvatten som med större fördel kan fördröjas eller ledas bort på annat sätt än genom den allmänna VA-anläggningen.

4 Metodbeskrivning

Metodiken som använts är en modellbaserad teoretisk analys, som syftar till att undersöka hur olika kravformuleringar på kvartersmark och allmän plats påverkar det dagvattenförande systemets hydraulik och kapacitet samt föroreningsbelastning. För detta har en beräkningsmodell satts upp som beskriver avrinning och ledningsnätsflöden för en fiktiv stad – ”Regnköping”. Modellen har sedan använts för att analysera olika framtidsscenarier med ökad belastning, samt olika typer och nivåer av dagvattenreglering på kvartersmark och allmän plats.

I detta kapitel beskrivs de tre moment som har ingått i undersökningen, och i kapitel 5 beskrivs modellen för det fiktiva dagvattensystem som har använts i analysen.

4.1 Etablera referensscenarier

Första delen av analysen bestod i att etablera referensscenarier – designa det ”korrekt dimensionerade dagvattenförande systemet”. Med ett korrekt dimensionerat system avses här ett system som varken är under- eller överdimensionerat, och uppfyller följande kriterier:

- Trycknivån i ledningen överstiger inte på något ställe ledningshjässa i samband med ett dimensionerande regn (för val av dimensionerande regn, se nedan)
- Maximal fyllnadsgrad i samband med dimensionerande regn ligger mellan 90 och 100% för samtliga ledningar
- Ingen bräddning sker från kombinerat system i samband med dimensionerande regn

Dimensionerande regn är fiktiva regn som är skapade baserat på regnstatistik. Dessa är antingen blockregn (med konstant intensitet) för en viss varaktighet eller så kallade CDS-regn (Chicago Design Storm) som innehåller en kombination av olika regnintensiteter och varaktigheter. Vid val av dimensionerande regn är det särskilt viktigt att beakta rinntiden för området, dvs hur lång tid det tar för avrinningen att transporteras från den mest avlägsna punkten i området ner till avrinningsområdets utloppspunkt, och välja en varaktighet som är minst densamma som rinntiden. Vid regn som har kortare varaktighet än rinntiden kommer inte hela området att bidra med avrinning samtidigt, och därmed underskattas flödet. Eftersom CDS-regn innehåller en kombination av många olika varaktigheter är de särskilt väl lämpade att använda vid större sammansatta system där olika delområden, med sinsemellan olika rinntider, samverkar (så som det generellt är i avrinningsområden som motsvarar en stadsdel eller stad). Den längsta varaktigheten för CDS-regnet bör då motsvara rinntiden för hela området.

Vid val av dimensionerande regn bör givetvis även återkomsttiden beaktas, och väljas baserat på de funktionskrav som ställs på dagvattensystemet. Om kravet är att ledningarna inte ska gå fulla mer än vart tionde år, bör ett CDS-regn med tio års återkomsttid väljas (och maximal varaktighet sättas i enlighet med resonemanget i ovanstående stycke). I Sverige finns standarder och praxis kring vilka återkomsttider som bör gälla för dimensionering olika typer av dagvattenförande system, baserat på publikationer från Svenskt Vatten. Fram till 2004 gällde publikationen VAV P28, därefter ersattes denna av P90 – Dimensionering av allmänna avloppsledningar. 2016 kom den publikation som gäller idag: P110 – Avledning av dag-, drän- och spillvatten. Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem. I P110 är generellt kraven högre satta än P90, dvs den återkomsttid som ska gälla för dimensionering är högre. P110 betonar dessutom i hög utsträckning vikten av hållbara dagvattensystem i form av öppna system, lokal fördröjning och samarbete mellan alla aktörer.

I denna utredning har valet av återkomsttider gjorts med utgångspunkt i att de områden som oftast har problem med underdimensionering idag är system som dimensionerades för mer än ett decennium sedan, och därmed baserades på den standard som gällde då, det vill säga P90. Tabell 4.1 nedan visar de funktionskrav som anges i P90.

Typ av område	Dimensionering för fylld ledning		Återkomsttid för trycklinje i	
	Dagvattenledning	Kombinerad ledning	Marknivå för dagvattenledning**** (Se fig. 3.1)	Källarnivå för kombinerad ledning (Se fig. 3.2)
Ej instängt* område utanför citybebyggelse	1 år	5 år	10 år	10 år
Ej instängt* område inom citybebyggelse	2 år	5 år	10 år	10 år
Instängt* område utanför citybebyggelse	5 år	10 år	10*** år	10 år**
Instängt* område inom citybebyggelse	10 år	10 år	10*** år	10 år**

Eftersom funktionskraven skiljer sig åt mellan kombinerade system och duplikatsystem har två olika referensscenarier skapats för Regnköping:

- Ko – referensscenariot för kombinerat system
- Do – referensscenariot för duplikat system

Tabell 4.1

Funktionskrav för dagvattenförande system enligt P90. (Svenskt Vatten, 2004)

Utifrån dessa har dimensioneringsgrunderna för de fiktiva systemen i Regnköping satts till följande:

- 5 års återkomsttid för fylld ledning i Ko
- 2 års återkomsttid för fylld ledning i Do

Man kan med visst fog hävda att det vore mer relevant att utgå från återkomsttiden för trycklinje i marknivå eller källargolvsnivå, snarare än den för fylld ledning, då det generellt är mark- eller källaröversvämningar som orsakar problemen och föranleder krav på åtgärd. Valet att utgå från återkomsttid för fylld ledning baseras på att det generellt är ledningsdimensionerna snarare än mark- eller källargolvsnivåer som dimensioneras och anpassas för att justera systemets kapacitet, och därmed styr huruvida funktionskravet uppfylls eller ej. Eftersom staden och dagvattensystemet är fiktiva kan vi dessutom göra antagandet att de två utgångspunkterna är jämförbara – dvs ett kombinerat system som uppfyller kravet om fylld ledning max en gång på 5 år, antas också uppfylla kravet på att källargolvsnivåer ligger över trycknivån vid ett dimensionerande 10-årsregn – och ansätta kritiska nivåer i systemet därefter. Detsamma gäller givetvis för det duplikata dagvattensystemet.

4.2 Definiera och applicera förändringsfaktorer

Efter att referensscenarierna etablerats och det verifierats att de uppfyller dimensioneringskriterierna enligt ovan, förändras belastningen genom att applicera förändringsfaktorer som ökar avrinningen på olika sätt och i olika omfattning. Förändringsfaktorerna motsvarar två olika fenomen som påverkar våra samhällen redan idag och förväntas göra det även i framtiden – klimatförändringar och förtätning.

Det råder bred vetenskaplig konsensus om att klimatförändringarna kommer att leda till ökad frekvens av intensiva regn framöver. Detta hanteras oftast genom att använda en klimatafaktor på regnet, som bidrar till motsvarande ökning av både intensitet och volym. Lämplig storlek på klimatafaktorn beror på en mängd olika faktorer – klimatscenario, tidshorisont, region, regnets varaktighet och återkomsttid, samt inte minst aktuellt

forskningsläge då ny kunskap om klimatet tillkommer hela tiden. Svenskt Vatten och SMHI rekommenderar i nuläget en klimatfaktor om minst 1,25 för korta varaktigheter, och 1,2 för långa varaktigheter, för anläggningar som väntas vara i bruk i slutet av detta århundrade (Svenskt Vatten och SMHI, 2020). Med utgångspunkt i detta har därmed klimatfaktorn satts till 1,25 för Regnköping.

Förtätning av städer har pågått i decennier och förväntas fortgå även framöver i olika utsträckning i olika städer och stadsdelar. Detta har oftast – men inte alltid – en påverkan även på dagvattenflöden, då det i många fall innebär att grönytor omvandlas till bebyggelse med hus och gator som genererar större mängder dagvatten. Variationen av graden av förtätning är givetvis stor, både inom en stad och mellan olika städer och tätorter. Redan tätbebyggda områden med stor andel hårdgjord yta kan inte förtätas i någon större utsträckning (omvandlingar i sådana områden kan till och med innebära ett minskat dagvattenflöde), medan glesare områden med villabebyggelse eller ytterområden med höghus och stora grönytor mellan husen kan förtätas avsevärt genom t ex avstyckning och nya huskroppar. Stockholms län antog år 2018 en regional utvecklingsplan (RUF5 2050 – Regional Utvecklingsplan För Stockholm) som anger riktningen för regionen fram till år 2050. I denna plan finns en analys av förtättningsfaktorer för olika bebyggelse typer, som har använts som utgångspunkt i vår analys. Förtättningsfaktorerna i RUF5 baseras på en antagen befolkningsökning på 50% i länet fram till 2050.

För det fiktiva Regnköping, som består av en mängd olika bebyggelse typer och ska vara representativ för en liten till mellanstor stad eller en del av en större stad (läs mer om Regnköping i kapitel 5), innebär förtättningsfaktorerna från RUF5 en sammanvägd förtättningsfaktor på 20% för hela Regnköping. Detta får anses vara en relativt hög förtättningsfaktor, och för många mindre städer sannolikt en överskattning. Den valda förtättningsfaktorn kan därför ses som en form av ”worst case scenario”.

Med anledning av den relativt högt satta förtättningsfaktorn, samt även det faktum att förtätning är något som kommunerna har stor rådighet över till skillnad från klimatförändringar, har två framtidsscenarioer valts ut för fortsatta analyser:

- F1 – framtidsscenario med både klimatfaktor (1,25) och förtätning (1,20), sammanlagd förändringsfaktor 1,5 (dvs motsvarar en ökning av dagvattenvolymer med 50%). Detta kan ses som en form av ”worst case scenario”
- F2 – framtidsscenario med enbart klimatfaktor (1,25). Detta kan ses som en form av ”best case scenario” eller för städer med liten/obefintlig förväntad förtätning som ett realistiskt scenario.

Huvuddelen av analyserna i moment 3 har gjorts utifrån scenario F1.

4.3 Känslighetsanalys av effekt från reglering av dagvatten

Med utgångspunkt i de två framtidsscenarioer som beskrivits i avsnitt 4.2 har en känslighetsanalys genomförts, där framtidsscenarioerna anpassats med olika typer av reglering av dagvatten från fastighetsmark (kvartersmark samt allmän plats). I känslighetsanalysen har beaktats olika typer av kravformuleringar, kravnivåer, implementeringsgrad samt regn. Samtliga dessa parametrar beskrivs nedan.

4.3.1 Kravformuleringar

Med kravformuleringar avses hur kravet på reglering är formulerat. Här har vi utgått från de tre teoretiska begränsningar som redovisas i kapitel 3.1, flödeskrav, volymkrav och areakrav. (se Figur 3.1) För att tydligt kunna se skillnader mellan dessa och kunna dra generaliserbara slutsatser har vi valt att hålla dessa tre typer helt åtskilda och renodlade i enlighet med de teoretiska beskrivningarna. Vi har alltså bortsett från att åtgärder som motsvarar ett volymkrav ofta även inbegriper en viss avtappning till ledningsnätet, eller att ett flödeskrav även i praktiken kan innebära en viss minskning av avrinningsvolym.

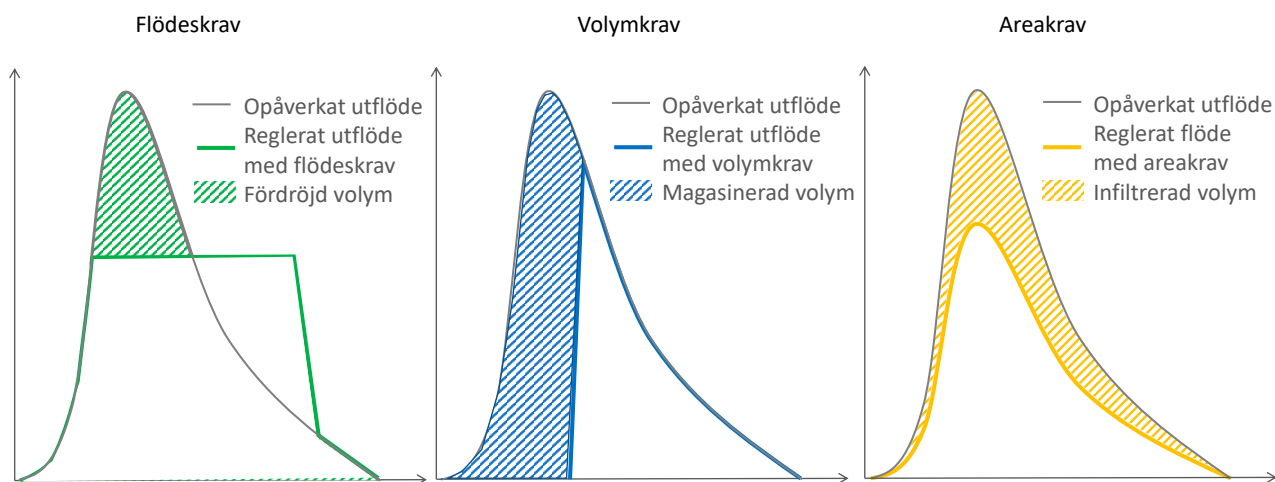
4.3.2 Kravnivåer

Med kravnivå avses det värde som dagvattenflödet, magasinvolymen eller bidragande yta regleras till. Effekten för de olika kravformuleringarna beror givetvis till stor del på vilken nivå kravet sätts på. Ett volymkrav på 10 mm har större effekt än ett krav på 5 mm, och ett flödeskrav på max 10 l/s,ha har större effekt än max 30 l/s, ha. Effekten beror även på om kravet avser hela avrinningsområdets totala yta eller bara den hårdgjorda (bidragande) delen. I denna utredning har vi valt att göra följande definitioner:

Flödeskrav utgår från hela ytan. Ett flödeskrav på 30 l/s,ha tillåter alltså samma utflöde (i liter per sekund) från ett hektar stort område oavsett hur stor andel av ytan som är hårdgjord. Detta innebär i praktiken en större effekt/hårdare krav på områden med hög avrinningskoefficient.

Volymkrav relateras till hårdgjord yta, dvs den yta som genererar dagvatten. 10 mm volymkrav motsvarar alltså 100 m³ på 1 ha om hela ytan är hårdgjord, men 50 m³ om endast halva ytan är hårdgjord.

Samtliga åtgärder motsvarar lokal magasinering/fördröjning i någon form, vilket enligt den teoretiska beskrivningen utgörs av arean mellan den grå linjen (opåverkad avrinning) och de färgade linjerna i Figur 3.1. Figur 4.1 nedan är en variant av Figur 3.1, som visar vilka areor som avses.



Figur 4.1

Illustration av den volym som fördröjs, magasineras eller infiltrerar lokalt vid reglering av dagvatten från fastighetsmark.

Eftersom effekten från respektive kravformulering varierar med olika faktorer så som typ av bebyggelse (avrinningskoefficient) så är kravnivåerna dock inte direkt jämförbara. Ett flödeskrav på max 30 l/s,ha kan t ex inte sägas motsvara en specifik magasinvolym överallt. Hur stor magasinvolym detta motsvarar kommer att variera mellan olika områden och hur lång varaktighet som studeras.

Detta till trots gjordes en initial ansats att skapa en uppsättning tämligen likvärdiga kravnivåer för de tre olika kravformuleringarna, för att ha som utgångspunkt. Dessa nivåer har sedan vid behov kompletterats med ytterligare nivåer i den mån det har ansetts relevant och nödvändigt för analysen.

Översättningen av kravnivåer mellan kravformuleringarna har gjorts enligt följande:

- Utgångspunkten har varit magasinvolymerna på 50, 25 och 10 m³.
- Beräkningar har baserats på ett "typområde" med storlek 1 ha, avrinningskoefficient 50% samt ett regn med varaktighet 10 minuter och återkomsttid 5 år.
- Med grund i ovanstående två punkter har respektive magasinvolym "översatts" till en motsvarande flödesbegränsning, magasinvolym i mm, samt begränsning i hårdgöringsgrad.

Detta resulterade i kravnivåer enligt tabell 4.2.

Motsvarande magasinvolym (m ³)	Flödeskrav (l/s/ha)	Volymkrav (mm)	Areakrav (%)
50	7	10	4
25	49	5	27
10	74	2	41

Som nämnts ovan har dessa kravnivåer använts som utgångspunkt, och därefter vid behov kompletterats.

4.3.3 Implementeringsgrad

Med implementeringsgrad avses hur stor del av avrinningsområdet som berörs av regleringen, dvs hur många och vilka fastighetsägare som reglerar dagvattnet. Det är självklart att graden av implementering påverkar vilken effekt ett krav på reglering av dagvatten har på systemet som helhet. Utgångspunkten i vår analys har varit att likvärdiga krav måste ställas på alla fastighetsägare, och vi har därför inte undersökt effekten av att reglera dagvatten endast från vissa bostadsområden men inte andra. (Däremot innebär vissa kravnivåer per automatik att en del bostadsområden inte berörs – exempelvis påverkas områden med hårdgöringsgrad 40% inte av ett areakrav på max 50% hårdgjord yta).

Vi har dock valt att undersöka skillnader mellan reglering av samtliga ytor och reglering på enbart allmän plats, samt reglering endast på kvartersmark. Motivet till detta var antagandet om att enbart reglering av dagvatten från allmän platsmark sannolikt inte är tillräckligt för att uppnå de krav som ställs på dagvattensystemet.

4.3.4 Regn

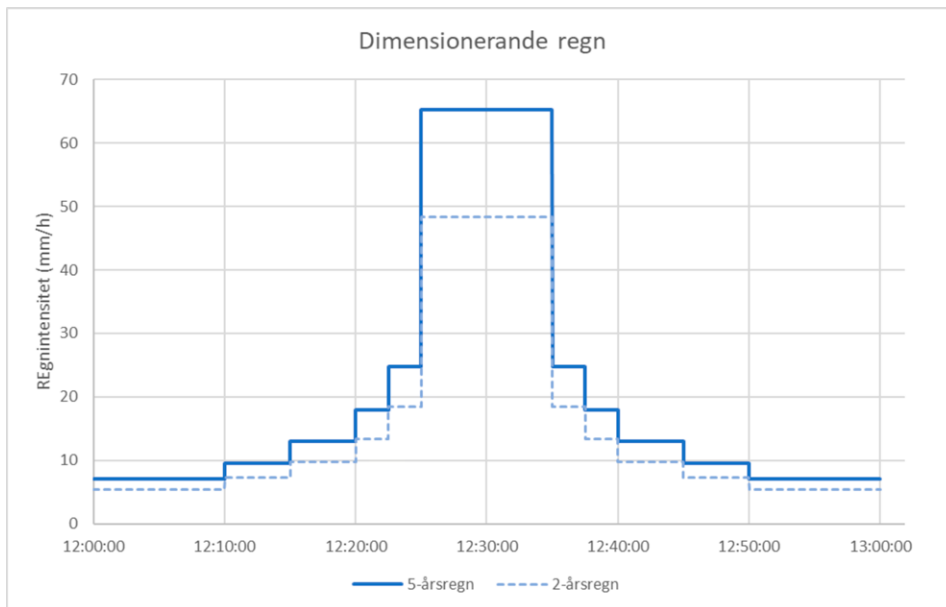
Tre olika regn har använts i känslighetsanalysen enligt nedan. Regnen visas även i Figur 4.2 och Figur 4.3.

1. CDS-regn med återkomsttid 5 år och 1h varaktighet (se kap 4.1 för val av varaktighet), baserat på Dahlström (2010). Total volym 20,55 mm (nuläge) eller 25,69 mm (framtid med klimatfaktor). Detta regn, utan klimatfaktor, har använts för det kombinerade systemet som är dimensionerat för 5 års återkomsttid för fylld ledning.
2. CDS-regn med återkomsttid 2 år och 1h varaktighet (se även kap 4.1), baserat på Dahlström (2010). Total volym 15,33 mm (nuläge) eller 19,16 mm (framtid med klimatfaktor). Detta regn, utan klimatfaktor, har använts för det separata dagvattensystemet som är dimensionerat för 2 års återkomsttid för fylld ledning.
3. Uppmätt regn för år 2000 vid SMHI:s mätstation på Jägersro i Malmö. Total volym 609,7 mm. Detta motsvarar ungefär ett "medelår" eller "normalår" avseende regnvolym, bräddvolym och total avrinning, baserat på statistik för 23 år mellan 1996 och 2018. Även för normalåret har klimatfaktor 1,25 använts vid framtida scenarier (regnvolym 762 mm). Detta är sannolikt en överskattning av effekten då klimatfaktorer främst avser att korrigera statistik för enskilda stora nederbördshändelser, inte årsvolymerna. På årsbasis kan snarare förväntas att totalvolymen förblir tämligen oförändrad, men att nederbördsmönstret förändras mellan årstider samt att torrperioder

Tabell 4.2

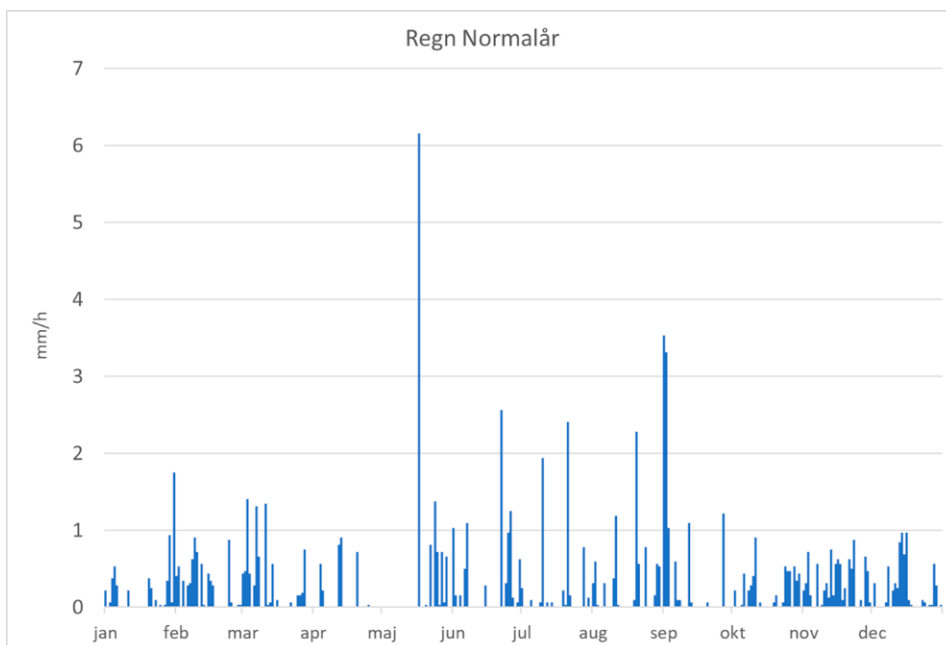
Kravnivåer som ger likvärdiga magasinvolymerna på ett exempelområde om 1 ha totalyta varav 50% hårdgjord yta. Observera att flödeskrav avser liter per sekund och total yta i hektar, och volymkrav avser mm på hårdgjord yta.

blir längre samtidigt som regn blir intensivare (Hernebring et al. 2012). I detta projekt har det inte funnits utrymme för en djupare analys av dessa effekter, och för att hålla en konsekvent linje samt kunna jämföra resultat mellan ursprungligt scenario och framtidsscenario har vi valt att inkludera klimatfaktor även för normalåret.



Figur 4.2

Dimensionerande 5-årsregn och 2-årsregn som använts i analysen. Minsta varaktighet 10 minuter, längsta varaktighet 1h.



Figur 4.3

Uppmätt regn år 2000 i Malmö. Motsvarar ett statistiskt normalår baserat på 23 års regndata och med avseende på regnvolymer, bräddade volymer i ledningsnät, och andel av inflödet till reningsverk som överskrider kapacitet. Grafen visar normalåret för ursprunglig situation, dvs utan klimatfaktor.

5 Dagvattenmodellen för den fiktiva staden ”Regnköping”

Staden – eller stadsdelen – Regnköping har skapats med syftet att vara representativ för ett stort antal svenska städer och deras system för dagvattenhantering. Grundstrukturen är baserad på ett existerande system (Turbinen västra i Malmö) men har modifierats för att bli mer representativt, framförallt med avseende på bebyggelse typer. Dagvattenmodellen för Regnköping har skapats i två varianter – ett med kombinerat avloppssystem och ett med duplikat.

Det dagvattenförande systemet i Regnköping innehåller totalt 94 256 m ledningar som leder ner till en utloppspunkt, vilken motsvarar inloppet till reningsverket för kombinerat system, eller utlopp till recipient för dagvattensystem. I det kombinerade systemet finns sex stycken bräddpunkter.

Avrinningsområdet är 607 ha stort och består av ett flertal olika typer av bebyggelse som är baserade på kategorier från Svenskt Vattens publikationer P90 och P110. Längst nedströms finns tät centrumbebyggelse (flerfamiljshus utan större vegetationsytor) och mindre områden med verksamheter och gles villabebyggelse. Längre uppströms finns stora områden med tätare villabebyggelse samt öppen flerfamiljsbebyggelse med större grönytor emellan husen. I ytterkanterna finns områden med verksamhet (industrier eller handelsområden). Gator, torg och parker (allmän platsmark) motsvarar ca 25% av avrinningsområdets totala yta. Den totala bidragande ytan (total yta multiplicerat med avrinningskoefficient) för hela avrinningsområdet är 305 ha.

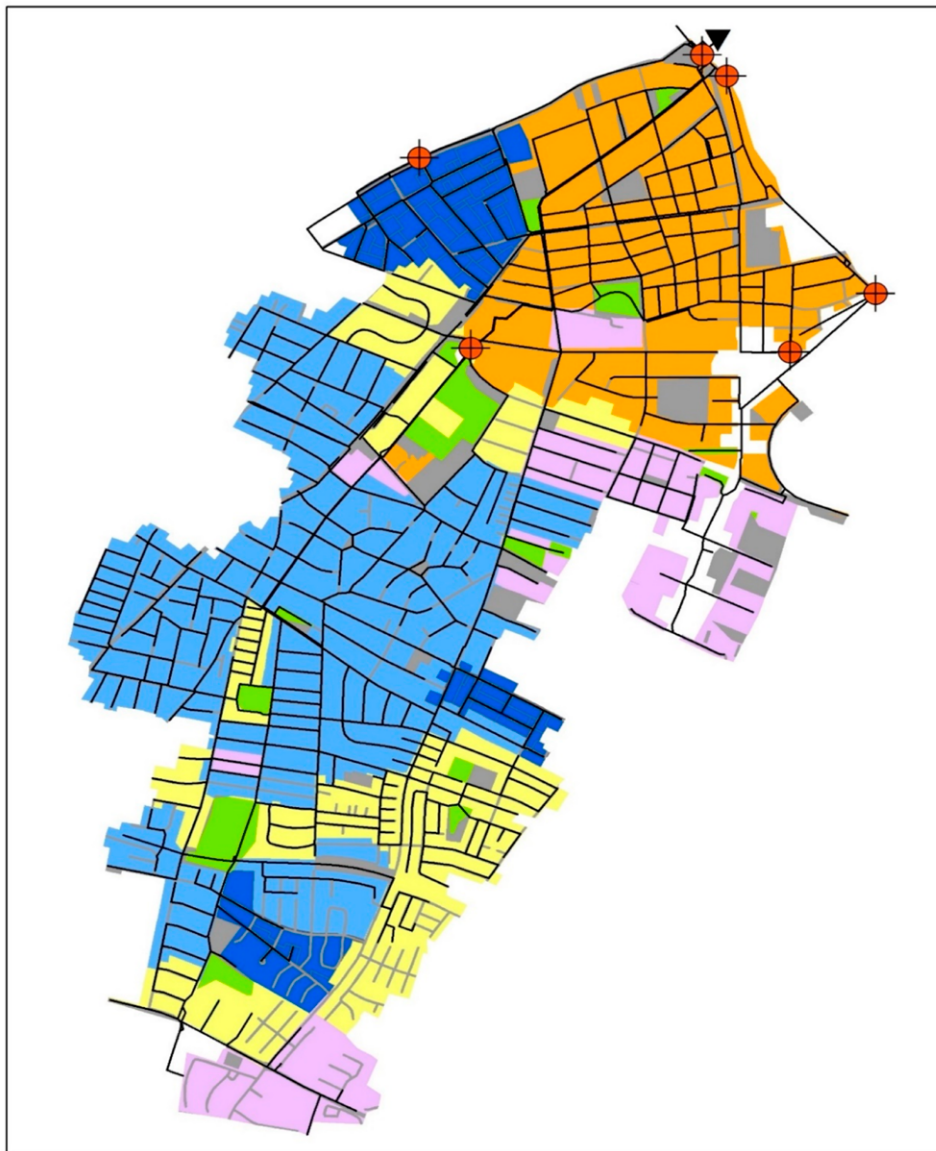
Modellen över Regnköping har byggts upp i programvaran MIKE URBAN. Figur 5.1 visar en översikt över modellen.

5.1 Referensscenario – ursprunglig situation

I den ursprungliga situationen antas Regnköping vara korrekt dimensionerat. Med korrekt dimensionerat avses att det dagvattenförande systemet kan avleda ett dimensionerande 5-årsregn (kombinerat) eller 2-årsregn (duplikat), och att maximal trycknivå i ledningarna inte överstiger hjässa vid det dimensionerande regnet. För Regnköping har detta uppnåtts genom att successivt, med start i områden längst uppströms, justera ledningsdimensioner så att maximal fyllnadsgrad vid dimensionerande regn ligger på mellan 90% och 100%.

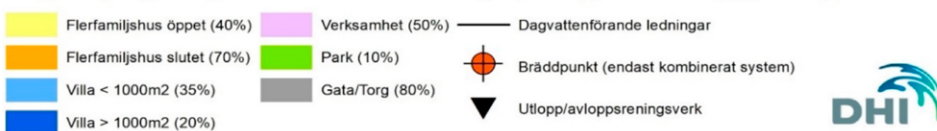
Baserat på avrinningsområdets totala storlek har varaktigheten för det dimensionerande regnet valts till 1 h, vilket motsvarar ungefärlig rinntid genom hela området (se kapitel 4.1 för mer utförlig förklaring till val av dimensionerande regn och varaktighet).

Avrinningskoefficienter för de olika delavrinningsområdena har satts utifrån schablonvärden i Svenskt Vattens publikationer P90 och P110, de valda värdena visas i tabell 5.1. De sammanvägda avrinningskoefficienterna i Svenskt Vattens publikationer anges i ett spann med ett lägre och ett högre värde för flack respektive brant lutning. I vår modell har vi valt att använda det lägre värdet. Detta beror inte främst på att något antagande gjorts avseende lutning, utan att Svenskt Vattens sammanvägda schablonvärden för samlad bebyggelse även inkluderar gator, medan gator i vår modell är separata områden som inte inkluderats i de samlade bebyggelse typerna. I Figur 5.1 syns fördelningen av olika bebyggelse typer i Regnköping, samt avrinningskoefficienter för ursprunglig situation.



Figur 5.1
Översikt över dagvatten-
modellen för Regnköping.

Regnköping - dagvattenförande ledningar, utlopp och bebyggelsetyper



Avrinningskoefficienter för olika bebyggelsetyper anges i procent och avser en ursprunglig situation utan förtätning. Kategorierna och avrinningskoefficienterna för bebyggelse är hämtade från Svenskt Vatten P110.

5.2 Framtida scenario

I det framtida scenariot antas belastningen på systemet vara högre, både på grund av förändrat klimat och förtätning. Två separata framtidsscenarioer har skapats, ett med både klimatfaktor och förtätning och ett med enbart klimatfaktor.

Klimatfaktorn 1,25 (se kap 4.2 för motivering av val av klimatfaktor) har applicerats direkt på regnet. Förtätningen har inkluderats genom att öka avrinningskoefficienterna för respektive bebyggelsetyp i enlighet med tabellen nedan. Förtättningsfaktorerna är hämtade från RUF5 2050.

Bebyggelsestyp	Ursprunglig avrinningskoefficient	Avrinningskoefficient efter förtätning
Flerfamiljshus slutet	70%	81%
Flerfamiljshus öppet	40%	62%
Villa < 1000 m ²	35%	49%
Villa > 1000 m ²	20%	30%
Verksamhet	50%	55%
Park	10%	10%
Gata	80%	80%

Tabell 5.1

Avrinningskoefficienter för olika typer av bebyggelse, samt park och gata.

Ursprungliga avrinningskoefficienter är hämtade från Svenskt Vatten P110, och förtättningskoefficienter som använts för att räkna fram de framtida avrinningskoefficienterna kommer från Regional utvecklingsplan för Stockholmsregionen, RUF 2050.

Bebyggelsestypen Park har inte fått någon förtätning alls. Denna används i Regnköping främst för större parker som inte är aktuella för bebyggelse. Mindre grönytor, som inte sällan tas i anspråk för att byggas, är inkluderade i de sammanvägda bebyggelsestyperna.

Förtätningen innebär en total ökning av bidragande (hårdgjord) yta från 305 ha till 366 ha, vilket innebär en ökning på ca 20%. Det innebär att för det framtidsscenario som inkluderar både klimatfaktor och förtätning är den sammanlagda belastningsökningen 50%.

5.3 Framtida scenario med krav på reglering

För att reducera den ökade belastningen som framtidsscenario innebär har en känslighetsanalys gjorts med avseende på olika typer, nivåer och grader av implementering av reglering på kvartermark och allmän plats. De tre olika typer av kravformulering som undersökts beskrivs i kapitel 3.1 samt 4.3.1, och har inkluderats i modellen enligt följande principer.

- *Flödeskrav*, beskrivet som maximalt tillåtet utflöde från respektive delavrinningsområde, har hanterats genom att modifiera de regnserier som belastar delavrinningsområdena, så att regnintensiteten begränsas till ett maximalt värde som ger det tillåtna maxflödet ut från delavrinningsområdet. Eftersom förhållandet mellan maximal regnintensitet och maximal avrinning varierar beroende på avrinningskoefficient (bebyggelsestyp) har sju olika regnserier tagits fram för respektive kravnivå och applicerats på de sju bebyggelsestyperna som redovisas i Figur 5.1. För den vetgirige finns beskrivning av de modifierade regnserierna i Bilaga A.
- *Volymkrav*, beskrivet som antal mm som ska fördröjas lokalt, är inlagt som en initialförlust på hårdgjorda ytor. Detta innebär att avrinning från respektive delavrinningsområde sker först när regnvolymer överskrider kravnivån för magasinering. Magasinerad volym tillförs därmed aldrig ledningsnätet. Förenklingen grundar sig på antagandet att i den mån volymen tillförs så sker det i så långsam takt att det inte påverkar systemets kapacitet.
- *Areaskrav*, beskrivet som maximal tillåten andel hårdgjord yta kopplat till dagvattenförande system (antas motsvara avrinningskoefficient), är inlagt på respektive delavrinningsområde som en sänkning av parametern "Imperviousness" till gällande kravnivå. Kravet påverkar endast de delavrinningsområden där hårdgöringsgrad i framtida scenario överstiger den specificerade kravnivån.

6 Känslighetsanalys av kravformulering på dagvattenreglering

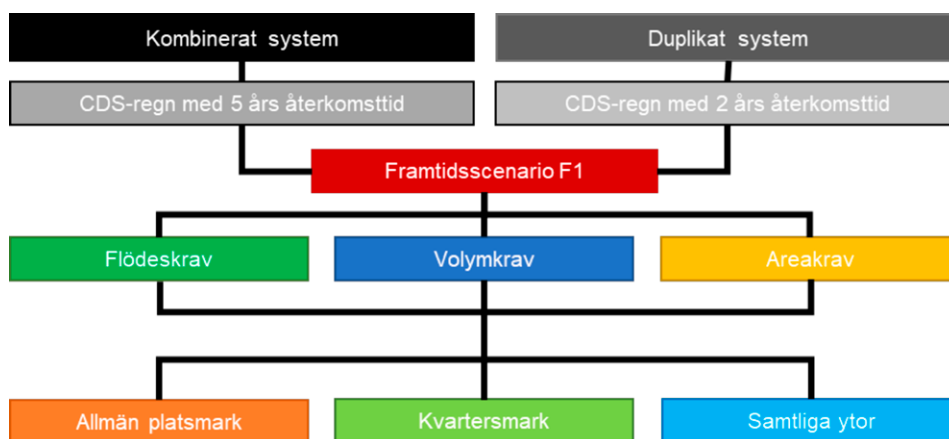
6.1 Ingående parametrar och avgränsningar i känslighetsanalysen

Utifrån metodiken beskriven i kapitel 4, och med beräkningsmodellen beskriven i kapitel 5, har en känslighetsanalys genomförts där ett flertal olika parametrar varierats och undersökts. Följande parametrar har beaktats i känslighetsanalysen

- Systemtyp
 - Kombinerat
 - Duplikat
- Framtidsscenario (klimatförändring och förtätning eller enbart klimatförändring)
 - F1 (både klimatförändring och förtätning)
 - F2 (enbart klimatförändring)
- Kravtyp
 - Flödeskrav
 - Volymkrav
 - Areakrav
- Kravnivå
 - 4-6 nivåer per kravtyp
- Implementeringsgrad
 - Endast allmän platsmark
 - Endast kvartersmark
 - Samtliga ytor
- Regn (dimensionerande CDS-regn eller uppmätt regndata för ett helt år)
 - Dimensionerande CDS-regn med 5 års återkomsttid
 - Dimensionerande CDS-regn med 2 års återkomsttid
 - Uppmätt regndata för ett normalår
- Specialfall
 - Tömningshastighet för magasinvolym kopplat till magasinsskrav
 - Inkludering av basflöde (läck- och dränvatten) till kombinerat nät

6.1.1 Huvudsakliga beräkningsfall

Med tanke på mängden potentiella kombinationer av alla parametrar och alternativ ovan så har en avgränsning gjorts avseende vilka kombinationer som beräknats. Den huvudsakliga övergripande känslighetsanalysen har inkluderat de parametrar och kombinationer som visas i Figur 6.1:



Figur 6.1

Huvudsakliga beräkningsfall som modellerats i känslighetsanalysen.

Uttryckt i ord innebär detta att både kombinerat system och duplikat system har utvärderats för framtidsscenario F1 (klimatfaktor och förtätning), för samtliga kombinationer av kravtyp och implementeringsgrad.

För att ta fram lämpliga kravnivåer har vi i ett första skede utgått från de nivåer som redovisas i Tabell 4.2, dvs som ger likvärdiga magasinsvolymer för ett exempelområde på 1 ha, 50% avrinningskoefficient samt 10 minuters rinntid. Dessa är dock inte "likvärdiga", i betydelsen har ungefär motsvarande effekt, på ett område som Regnköping, vilket främst beror på att Regnköping är ett större område med längre rinntid, och vars dimensionerande regn därmed har längre varaktighet och större volym. För att kunna undersöka hela "effektspannet" (dvs de kravnivåer för respektive kravtyp som har både liten och stor effekt i Regnköping) har vi därför kompletterat kravnivåerna från Tabell 4.2 med ytterligare kravnivåer där vi sett att det behövs för att täcka in situationer med både stor och liten effekt. Samtliga analyserade kravnivåer redovisas i Tabell 6.1, där de blåfärgade fälten anger de ursprungliga kravnivåerna som är jämförbara på ett litet exempelområde, och de vita fälten de kompletterande kravnivåerna som behövs för att ge en heltäckande bild av effekten i Regnköping.

Flödeskrav (l/s,ha)	Volymkrav (mm)	Areaskrav (% hårdgjord yta)
74	2	65
49	5	55
35	10	41
7	12,5	35
	15	27
	20	4

Tabell 6.1

Kravnivåer som använts i huvudscenarierna för känslighetsanalysen.

De färgade fälten är kravnivåer som är likvärdiga för ett avrinningsområde på 1ha, med avrinningskoefficient 50% och rinntid 10 minuter. De vita fälten är kravnivåer som lagts till för att analysen ska visa en heltäckande bild för Regnköping.

Sammanlagt har 100 beräkningsfall körts i huvudanalysen – 2 beräkningar med referensscenariot för ursprunglig situation (KO och DO), 2 beräkningar med framtida scenario (K-F1 och D-F1) samt 96 beräkningar med olika kombinationer av kravtyp, kravnivå och implementeringsgrad för framtida scenario med krav på reglering (24 för flödeskrav, 36 för volymkrav och 36 för areaskrav, hälften av dessa för kombinerat system och hälften för duplikat system).

6.1.2 Kompletterande beräkningsfall

Utöver de huvudsakliga beräkningsfallen ovan har ett antal kompletterande beräkningar körts i känslighetsanalysen:

- Beräkningar med ett helt års uppmätt regnserie (motsvarande ett "normalt år", se kapitel 4.3.4 för beskrivning av regn). Detta har körts för både kombinerat system och duplikat system, för kravtyperna volymkrav och areakrav. Syftet har varit att årsvolymerna är mer relevanta för att utvärdera reningspotential jämfört med enskilda regntillfällen.
- Beräkningar där snabb avrinning från hårdgjorda ytor har kompletterats med långsam avrinning i form av läck och drän. Detta har körts för det kombinerade systemet och endast för kravtypen areakrav. Bidragande yta för läck och drän har här antagits motsvara den andel av avrinningsområdets totalyta som inte bidrar till snabb avrinning. Syftet med dessa extra beräkningar var att utvärdera effekt på totala volymer in till reningsverk, där den långsamma tillrinningen inte kan bortses från.
- Framtidsscenario F2 vilket innebär endast klimatfaktor, inte förtätning. Detta har körts för kombinerat system och samtliga kravtyper. Syftet har varit att komplettera med ett scenario som i många fall är mer representativt för de städer där utbyggnadstakten/förtätningen inte är så stor.
- Beräkning med snabb och långsam tömning av magasinvolym. Detta har körts för kravtypen volymkrav och duplikat system i samband med beräkningar för ett helt års regnserie. Syftet här var andelen avrinning som passerar genom lokal fördröjningsåtgärd vid volymkrav är starkt avhängig av hur snabbt magasinvolymen töms ut, och därmed fanns det fog för att undersöka mer än en antagen tömningshastighet.

6.2 Parametrar som utvärderas i känslighetsanalysen

Resultaten från känslighetsanalysen har utvärderats dels avseende hydraulisk effekt, dels avseende olika aspekter som påverkar vattenkvalitet och recipientpåverkan. För den sistnämnda har åtskillnad gjorts mellan kombinerat system och duplikat system.

Hydraulisk effekt

Den hydrauliska funktionen avser ledningsnätets förmåga att avleda avrinning på ett säkert sätt, dvs utan att översvämning eller överbelastning sker. Överbelastning antas ske när trycklinjen överstiger ledningshjässan. Utvärderingen av dagvattenregleringens effekt görs i form av effekt på hydraulisk överbelastning, där 100% betyder att inga ledningar är överbelastade och 0% betyder att samtliga ledningar är överbelastade. 50% betyder att hälften av den totala ledningslängden (i meter) är överbelastad.

Dessa resultat redovisas även i bilagorna som antal meter överbelastad ledningslängd.

Hydraulisk effekt utvärderas huvudsakligen baserat på dimensionerande regn, dvs regn med 5 års återkomsttid för kombinerat system, och 2 års återkomsttid för duplikat.

Påverkan på bräddning och inflöde till reningsverk

Denna typ av utvärdering görs för kombinerat system. Här utvärderas tre parametrar: effekt på bräddad volym, effekt på årsvolym in till reningsverk, samt effekt på andel av årsvolymen som överstiger reningsverkets kapacitet.

Effekt på bräddad volym utvärderas på dimensionerande regn (5-årsregn). 100% effekt innebär att det inte bräddar alls, och 0% innebär att bräddad volym är lika stor som i framtidsscenario utan reglering.

Effekt på årsvolym in till reningsverk utvärderas endast för ett av specialfallen som beskrivs i kapitel 6.1.2, nämligen för kombinationen areakrav och uppmätt regnserie för ett helt år. Orsaken till detta är att vid beräkning av årsvolymerna kan man inte utan vidare bortse från den långsamma tillrinningen i form av inläckage och dränering på

samma sätt som man kan vid kortvariga intensiva flödestoppar, då den utgör en stor del av årsvolymen. Effekt av reglering utvärderas med avseende på ökningen av totalvolym från referensscenariot KO till framtidsscenario F1. Med andra ord, 100% effekt innebär att årsvolymen efter reglering är lika stor som vid referensscenariot, och 0% effekt att volymen är lika stor som vid framtidsscenario.

Effekt på andel av årsvolymen som överstiger reningsverkets kapacitet utvärderas även detta endast på samma specialfall som ovan, av samma anledningar. Ett antagande har gjorts för reningsverkets kapacitet vid referensscenariot KO. Vid framtidsscenario kommer maximalt utflöde (på grund av klimatfaktor och förtätning) att överskrida denna antagna kapacitet vid fler tillfällen än referensscenariot, och detta antas i sin tur leda till att en större volym inte får fullständig rening. 100% effekt från reglering motsvarar här att den volym som överskrider reningsverkets kapacitet är lika stor som i referensscenariot, medan 0% motsvarar att en volym lika stor som det oreglerade framtidsscenario överskrider kapaciteten.

Påverkan på reningspotential genom lokal fördröjning

Som tidigare nämnt kommer vi inte att utvärdera reningseffekt då detta kräver ett flertal antaganden som inte rymdes inom ramen för projektet. Reningspotential utvärderas därför genom att analysera hur stor andel av dagvattnet som passerar genom någon form av lokal åtgärd på kvartersmark eller allmän plats (fördröjning eller infiltration, innan dagvattnet når förbindelsepunkten).

Analysen av reningspotential görs baserat på årsnederbörd för ett normalår. Utvärderingen görs på två nivåer:

- Andel av dagvatten för hela Regnköping som passerar LOD
- Andel av dagvatten för halva Regnköping (uppströms halva samt nedströms halva) som passerar LOD

Syftet med den sistnämnda analysen är att i en samhällsekonomisk analys kunna inkludera behovet av en kompletterande central reningsanläggning efter lokal fördröjning och rening av dagvattnet då det behövs för att nå en godtagbar rening.

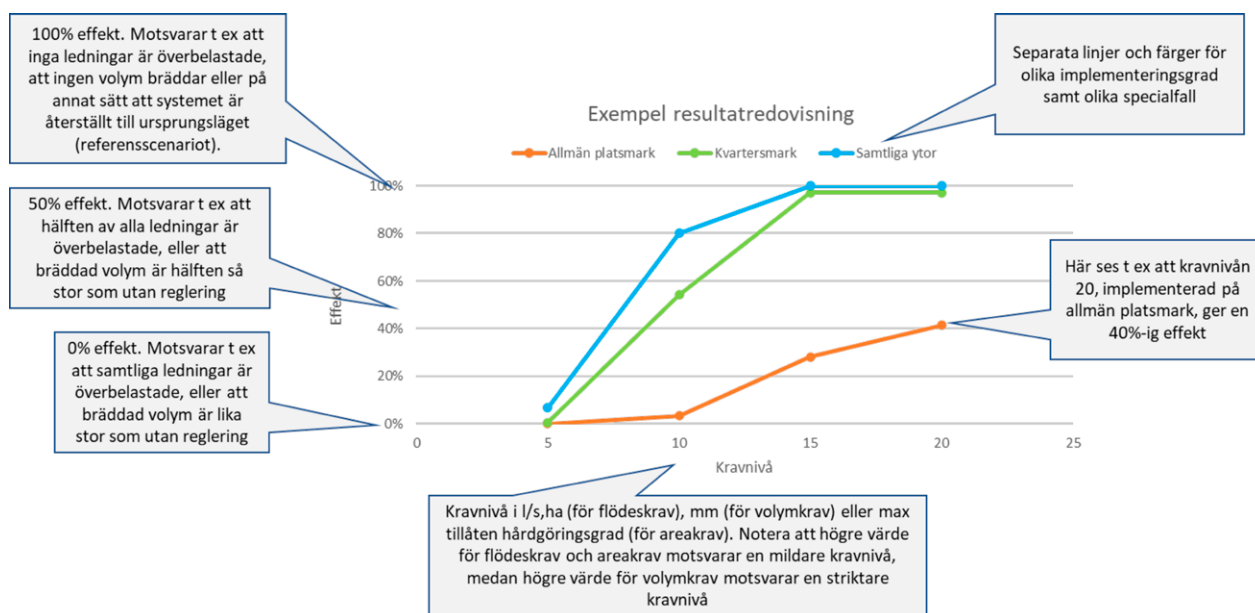
För samtliga kravtyper motsvarar "andel dagvatten som passerar LOD" den skrafferade ytan som visas i Figur 4.1. Denna volym motsvarar i verkligheten antingen en fördröjning/tillfällig magasinering eller en infiltration i marken. Distinktionen är viktig att göra här eftersom reningsgraden skiljer sig åt mellan fördröjande åtgärder och infiltrationsbaserade åtgärder. Dagvatten som infiltrerar ner till underliggande jordlager kan antas medföra 100% avskiljning av de föroreningar som finns i dagvattnet, medan motsvarande antagande inte kan göras för åtgärder som enbart är fördröjande. Vid flödeskrav minskar inte avrinningsvolymen i den teoretiska beskrivning av flödesreglering som vi utgått från, och denna innebär därför enbart en fördröjning. För volymkrav kan volymen antingen vara en fördröjning (om magasinet har en långsam botten tömning kopplad till ledningsnätet) eller en infiltration (om magasinet töms genom infiltration till underliggande jordlager). För areakrav motsvarar volymen generellt en infiltration, men det skulle även kunna motsvara en fördröjning (t ex en genomsläpplig beläggning som har dränerande ledning i botten).

I fallet med påverkan på rening av dagvatten är det viktigt att klargöra huruvida man avser att rena allt (eller nästan allt) dagvatten, eller om det, likt övriga delar av känslighetsanalysen, endast syftar till att "återskapa" situationen vid referensscenariot, dvs se till att det överskott av dagvatten som skapas i framtidsscenario jämfört med referensscenariot får rening. I de övriga delarna av känslighetsanalysen har utvärderingen fokuserat på det sistnämnda – dvs att se i vilken utsträckning reglering av dagvatten kan återföra systemet till den situation som rådde vid referensscenariot. Vad gäller föroreningar i dagvatten och de problem som är kopplade till detta så är det ju dock inte endast ökade flöden (pga. klimatfaktor och förtätning) som påverkar utan även ökade

krav i form av lagstiftning, vattenkvalitet och miljö kvalitetsnormer i recipienten och så vidare. Därför har vi valt att för denna parameter redovisa hur stor andel av en årsvolym som passerar rening, och inte relatera andelen till den volymökning som skett mellan referensscenario och framtidsscenario.

6.2.1 Tolkning av resultat

Huvuddelen av alla resultat utvärderas med hjälp av grafer, där regleringens effekt visas på y-axeln och kravnivån på x-axeln. Effekten kan vara beräknad baserad på olika parametrar – andel ledningsnät, bräddad volym och så vidare i enlighet med föregående avsnitt, men gemensamt för samtliga resultatgrafer i kapitel 7.1 och 7.2 är att de utgår från skillnaden mellan referensscenariot (Ko/Do, dvs ett korrekt dimensionerat system som uppfyller de krav som ställs, och framtidsscenario F1/F2 som innebär en ökad belastning och där kraven inte uppfylls. Effekten av regleringen visas därför som en procentskala, där 0% innebär att regleringen inte har någon effekt alls, resultatet i form av överbelastade ledningar, bräddad volym eller liknande är densamma som för framtidsscenario, och 100% effekt innebär att regleringen haft så stor effekt att systemet åter är i en situation som motsvarar referensscenariot och uppfyller de krav som ställs (inga överbelastade ledningar/ingen bräddning osv). Anledningen till att utvärderingen görs på detta sätt är att syftet med regleringen är att uppnå korrekt dimensionering så att systemet uppfyller kraven, inte att optimera kostnad/nytta eller liknande. Därför är det rimligt att utgå från en skala som visar hur nära man är att uppnå målet. 50% effekt innebär att man kommit halvvägs med hjälp av reglering, 75% effekt visar att man kommit tre fjärdedelar på vägen och så vidare. Figur 6.2 visar ett exempel på hur grafen kan se ut, med förklarande och förtydligande text.



För kapitel 7.3 görs utvärderingen på ett liknande sätt men med en viktig skillnad: y-axeln visar andel av total årsvolym dagvatten som fördröjs, magasineras eller infiltreras lokalt på fastighetsmark. Här är utgångspunkten hela årsvolymen i framtidsscenario, inte som i grafen ovan skillnaden mellan framtidsscenario och referensscenario. Anledningen till denna lilla men viktiga skillnad är antagandet om att det inte räcker att enbart rena den ökning av dagvattenvolym som skiljer framtidsscenario från referensscenario för att uppnå miljö kvalitetsnormer, utan det krävs att man renar allt eller en stor andel av hela dagvattenvolymen. Detta kan även uttryckas som att i just fallet med reningskrav på dagvatten hade vi inte ett "korrekt dimensionerat system" i ursprunglig situation (dvs inte tillräcklig dagvattenrening för att uppfylla miljö kvalitetsnormer).

Figur 6.2

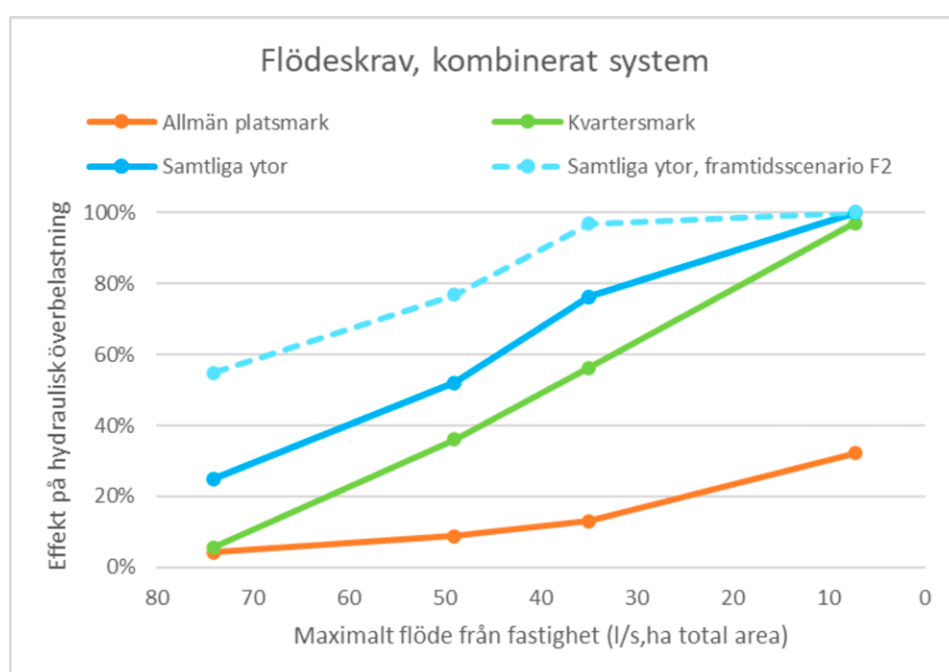
Förklarande exempelfigur över hur resultat från känslighetsanalysen redovisas.

7 Resultat av känslighetsanalys

7.1 Utvärdering med avseende på hydraulisk effekt

Ett kombinerat system ska klara att avleda avloppsvatten utan att överbelastas oftare än vad dimensioneringskraven anger. I detta fall har vi utgått från att ledningsnätet ska klara av att avleda ett 5-årsregn utan att ledningarna blir överbelastade, dvs trycklinjen i ledningarna ska inte överstiga ledningshjässa. När ledningsnätet överbelastas ökar risken för källaröversvämningar vilket kan vara kostsamt för både den enskilde fastighetsägaren och VA-kollektivet.

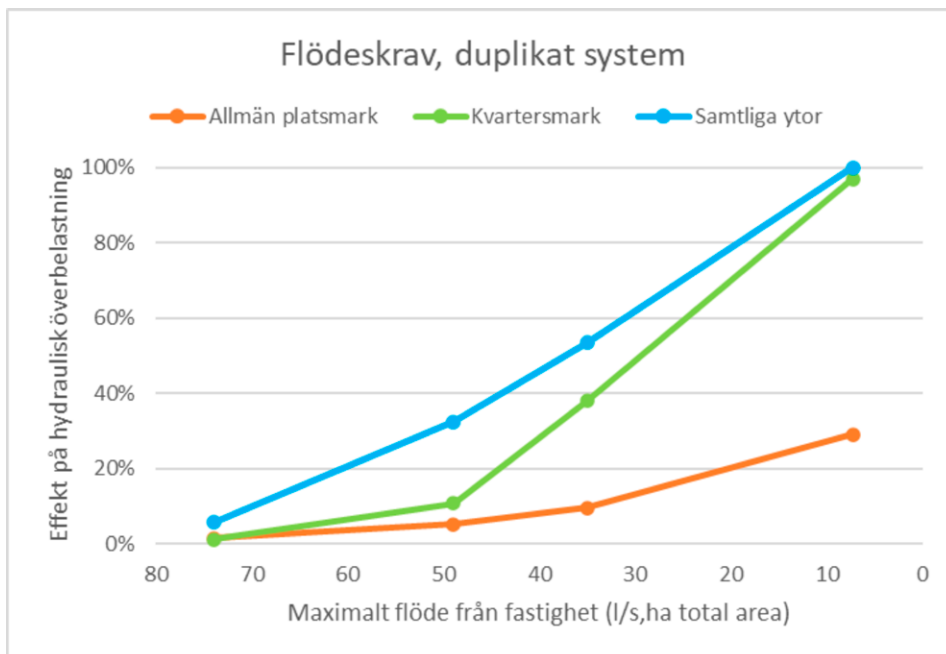
Figur 7.1 till och med Figur 7.6 nedan visar effekten på hydraulisk överbelastning efter reglering på fastighetsmark för de huvudscenarier som redovisas i Figur 6.1, samt för det kompletterande framtidsscenario F2 för kombinerat system. F2 innebär ett framtidsscenario utan förtätning, dvs endast med klimatfaktor.



Figur 7.1

Resultat från känslighetsanalys av kombinerat system och flödeskrav.

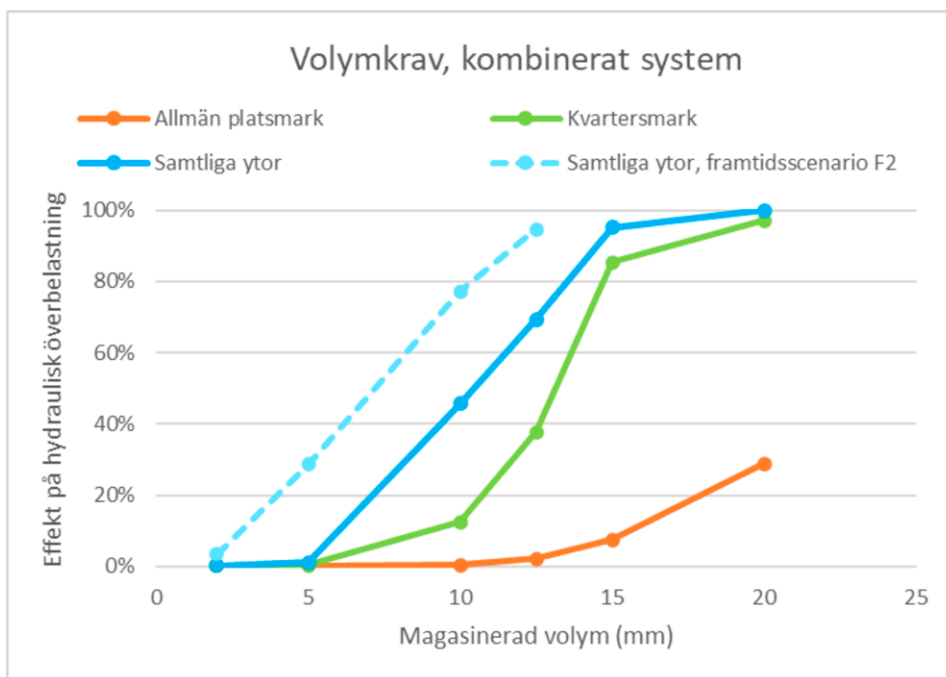
Y-axeln visar effekten på hydraulisk överbelastning, där 0% innebär att regleringen inte har någon effekt (alla ledningar är överbelastade, precis som i framtidsscenario utan reglering) och 100% innebär att inga ledningar är överbelastade och att systemet således åter uppfyller kraven om korrekt dimensionering. Framtidsscenario F2 innebär ett scenario utan förtätning, endast klimatfaktor.



Figur 7.2

Resultat från känslighetsanalys av duplikat system och flödeskrav.

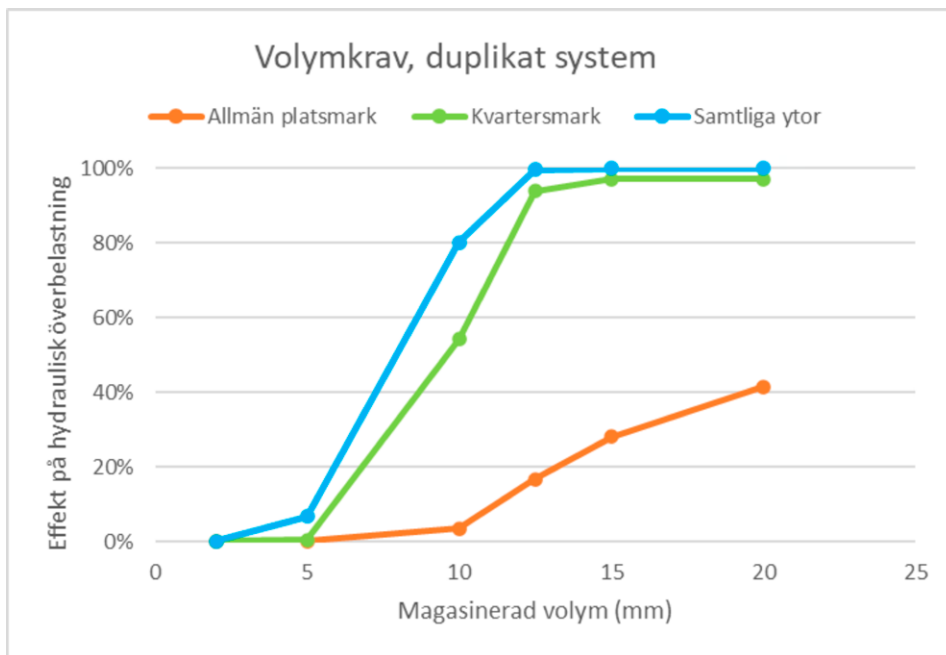
Y-axeln visar effekten på hydraulisk överbelastning, där 0% innebär att regleringen inte har någon effekt (alla ledningar är överbelastade, precis som i framtidsscenario utan reglering) och 100% innebär att inga ledningar är överbelastade och att systemet således åter uppfyller kraven om korrekt dimensionering.



Figur 7.3

Resultat från känslighetsanalys av kombinerat system och volymkrav.

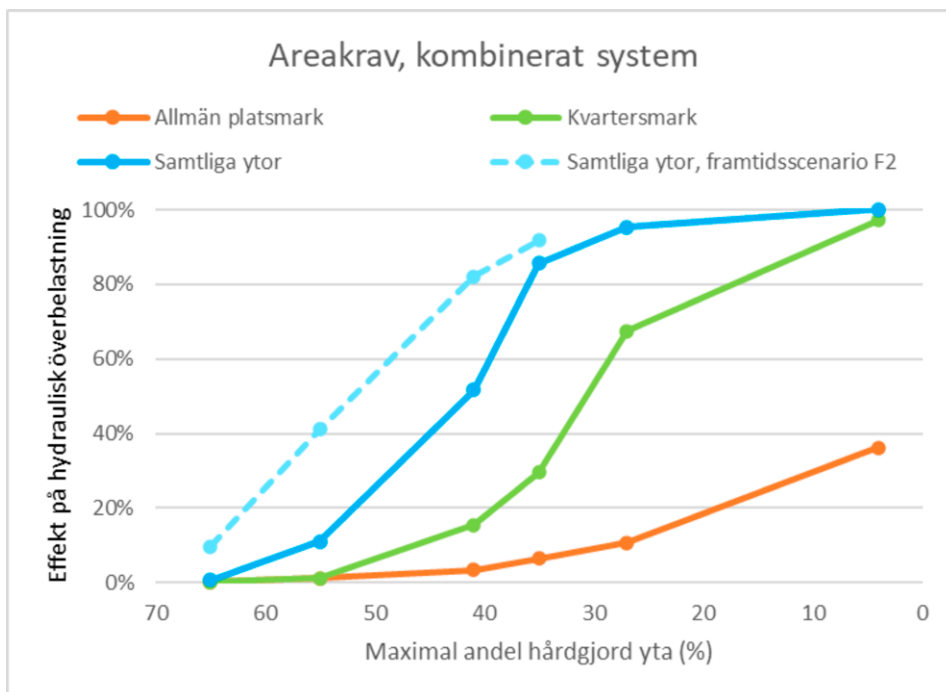
Y-axeln visar effekten på hydraulisk överbelastning, där 0% innebär att regleringen inte har någon effekt (alla ledningar är överbelastade, precis som i framtidsscenario utan reglering) och 100% innebär att inga ledningar är överbelastade och att systemet således åter uppfyller kraven om korrekt dimensionering. Framtidsscenario F2 innebär ett scenario utan förtätning, endast klimatfaktor.



Figur 7.4

Resultat från känslighetsanalys av duplikat system och volymkrav.

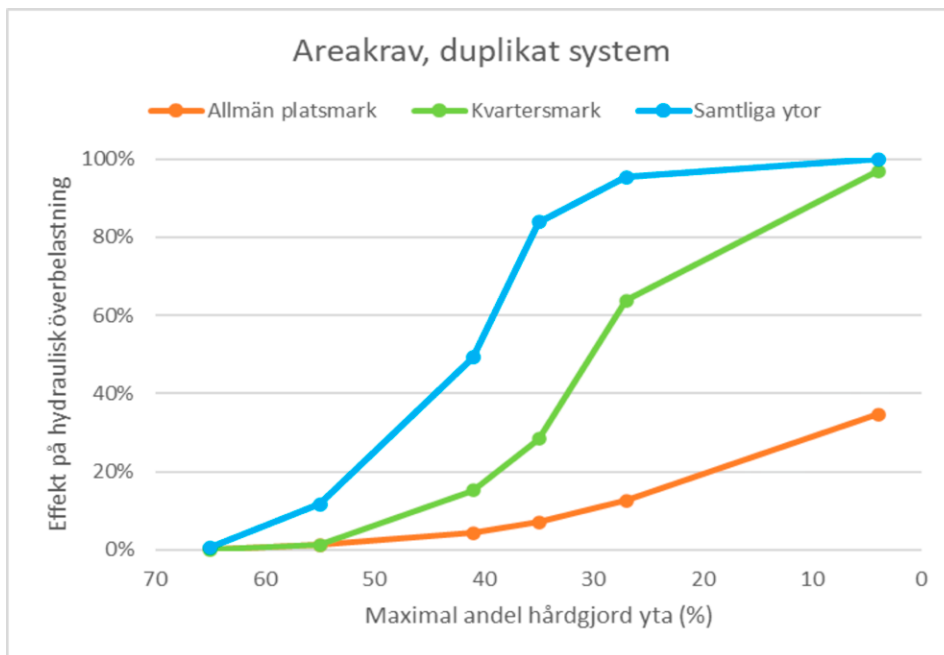
Y-axeln visar effekten på hydraulisk överbelastning, där 0% innebär att regleringen inte har någon effekt (alla ledningar är överbelastade, precis som i framtidsscenario utan reglering) och 100% innebär att inga ledningar är överbelastade och att systemet således åter uppfyller kraven om korrekt dimensionering.



Figur 7.5

Resultat från känslighetsanalys av kombinerat system och areakrav.

Y-axeln visar effekten på hydraulisk överbelastning, där 0% innebär att regleringen inte har någon effekt (alla ledningar är överbelastade, precis som i framtidsscenario utan reglering) och 100% innebär att inga ledningar är överbelastade och att systemet således åter uppfyller kraven om korrekt dimensionering. Framtidsscenario F2 innebär ett scenario utan förtätning, endast klimatfaktor.



Figur 7.6

Resultat från känslighetsanalys av duplikat system och areakrav.

Y-axeln visar effekten på hydraulisk överbelastning, där 0% innebär att regleringen inte har någon effekt (alla ledningar är överbelastade, precis som i framtidsscenario utan reglering) och 100% innebär att inga ledningar är överbelastade och att systemet således åter uppfyller kraven om korrekt dimensionering.

Utifrån resultaten syns tydligt att andelen yta som regleras är en viktig faktor. I Regnköping är ca 25% av ytan allmän platsmark, och det innebär att det inte är möjligt att uppnå full effekt enbart genom att reglera dagvatten från allmän plats, eftersom detta utgör en så pass begränsad andel av den totala mängden dagvatten.

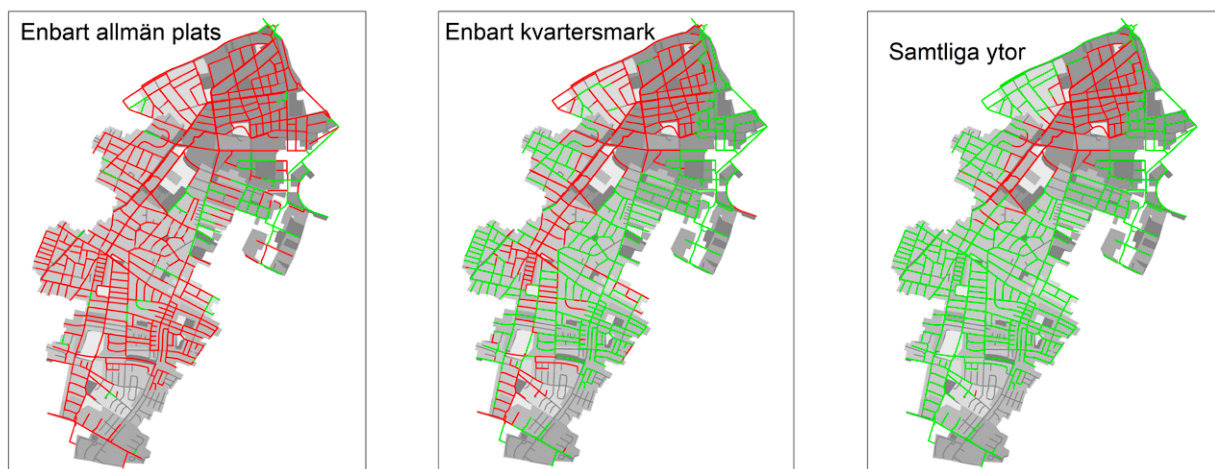
På samma sätt ses även att förtätning har stor betydelse för vilken effektivitet som uppnås. Vid framtidsscenario F2, där endast klimatfaktor och inte förtätning är inkluderat, uppnås god effektivitet redan vid förhållandevis milda kravnivåer. Detta redovisas endast för kombinerat system men effekten är med största sannolikhet liknande även för duplikat system.

Det syns även en skillnad i effekt mellan kombinerat och duplikat system. Kravtypen Flödeskrav har en bättre effekt på kombinerat system (effekt uppnås tidigare, dvs vid lägre kravnivåer, jämfört med duplikat). Mönstret är det motsatta för volymkrav, där uppnås god effekt tidigare för duplikat system. För areakrav är det ingen märkbar skillnad mellan kombinerat och duplikat. Skillnaderna i effekt beror på att systemen är dimensionerade för olika regn (5-årsregn för kombinerat system, 2-årsregn för duplikat). En magasinvolym på exempelvis 10 mm, utgör mer än 50% av det 2-årsregn (med klimatfaktor) som använts, men mindre än 40% av motsvarande 5-årsregn, och har därför bättre effekt på ett duplikat system. Ett flödeskrav däremot har större effekt på stora regn, i synnerhet vid milda kravnivåer, eftersom fler områden berörs. Vid den lägsta kravnivån (74 l/s,ha) är det många områden, i synnerhet i det duplikata systemet, som inte uppnår maxflödet även om dagvattnet är oreglerat, och då får kravet ingen effekt alls på dessa områden.

7.1.1 Geografisk spridning av hydraulisk effekt

Utöver de generaliseringar och mönster som kan ses i graferna ovan är det även intressant att se hur effekten är fördelad geografiskt i Regnköping. Detta visas för kombinerat system och en utvald kravnivå per kravtyp, som ligger ungefär i mitten av det undersökta spannet (35 l/s,ha för flödeskrav, 12,5 mm för volymkrav samt 35% för areakrav). Figur

7.7 till Figur 7.9 visar dessa resultat, där röd ledning innebär att den sträckan är överbelastad (maximal trycknivå överstiger ledningshjässa) och grön betyder det motsatta, dvs att ledningen ej är överbelastad utan klarar krav på säker avledning.

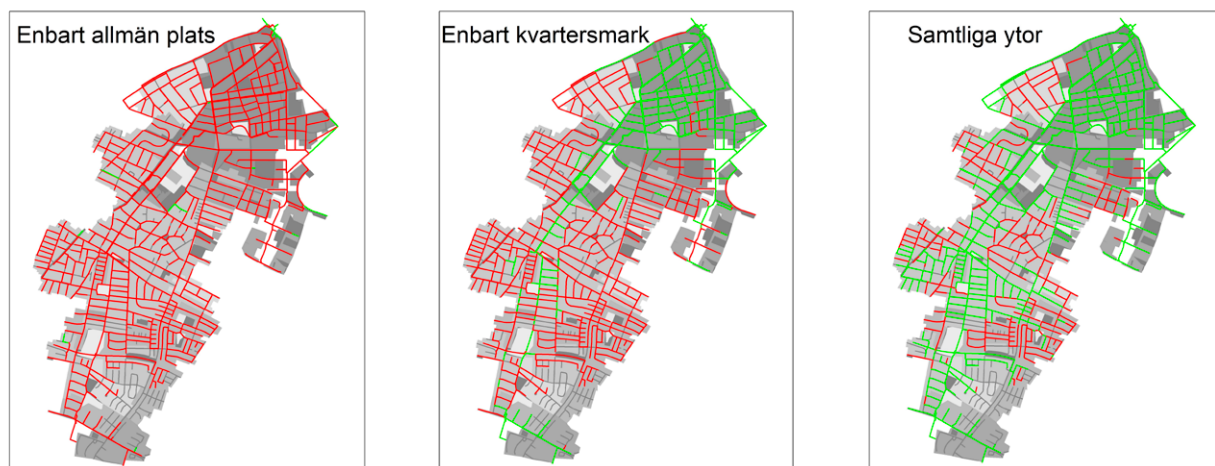


Överbelastade ledningars geografiska fördelning Kombinerat system, Flödeskrav 35 l/s,ha



Röd sträcka är överbelastad ledning, grön är ej överbelastad ledning. I figuren visas även byggeskylter i gråskala (avrinningskoefficient inom parentes) där mörkare grå färg anger högre andel hårdgjord yta.

Figur 7.7
Översikt över geografisk fördelning av överbelastade ledningar vid flödeskrav.

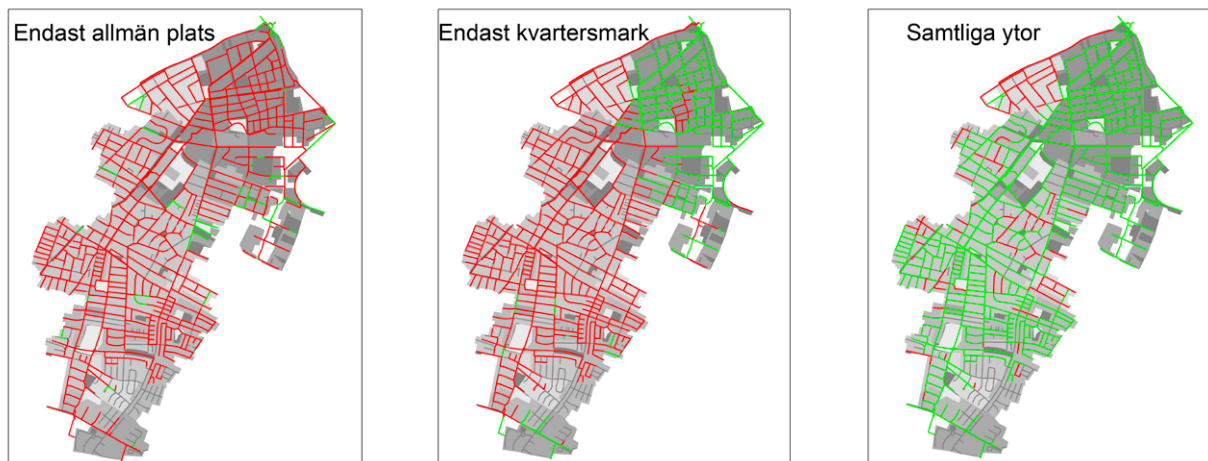


Överbelastade ledningars geografiska fördelning Kombinerat system, Volymkrav 12.5 mm



Röd sträcka är överbelastad ledning, grön är ej överbelastad ledning. I figuren visas även byggeskylter i gråskala (avrinningskoefficient inom parentes) där mörkare grå färg anger högre andel hårdgjord yta.

Figur 7.8
Översikt över geografisk fördelning av överbelastade ledningar vid volymkrav.



Överbelastade ledningars geografiska fördelning Kombinerat system, Areakrav 35%



Röd sträcka är överbelastad ledning, grön är ej överbelastad ledning. I figuren visas även bebyggelse typer i gråskala (avrinningskoefficient inom parentes) där mörkare grå färg anger högre andel hårdgjord yta.

Utifrån kartbilderna syns tydligt att den geografiska fördelningen av effekt varierar mellan kravtyper. Flödeskrav begränsar flödestoppen från respektive fastighet men minskar inte den totala avrinningsvolymen. Därför blir effekten störst i de uppströms delarna av systemet, som huvudsakligen har en transporterande funktion, och minst i delarna nedströms som har en stor magasinierande funktion.

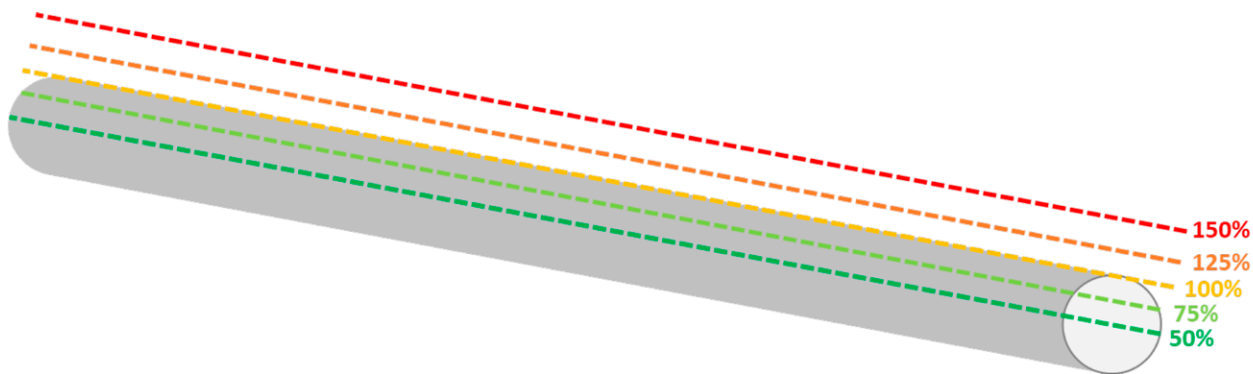
Resultatet blir närmast det omvända för volymkrav. Denna kravtyp minskar avrinningsvolymen men bidrar inte nödvändigtvis till att dämpa flödestoppen. Effekten av volymkrav syns därför tydligast i de delar av systemet som har en magasinierande funktion, oftast nedströms som här i Regnköping.

Även för kravtypen areakrav varierar effekten geografiskt, men här främst utifrån bebyggelse typ. Inom de områden som har hög avrinningskoefficient, som tät centrumbebyggelse, fås störst effekt.

I Figur 7.7 till Figur 7.9 visas resultaten på ett slags binär form för varje ledning – antingen är ledningen överbelastad (röd) eller så är den inte det (grön). En intressant frågeställning i sammanhanget torde även vara hur nära eller långt ifrån varje ledning är från att uppfylla kravet, dvs att se graderade resultat för ledningarnas fyllnadsgrad. Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv är det givetvis varken önskvärt att ledningarna är överbelastade eller att de går nästan tomma. För att undersöka hur detta varierar kan man visa ledningarnas fyllnadsgrad, dvs hur stor andel av ledningen som är fylld (eller, om ledningen är helt full, hur långt över ledningshjässan som trycklinjen står). Figur 7.10 visar konceptet med fyllnadsgrad.

Figur 7.9

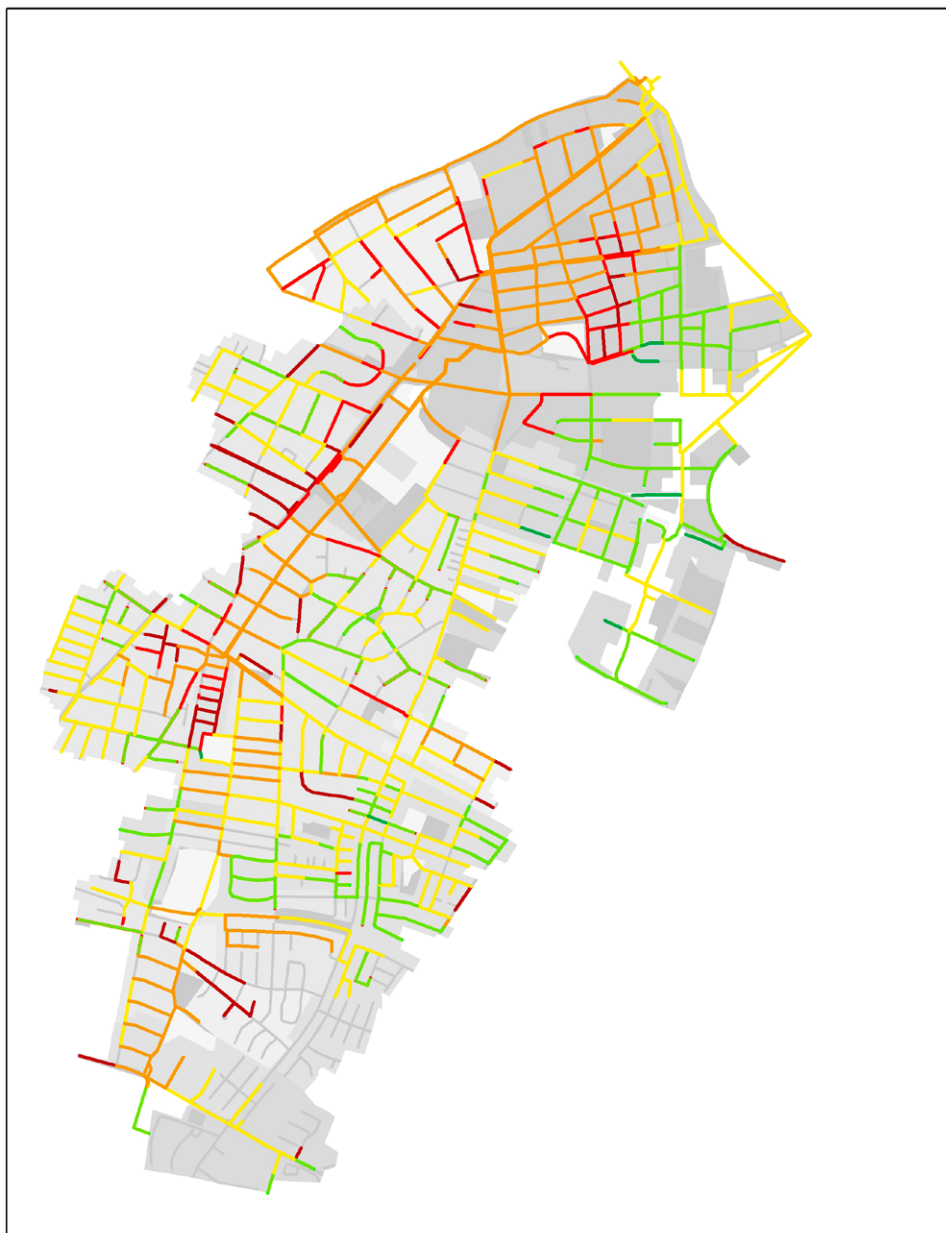
Översikt över geografisk fördelning av överbelastade ledningar vid areakrav.



Figur 7.11 visar ett exempel (kombinerat system, flödeskrav 35 l/s,ha på enbart kvartersmark) där det kan ses att de flesta av de ledningar som inte uppfyller kraven ändå är ganska nära att göra det (gula ledningar, fyllnadsgrad 100-125%). Detta kan vara en faktor att beakta i en samhällsekonomisk analys om regleringen av dagvatten lokalt på kvartersmark och allmän plats behöver kompletteras med t ex ett centralt placerat fördröjningsmagasin som VA-huvudmannen ansvarar för. Om flertalet av de överbelastade ledningarna bara är lite överbelastade behöver ett sådant magasin inte göras lika stort som om många ledningar befinner sig långt över gränsen för överbelastning.

Figur 7.10

Fyllnadsgrad i ledningar. Streckade linjer visar maximal trycknivå i ledningen och procenttalet vilken fyllnadsgrad detta motsvarar.



Figur 7.11

Ledningars fyllnadsgrad vid scenariot Kombinerat system, flödeskrav 35 l/s,ha på enbart kvartersmark.

**Översikt ledningars fyllnadsgrad
Kombinerat system, Flödeskrav 35 l/s,ha på enbart kvartersmark**

— < 50% — 50-75% — 75-100% — 100-125% — 125-150% — > 150%



Gröna och gula ledningar har en fyllnadsgrad under 100%, dvs uppfyller kraven på korrekt dimensionering. Orange och röda ledningar har en fyllnadsgrad på över 100%.

7.1.2 Sammanfattning av resultat med avseende på hydraulisk effekt

Från utvärderingen av känslighetsanalysen med avseende på hydraulisk effekt, dvs hur reglering påverkar andelen överbelastade ledningar, tar vi med oss följande huvudsakliga slutsatser:

- Reglering av endast dagvatten från allmän plats räcker inte – alla måste hjälpa till!
- Geografisk spridning av effekt varierar mellan olika kravtyper – flödeskrav har bäst effekt i uppströms delar, volymkrav bäst i nedströms delar, och areakrav bäst effekt i områden med hög avrinningskoefficient

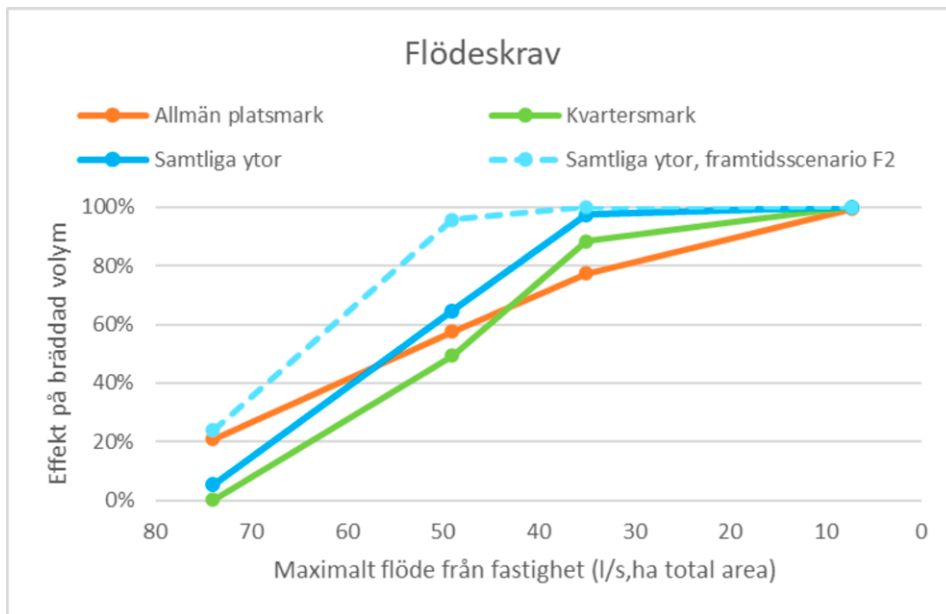
-
- Effekten för en specifik kravtyp och -nivå skiljer sig åt mellan kombinerat och duplikat system pga. att dimensioneringskraven är olika
 - Vid flödeskrav bör beaktas att detta inte nödvändigtvis leder till minskad avrinningsvolym, samt att effekten är begränsad vid milda kravnivåer då detta innebär ingen eller mycket liten sänkning jämfört med oreglerad avrinning
 - Vid volymkrav bör beaktas att effekten på andel överbelastade ledningar är begränsad om volymkravet (i mm) är mindre än hälften av det dimensionerande regnet
 - Hög förtätning innebär en tydligt ökad belastning och därmed en ökad svårighet att uppnå kravet om korrekt dimensionerade ledningar. Detta gäller för både kombinerat och duplikat system (även om det endast är kombinerat som undersökts i känslighetsanalysen)
 - För att uppnå full effekt (inga överbelastade ledningar) behöver regleringen vara kraftfull och krav ställas på samtliga fastighetsägare. Dock kan god effekt (mer än 50% minskning av andel överbelastade ledningar) ofta uppnås med måttliga kravnivåer. En kombination av dagvattenreglering på fastighetsmark och kapacitetshöjande åtgärder från VA-huvudmannen är en viktig aspekt att undersöka i en samhällsekonomisk analys.

7.2 Utvärdering med avseende på bräddade volymer och inflöde till reningsverk i kombinerat system

Vid överbelastning av ett kombinerat system är det inte bara ökad risk för källaröversvämningar, utan även risk för påverkan på recipienter, dvs de ytvatten som tar emot renat eller orenat avloppsvatten. Vid höga nivåer i ledningsnätet kan orenat vatten brädda ut i avsedda bräddpunkter, och vid höga flöden in till reningsverket ökar kostnader för pumpning etc. samtidigt som risken ökar för att reningsverket inte klarar av att rena allt inkommande vatten utan en del behöver ledas förbi ett eller flera reningssteg, vilket också påverkar vattenkvaliteten i recipienten. För att utvärdera påverkan på recipienten har vi här tittat på bräddvolymer vid ett dimensionerande regn (5-årsregn) från de sex bräddpunkter som visas i Figur 5.1, samt på totala volymer samt förekomst av höga flödestoppar in till reningsverket för ett normalår.

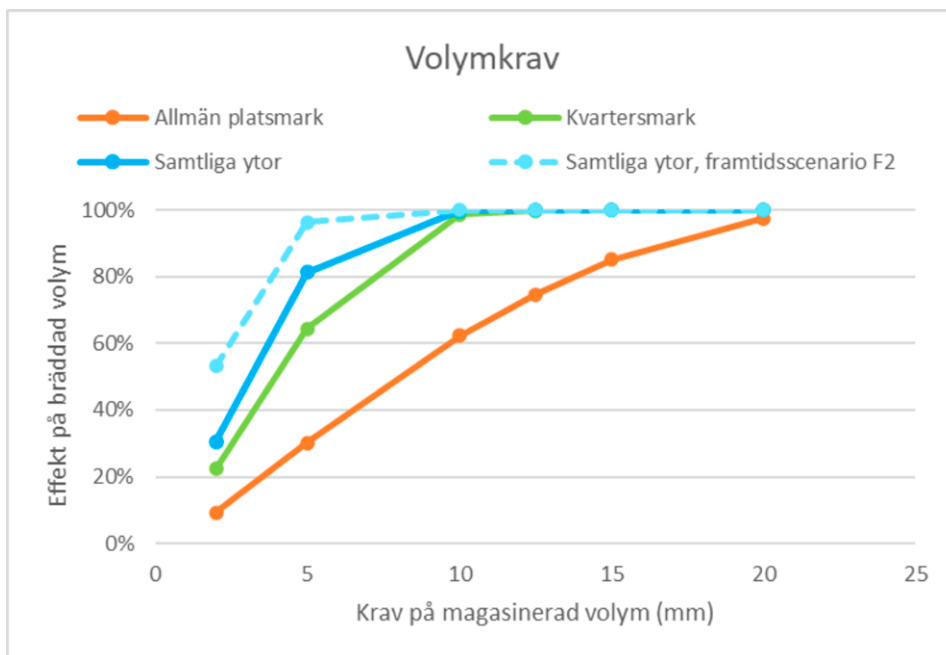
7.2.1 Effekt på bräddad volym

Effekt på bräddad volym i ett kombinerat system har utvärderats baserat på det dimensionerande regnet (5-årsregn). Figur 7.12 till Figur 7.14 visar effekten av olika kravtyper, kravnivåer och implementeringsgrad på bräddade volymer. 0% innebär ingen effekt (bräddvolym lika stor som utan reglering), och 100% betyder att ingen bräddning sker. Framtidsscenario F2 innebär ett scenario utan förtätning (endast klimatfaktor).



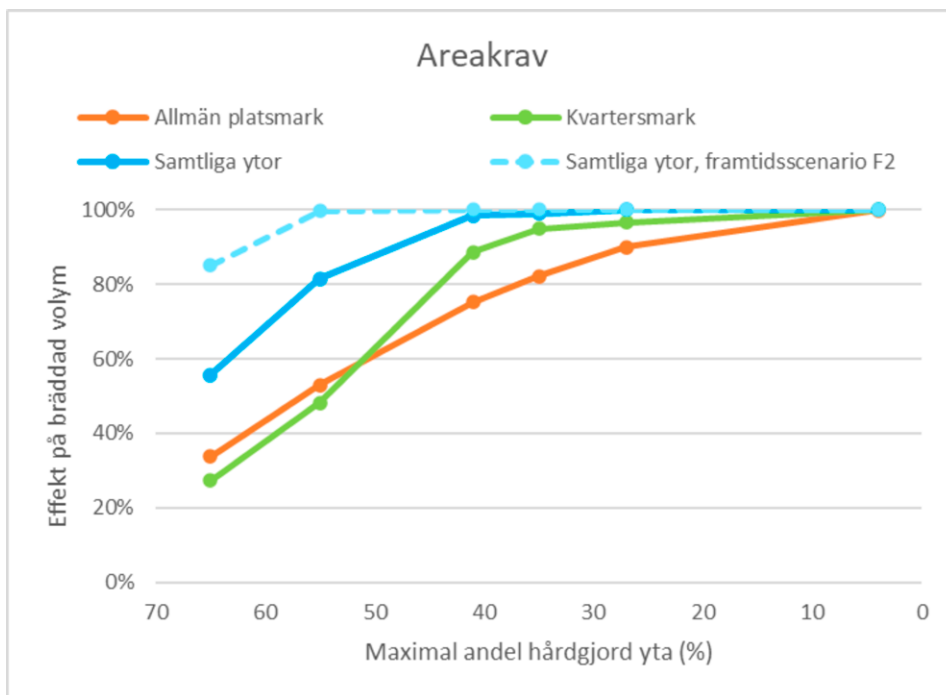
Figur 7.12
Resultat från känslighetsanalys av kombinerat system och flödeskrav.

Y-axeln visar effekten på bräddad volym vid ett 5-årsregn med klimatfaktor, där 0% innebär att regleringen inte har någon effekt (bräddad volym är lika stor som i framtidsscenario utan reglering) och 100% innebär att ingen bräddning sker och att systemet således åter uppfyller kraven om korrekt dimensionering. Framtidsscenario F2 innebär ett scenario utan förtätning, endast klimatfaktor.



Figur 7.13
Resultat från känslighetsanalys av kombinerat system och volymkrav.

Y-axeln visar effekten på bräddad volym vid ett 5-årsregn med klimatfaktor, där 0% innebär att regleringen inte har någon effekt (bräddad volym är lika stor som i framtidsscenario utan reglering) och 100% innebär att ingen bräddning sker och att systemet således åter uppfyller kraven om korrekt dimensionering. Framtidsscenario F2 innebär ett scenario utan förtätning, endast klimatfaktor.



Figur 7.14
Resultat från känslighetsanalys av kombinerat system och arekrav.

Y-axeln visar effekten på bräddad volym vid ett 5-årsregn med klimatkraft, där 0% innebär att regleringen inte har någon effekt (bräddad volym är lika stor som i framtidsscenario utan reglering) och 100% innebär att ingen bräddning sker och att systemet således åter uppfyller kraven om korrekt dimensionering. Framtidsscenario F2 innebär ett scenario utan förtätning, endast klimatkraft.

Bäst effekt fås (föga förvånande) för de två kravtyper som minskar den totala avrinningsvolymen, volymkrav och arekrav. Man kan även notera att effekten över lag ses tidigare (dvs vid mildare kravnivåer) jämfört med effekten på ledningsnätets förmåga till säker avledning. Redan en magasinvolym på 5 mm har en mycket tydlig effekt på bräddvolym trots att denna kravnivå inte påverkar flödestoppen för regnet (vars totalvolym är drygt 25 mm).

För kravtypen flödeskrav syns en intressant effekt vid den mildaste kravnivån om 74 l/s,ha, nämligen att det ger bättre effekt på bräddvolymen att enbart implementera den på allmän platsmark, jämfört med att införa kravet på samtliga ytor. Anledningen är sannolikt kopplad till de faktum att flödeskravet inte minskar totala volymen avrinning, samt att ett flödeskrav innebär fördröjning/förlängning i tid av flödestoppen. Vid kravnivån 74 l/s,ha kommer endast de fastigheter/ytor med hög avrinningskoefficient att påverkas, eftersom de med lägre avrinningskoefficient inte når upp till 74 l/s,ha i oreglerat maxflöde. För allmän plats, som till största delen består av gator med avrinningskoefficient 80%, är fördröjningseffekten utspridd relativt jämnt över hela området. För kvartersmark kommer de bebyggelse typer med låg avrinningskoefficient, främst villakvarter och gles flerfamiljsbebyggelse, att fördröjas ganska lite eller inte alls, medan tät centrumbebyggelse kommer att fördröjas i större utsträckning. I Regnköping, precis som på många andra ställen, återfinns den täta bebyggelsen huvudsakligen nedströms och den glesare uppströms. Detta leder till att avrinning från nedströms områden fördröjs mer än avrinning från uppströms områden, vilket i sin tur leder till ökad risk för att flödestopparna ska sammanfalla i tid, dvs att maxflödet från uppströms områden når till bräddpunkten samtidigt som flödestoppen från områdena nedströms.

Med anledning av ovanstående kan det finnas anledning att resonera kring huruvida flödeskravet (eller andra krav för den delen) kan regleras olika hårt i olika delar. I exemplet ovan hade det exempelvis varit önskvärt att kunna sätta en lägre flödesgräns

i områden med lägre avrinningskoefficient, för att få motsvarande fördröjning i dessa områden som i de mer tätbebyggda områdena, och på så sätt undvika effekten av att flödestoppar sammanfaller. Ur ett hydrauliskt och reningsmässigt perspektiv vore det absolut önskvärt att kunna anpassa kravnivåer (eller till och med kravtyp) för olika områden utifrån vilket som ger bäst effekt.

För areakrav syns en annan intressant effekt, nämligen att det för milda kravnivåer är mer effektivt att reglera allmän platsmark än kvartersmark. Detta är också kopplat till de olika områdestypernas avrinningskoefficient, och det faktum att gator och torg (som utgör merparten av allmän plats) har en avrinningskoefficient på 80% och givetvis påverkas mer av ett krav på max 65% hårdgjord yta, jämfört med kvartersmark som endast i tät centrumbebyggelse når upp till liknande nivåer.

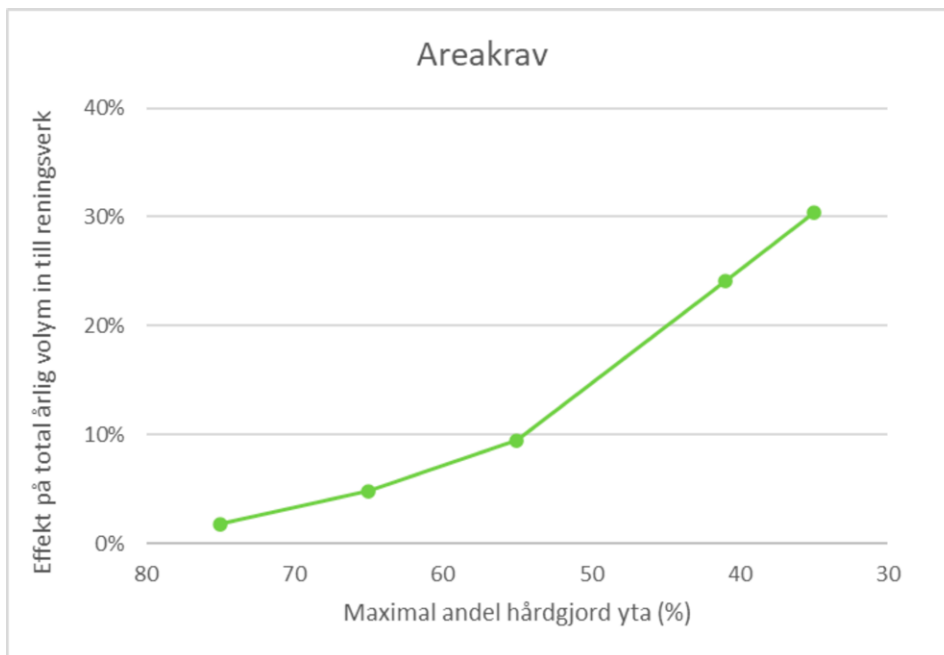
7.2.2 Effekt på flödesvolym och flödestoppar in till reningsverk för kombinerat system

Som komplement till analysen om bräddade volymer vid ett 5-årsregn har vi även gjort en analys av årliga volymer in till reningsverk, och hur stor andel av flödet som överstiger reningsverkets förmodade kapacitet. Som tidigare beskrivit har vi här kompletterat modellen med långsam avrinning i form av läck- och dränvatten eftersom detta generellt utgör en stor del av årsvolymen in till reningsverket.

Denna utvärdering har endast gjorts för areakrav, på grund av att det är tekniskt mer komplext att lägga in hur flödeskrav och volymkrav förändrar inflöde av läck- och dränvatten i modellen. Areakrav innebär att en begränsning sätts på hur stor andel hårdgjord yta som får kopplas direkt till ledningsnätet. När denna minskas pga. reglering antas motsvarande yta istället kunna bidra till läck och drän. Den totala volymen in till ledningsnätet blir dock påtagligt mindre eftersom regn på ej hårdgjorda ytor till stor del magasineras och så småningom avdunstar.

Utvärderingen har därutöver endast gjorts för kvartersmark. Anledningen till detta är att det är osäkert hur stora möjligheterna är i praktiken att begränsa andelen hårdgjord yta på allmän plats, som ju till stor del består av gator. (Svårigheten att begränsa andel hårdgjord yta på allmän plats gäller naturligtvis samtliga analyser, men blev utslagsgivande i denna analys där endast ett fåtal beräkningsfall körts).

Figur 7.15 visar påverkan på total årsvolym in till reningsverket, vid olika kravnivåer för kravtypen Areakrav samt reglering endast på kvartersmark. 0% effekt innebär att volymen in till reningsverket är lika stor som vid framtidsscenario F1 (både klimatfaktor och förtätning). Vi kan här se att maximal effekt "bara" är 30%, vilket innebär att endast 30% av den volymökning som framtidsscenario innebär försvinner i samband med regleringen vid den högsta kravnivån. Detta är dock sannolikt en underskattning av effekten. I vår analys har vi antagit att all yta inom avrinningsområdet bidrar till flödet, och den volymminskning som blir är därför endast orsakad av ökad avdunstning från grönytor när hårdgöringsgraden minskar. I verkligheten kommer sannolikt ytterligare volym att försvinna från ledningsnätet och istället dränera ut från området på annat sätt. Det ska även noteras att endast kvartersmark är reglerad i detta scenario. Ifall även allmän plats inkluderades skulle effekten bli större.



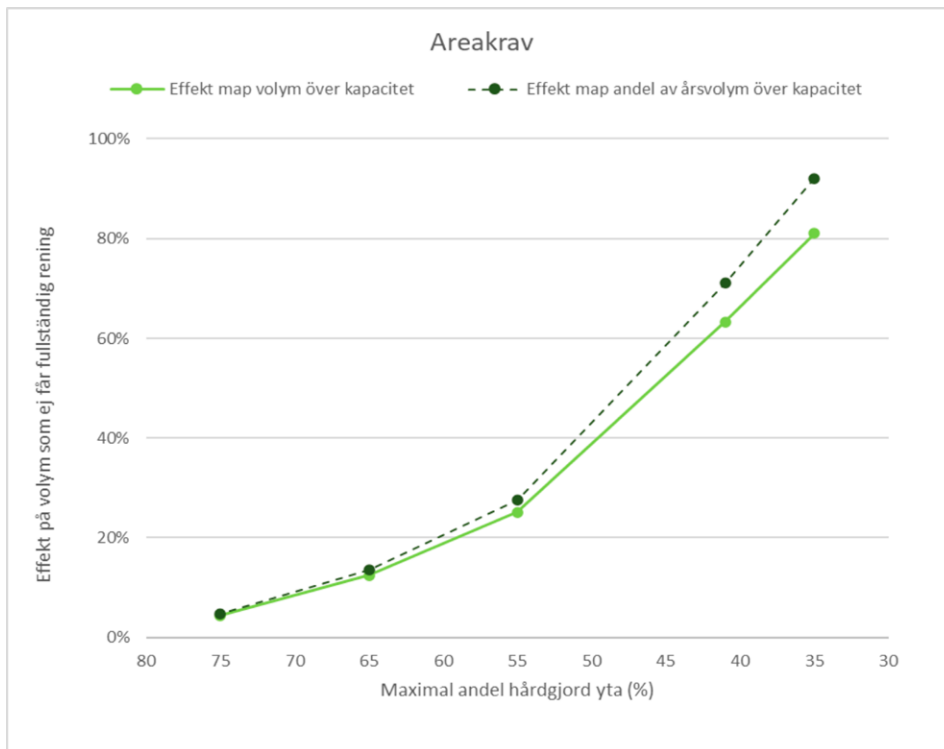
Figur 7.15

Effekt av areakrav på total årsvolym in till reningsverk.

0% effekt innebär att volymen in till reningsverket är lika stor som vid framtidsscenarioet utan reglering (F1). 100% effekt innebär att volymen in till reningsverket är lika stor som vid referensscenarioet KO (nuläge utan klimatfaktor eller förtätning).

Förutom totala årsvolymen är det även relevant att undersöka flödestoppar, samt hur stor andel av ett årsflöde som överskrider en tänkt kapacitet vid reningsverket. Antagande av reningsverkets kapacitet i referensscenarioet Ko kan göras på olika sätt, men oavsett hur detta antagande sätts är grundprincipen för utvärdering av effekten av reglering densamma, dvs att vi utvärderar i vilken utsträckning vi genom reglering av dagvatten på kvartermark kan återföra systemet (volymen i flödestopparna) tillbaka till referensscenarioet efter att ha applicerat klimatfaktor och förtättningsfaktor.

Med tanke på att det kombinerade systemet i Regnköping har en hög andel hårdgjord yta och dessutom en stor mängd läck- och drän har vi här gjort antagandet att reningsverket i referensscenarioet har en förhållandevis hög kapacitet, motsvarande 8 gånger spillvattenflödet. Sett över ett år är det ändå stora volymer som överskrider denna kapacitet; 611 000 m³ vilket motsvarar 12% av årsvolymen på 5 128 000 m³. Detta är således ett ganska ogynnsamt scenario i grunden, men eftersom regleringen på kvartermark endast avser att återställa systemet till referensscenarioet så spelar det som redan nämnts i grunden inte så stor roll var vi sätter kapacitetsgränsen för referensscenarioet. Vid framtidsscenarioet F1 (klimatfaktor och förtätning) är totala volymen som överskrider kapaciteten 1 244 000 m³, dvs dubbelt så stor som i referensscenarioet, och utgör 20% av totala årsvolymen (6 103 000 m³) in till reningsverket. Här kan vi välja att definiera "återställning till referensscenarioet" på två olika sätt, antingen säger vi att det innebär att vi har max 611 000 m³ per år i flödestopparna som överskrider kapaciteten, eller så relaterar vi detta värde till totala årsvolymen in till reningsverket och säger att max 12% får överskrida kapaciteten. I Figur 7.16 nedan visas båda alternativen.



Figur 7.16

Effekt på volym som överskrider verkets kapacitet.

0% innebär att volymen som överskrider reningsverkets förmodade kapacitet, och således ej får fullständig rening, är lika stor som i framtidsscenario (F1). 100% innebär att volymen som överskrider kapaciteten är lika stor som i referensscenariot. Ljusgrön heldragen linje visar resultat med avseende på faktiska volymer i m³, streckad mörkgrön linje visar resultat med avseende på andel av årsvolym.

I Figur 7.16 ser vi att areakrav har en tämligen god effekt på hur stora volymer som överskrider reningsverkets förmodade kapacitet. Underlaget till både Figur 7.15 och Figur 7.16, dvs totala årsvolymer in till reningsverket samt volymer som överskrider antagen kapacitet, visas även i Tabell 7.1.

Scenario	Total volym in till reningsverk (m ³)	Total volym över antagen kapacitet (m ³)	Andel av årsvolym som överskrider kapacitet
Referensscenario K0	5 127 932	610 652	11.9%
Framtidsscenario F1	6 103 002	1 243 534	20.4%
Åtgärdsscenario, max 35% hårdgjort	5 806 867	730 317	12.6%
Åtgärdsscenario, max 41% hårdgjort	5 868 466	842 766	14.4%
Åtgärdsscenario, max 55% hårdgjort	6 010 679	1 084 646	18.0%
Åtgärdsscenario, max 65% hårdgjort	6 056 356	1 164 548	19.2%
Åtgärdsscenario, max 75% hårdgjort	6 085 934	1 215 626	20.0%

7.2.3 Sammanfattning av resultat avseende inflöde till reningsverk och bräddade volymer i kombinerat system

- Effekt av reglering på bräddvolymer vid dimensionerande regn har en förhållandevis god effekt redan vid milda kravnivåer över lag
- Vid reglering som inte innebär minskning av avrinningsvolym utan enbart fördröjning bör man vara vaksam på att fördröjningen inte görs med tonvikt på nedströms områden, då detta kan medföra sämre effekt

Tabell 7.1

Volymer in till reningsverket i Regnköping vid olika scenarier, både som totalvolym per år samt volym som överskrider verkets tänkta kapacitet.

-
- För god effekt på årsflöden in till reningsverk krävs generellt någon form av separering, dvs att dagvatten (eller läck- och dränvatten) leds till recipient utan att passera det kombinerade avloppssystemet. Infiltration i grönytor eller ökning av andel genomsläpplig yta kan dock bidra med en del minskning i form av ökad avdunstning.
 - Flödestoppar som överskrider reningsverkets kapacitet kan i högre utsträckning hanteras med reglering av dagvatten på fastighetsmark jämfört med totala inflödesvolymer. Det är alltså lättare att påverka flödestopparnas storlek och frekvens än att påverka totala årsvolymer

7.3 Utvärdering med avseende på reningspotential av dagvatten genom LOD

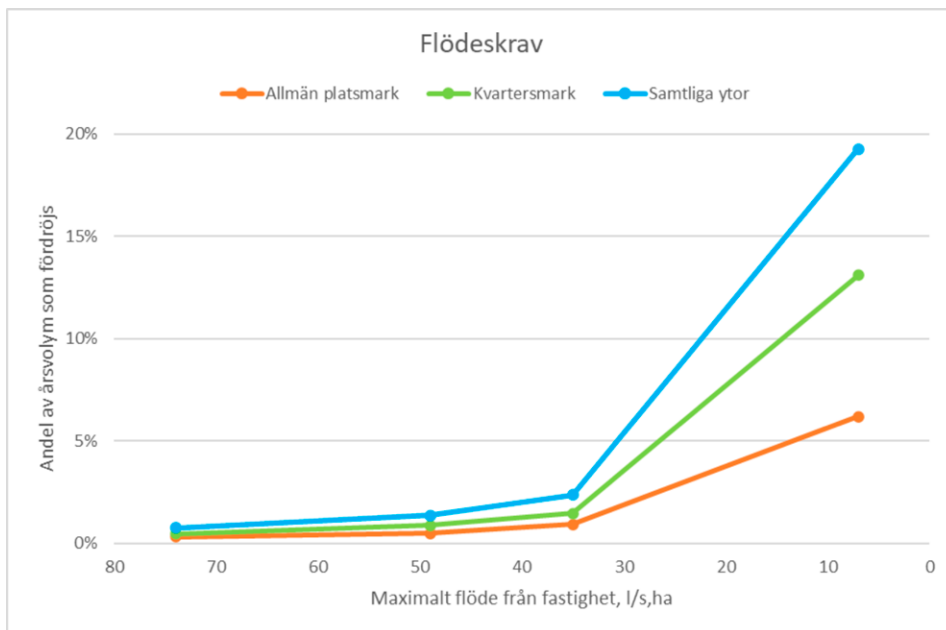
Reglering av dagvatten på fastighetsmark innebär oftast någon form av lokalt omhändertagande av dagvatten, så kallat LOD-system, vilka ofta (men inte alltid) även innebär någon form av rening. Beroende på kravnivå och kravtyp kommer olika stora avrinningsvolymer fördröjas eller infiltreras.

Kravtypen flödeskrav innebär inte någon volymminskning av avrinningen utan enbart fördröjning. Utifrån den teoretiska beskrivningen av flödeskrav (kap 3.1 samt Figur 4.1) antas allt dagvatten passera igenom LOD-anläggningen, men enbart den del som överskrider angiven flödesgräns fördröjs. Reningseffekt kan därmed beräknas antingen baserat på hela dagvattenvolymer, alternativt enbart på den del som fördröjs. I resultaten nedan visar vi andelen som fördröjs, eftersom andelen volym som passerar LOD med flödeskrav (enligt den teoretiska beskrivningen) alltid är 100%.

För volymkrav redovisas helt enkelt den andel av en årsvolym som magasineras vid olika kravnivåer (2-20 mm per regntillfälle). Här blir tömningshastigheten en viktig faktor, då detta reglerar hur stor magasinvolym som är tillgänglig vid nästkommande regn de gånger då det faller två eller flera regn tätt inpå varandra. Därför har extra beräkningsfall simulerats med högre resp lägre tömningshastighet. Den lägre hastigheten är 0,15 mm/h vilket motsvarar att 10 mm töms ut på ca 3 dagar. Den högre hastigheten är 1,7 mm/h vilket motsvarar tömning av 10 mm på ca 6 h (eller 20 mm på 12 h, vilket motsvarar den riktlinje som Stockholm Vatten och Avfall använder i sina rekommendationer för beräkningsmetodik (2017)). (Tömningshastigheten och uppehållstiden kan givetvis även påverka reningsgrad, men någon analys av detta samband ingår inte i denna rapport).

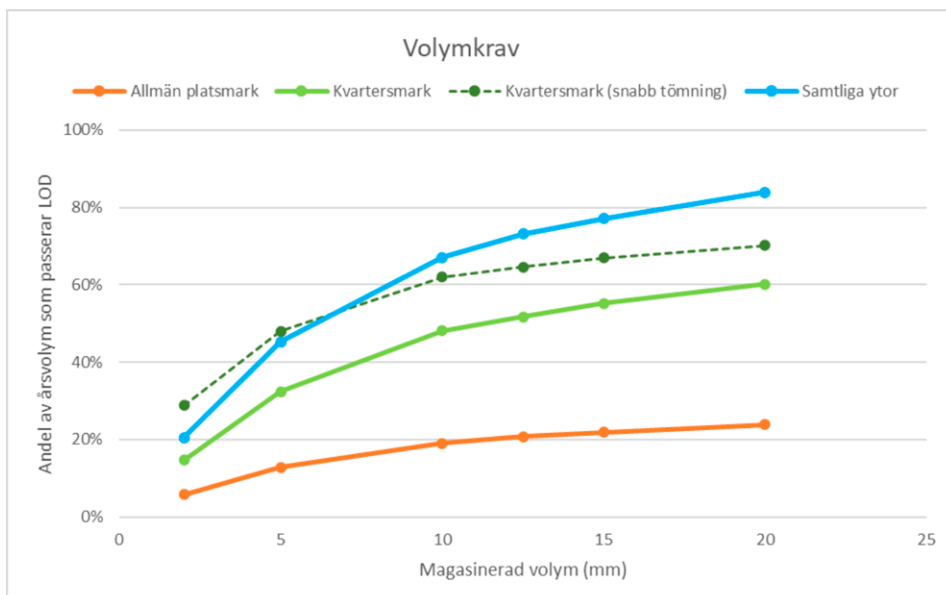
För areakrav sker en volymminskning och denna antas infiltrera till underliggande jordlager. Här redovisas därför den andel av årsvolymer som infiltrerar.

Ovan beskrivna resultat för flödeskrav, volymkrav och areakrav visas i Figur 7.17, Figur 7.18 och Figur 7.19.



Figur 7.17

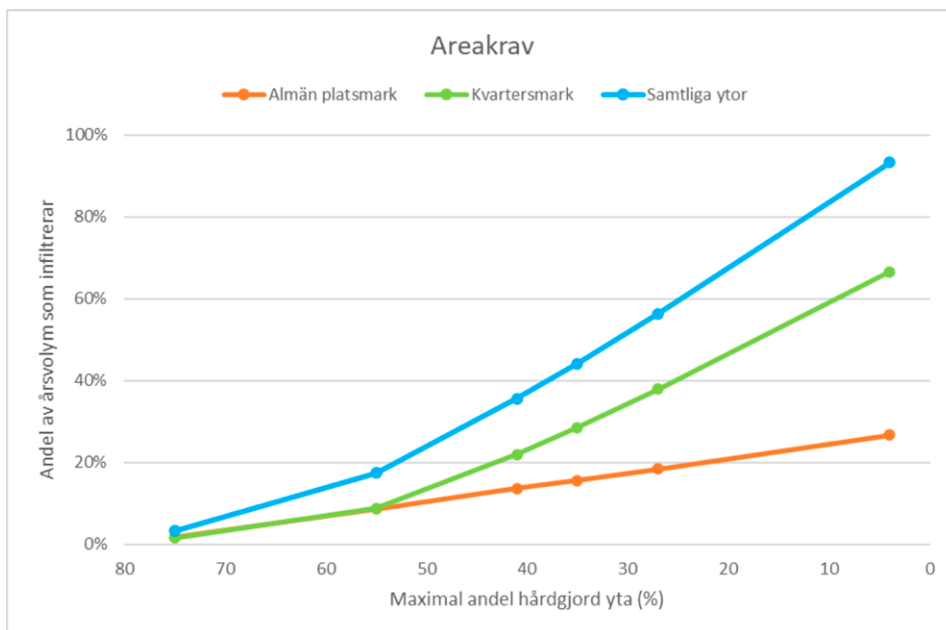
Andel av total årsvolym avrinning som fördröjs vid flödeskrav. Notera att y-axeln endast går till 20% här eftersom en relativt liten andel fördröjs.



Figur 7.18

Andel av total årsvolym avrinning som magasineras på fastighetsmark vid olika kravnivåer för volymkrav.

0% motsvarar att ingen avrinning magasineras och fördröjs på kvartersmark. 100% innebär att hela årsvolymen avrinning i Regnköping magasineras på fastighetsmark.



Figur 7.19

Andel av total årsvolym avrinning som infiltrerar på fastighetsmark vid olika kravnivåer för kravtypen Areakrav.

0% motsvarar att ingen avrinning infiltreras (utöver den som infiltrerar i befintliga grönytor även utan reglering). 100% innebär att hela årsvolymen avrinning i Regnköping infiltrerar

Av ovanstående grafer kan utläsas att volymkrav generellt är mer effektivt än areakrav avseende fördröjning av en årsvolym på fastighetsmark. Orsaken är att den allra största andelen av årsvolymen utgörs av relativt små regn, som helt eller nästan helt ryms i magasinvolymen. Som exempel kan nämnas att 5 mm magasinering på kvartersmark leder till att totalt 50% av hela årsvolymen dagvatten magasineras om tömningshastigheten är hög, detta trots att dagvatten från allmän platsmark är oreglerat (Figur 7.18).

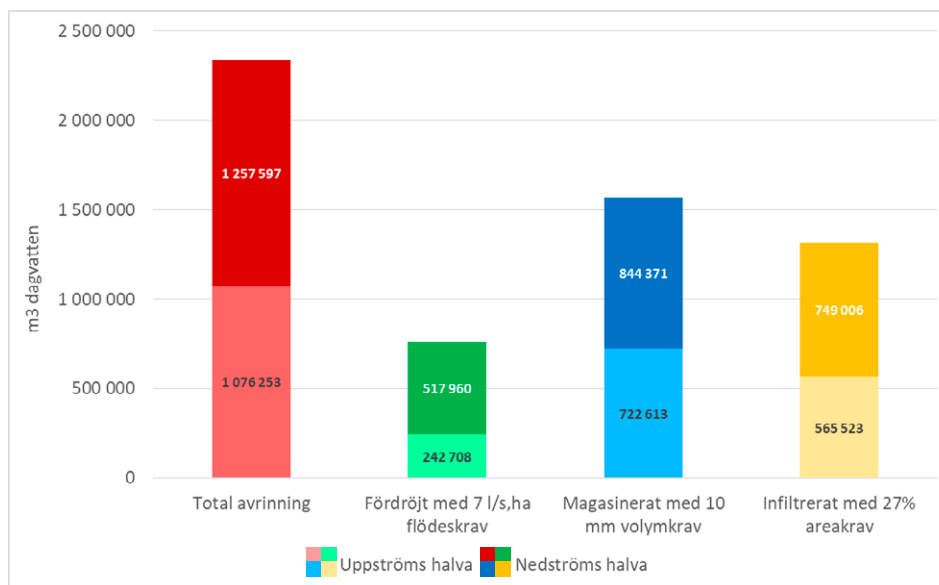
Av samma anledning som ovan, nämligen att den största andelen av årsvolymen avrinning utgörs av små regn, innebär flödeskrav en relativt begränsad fördröjning. Dock kan det ju, som tidigare nämnts, finnas reningspotential för hela volymen som passerar igenom en anläggning, inte bara den som fördröjs. Det kan därför finnas anledning att i de efterföljande moment (efter detta projekt) som ska analysera reningseffekt, utvärdera rening för flödeskrav baserat på två olika antaganden, antingen att endast det som fördröjs renas, eller att allt renas.

7.3.1 Geografisk spridning av andel fördröjt, magasinerat eller infiltrerat dagvatten

Andelen dagvatten som hanteras lokalt, dvs fördröjs, magasineras eller infiltrerar på fastighetsmark, varierar mellan olika bebyggelsetyper. För att i en kommande utredning kunna utvärdera olika alternativ för rening, där en del dagvatten renas tillräckligt lokalt, och en del behöver kompletteras genom centrala reningsanläggningar som t ex dammar, har vi här gjort en extra analys där vi delat in Regnköping i två lika stora delar, en uppströms och en nedströms. Uppströms delen har över lag en glesare bebyggelse, större andel grönyta och lägre avrinningskoefficient, medan nedströms delen har en stor andel tät bebyggelse.

I Figur 7.20 syns fördelningen av dagvatten mellan de två halvorna av Regnköping, med avseende på total avrinning för ett normalår samt fördröjd, magasinerad eller infiltrerad volym vid en utvald nivå för flödeskrav, volymkrav respektive areakrav. Vi ser att en större del av avrinningen skapas i den nedre halvan (ca 54%) på grund av att det är tätare bebyggelse här. Vid flödeskrav sker dock hela 68% av fördröjningen på halvan nedströms, vilket beror på att denna kravtyp är mer effektivt vid tätare bebyggelse, där flödet per hektar total yta oftare överskrider den satta gränsen. Volymkravet fördelar

sig på samma sätt som den totala avrinningen – 54% av total magasinerad volym sker på nedströms del. Detta beror på att volymkravet är satt i mm per hårdgjord yta, alltså kommer den magasinerade andelen vara lika stor som den totala andelen avrinning för respektive halva. Areakravet är liksom flödeskravet effektivare i den mer tätbebyggda delen – 57% av infiltrationen (dvs den infiltration som är ett resultat av regleringen) sker här.



Figur 7.20

Fördelning av total avrinning samt avrinning som är fördröjd, magasinerad eller infiltrerad på fastighetsmark mellan uppströms och nedströms halva i Regnköping.

Att en reglering är mer effektiv nedströms innebär även att större volymer behövs för magasinering här – vilket kan vara en utmaning eftersom tillgängliga ytor även kan förväntas vara färre i tätbebyggda områden. Möjligheten att få plats med de volymer som krävs är inte något vi berör närmare i denna rapport, men det är en aspekt som är viktig att ha med sig framöver för att ta fram en lämplig typ och nivå av reglering.

7.3.2 Sammanfattning av resultat avseende rening av dagvatten

- Vid volymkrav blir tömningshastigheten av den angivna volymen viktig, då en långsam tömning innebär ökad risk för att inte hela magasinetsvolymen är tillgänglig vid ett efterföljande regntillfälle.
- För flödeskrav och areakrav blir andelen fördröjd årsvolym större i mer tätbebyggda områden.
- Flödeskrav har minst påverkan på själva hydrauliken (hur flödesmönstret/avrinningskurvan påverkas) vid ett normalår eftersom denna enbart kapar flödestoppar och den största andelen av årsvolymen dagvatten kommer från små och lågintensiva regn.

8 Underlag till samhälls-ekonomisk analys

Denna rapport syftar som redan nämnts bland annat till att utgöra underlag för en samhällsekonomisk analys, som i sin tur ska kunna indikera vilken ansvarsfördelning mellan kommun/VA-huvudman och fastighetsägare som är mest samhällsekonomiskt lönsam. För detta behövs information om Regnköping som kan matas in i den samhällsekonomiska modellen. Övergripande grunddata om Regnköping, så som total yta, andel av olika bebyggelse typer, andel allmän platsmark, andel hårdgjord yta, totalt antal fastigheter, total ledningslängd uppdelad på olika dimensionsintervall med mera, redovisas i Bilaga B.

I resultatkapiteln från känslighetsanalysen har vi redovisat en mycket stor mängd data, baserat på över 100 beräkningsfall. Till en samhällsekonomisk analys är det lämpligt att välja ut ett fåtal av dessa beräkningsfall.

Som referensfall i den samhällsekonomiska analysen är det rimligt att utgå från situationen där VA-huvudmannen tar hela ansvaret för att åtgärda systemet så att det åter klarar dimensioneringskriterierna, samt rening för att uppnå miljö kvalitetsnormer. Detta motsvaras i våra beräkningar av framtidsscenario F1 (klimatfaktor samt förtätning) och F2 (endast klimatfaktor). Eftersom F1 är det scenario som använts i huvuddelen av beräkningsfallen med åtgärder på fastighetsmark så föreslås detta som referensfall.

I F1 är samtliga ledningar överbelastade, men detta innebär inte nödvändigtvis att alla ledningar behöver läggas om. En större ledning nedströms kan bidra med avlastning/minskad uppdämning uppströms så att även denna klarar dimensioneringskravet även utan uppdimensionering. Att peka ut det minsta antal (och vilka) ledningar som ska uppdimensioneras så att hela systemet klarar dimensioneringskraven är dock något som inte enkelt låter sig göras. Här finns olika vägar att gå – antingen utgår man helt krasst från att samtliga ledningar ska dimensioneras upp, eller så gör man ett antagande om att ledningar som bara är en aning överbelastade (t ex fyllnadsgrad på mellan 100 och 110%) kan undantas från uppdimensionering. Bilaga C redovisar data från scenario F1, inklusive andel av ledningar som har fyllnadsgrad under 110%.

Utöver referensfallet behöver även ett antal beräkningsfall som inkluderar reglering på fastighetsmark studeras. Här föreslår vi att urvalet görs med fokus på att visa på olika grader av ansvarsfördelning. En effekt (se kapitel 6.2.1 för beskrivning) på 50% innebär att fastighetsägarnas insatser åtgärdar 50% av överbelastade ledningar eller bräddvolym och därmed att 50% återstår för VA-huvudmannen att hantera. Vi föreslår därför att välja ut beräkningsfall där effekten ligger nära 50%, samt även beräkningsfall där effekten överstiger 75% för att kunna utvärdera samhällskostnad för en situation där fastighetsägare tar nästan hela ansvaret för åtgärder. Det kan vid en första anblick tyckas svårt att få fastighetsägare att acceptera ett väldigt stort ansvar, men även åtgärder från VA-huvudmannens sida bekostas ju i slutändan av abonnenterna, dvs fastighetsägarna, och därmed är det av intresse att undersöka även denna ansvarsfördelning.

Beräkningsfallen till samhällsekonomisk analys föreslås utgå från de fall där dagvatten från både kvartersmark och allmän platsmark regleras.

För kombinerat system föreslås dessa beräkningsfall:

- Flödeskrav: 49 l/s,ha samt 35 l/s,ha
- Volymkrav: 10 och 15 mm
- Areakrav: 41% och 27% (för dessa finns även resultat för inflöde till reningsverk, se kapitel 7.2.2)

För duplikat system föreslås dessa beräkningsfall väljas ut:

- Flödeskrav: 35 l/s,ha samt 7 l/s,ha
- Volymkrav: 5 och 10 mm
- Areakrav: 41% och 27%

För de sistnämnda kravnivåerna i respektive punkt ovan finns resultat för reningspotential även uppdelat på uppströms och nedströms del i Regnköping.

Relevanta data för beräkningsfall med åtgärder i kombinerat system redovisas i Bilaga D. Motsvarande för duplikat system återfinns i Bilaga E.

Ovanstående beräkningsfall är ett förslag på urval till den samhällsekonomiska analysen. Det kan finnas skäl att i slutändan endast genomföra en del av dessa eller göra ett delvis annat urval, baserat på andra aspekter som inte tagits upp här. All data som redovisas från känslighetsanalysen, även den som inte återfinns i bilagorna, finns tillgängliga i ett dataarkiv innefattande all indata och resultat för samtliga beräkningsfall.

Utöver de data som redovisas i bilagorna kommer ytterligare antaganden behöva göras för att få allt underlag som krävs i en samhällsekonomisk analys. Detta inbegriper t ex kostnader och värden som skapas för olika åtgärder.

9 Diskussion

Vi har i detta projekt undersökt effekterna av reglering av dagvatten på kvartersmark och allmän plats ur ett teoretiskt, modellbaserat perspektiv. Det övergripande målet har varit att bidra med underlag till en samhällsekonomisk analys, som ska svara på frågan i vilken utsträckning det är rimligt (samhällsekonomiskt lönsamt) att ställa krav på fastighetsägare om att hantera dagvatten lokalt.

En utgångspunkt i arbetet har varit att våra städer och vårt klimat förändras, vilket leder till högre belastning på den infrastruktur som ska hantera dagvatten. Även lagstiftningen förändras, exempelvis genom att det successivt ställs högre krav på god status i recipienter, vilket medför högre krav på rening av dagvatten.

För att uppnå de krav som samhället ställer på säker avledning och rening av dagvatten i våra städer kan man välja olika vägar. Antingen lägger man allt ansvar på VA-huvudmannen, och lösningen blir då att öka kapaciteten i det gemensamma ledningsnätet, t ex genom stora fördröjningsmagasin, reningsdammar, omläggning av ledningar till större dimension, eller komplettering av kapaciteten i form av diken. Ofta innebär detta stora och mycket kostsamma ingrepp i stadsmiljön, och det kan även vara svårt eller omöjligt att hitta tillräckligt med plats för de åtgärder som krävs.

En annan väg är att lägga ansvaret på fastighetsägarna, och kräva fördröjning och/eller reduktion samt rening av avrinning lokalt innan det leds ut till det allmänna VA-nätet. Även detta kan innebära stora kostnader och ingrepp men då för den enskilde fastighetsägaren. En viktig fråga här är hur man rent praktiskt går tillväga för att införa krav, vilka juridiska möjligheter som finns att ställa krav och hur dessa följs upp, samt i vilken mån fastighetsägare kommer att uppfylla de krav som åläggs dem. Detta har dock inte berörts i denna rapport.

En tredje väg är en kombination av de två första, där en del av ansvaret läggs på de enskilda fastighetsägarna och en del på VA-kollektivet. Det är detta alternativ som vi har undersökt i detta projekt. Vi har, genom att använda oss av en modell över dagvattensystemet i den fiktiva staden Regnköping, utvärderat olika typer av kravställning och vilken effekt de får på dagvattensystemet, både hydrauliskt och med avseende på recipientbelastning. Genom att undersöka olika typer och nivåer av reglering har vi kunnat utreda hur stor effekt regleringen får i olika situationer, och därmed också hur stor del som återstår för VA-huvudmannen att åtgärda innan dagvattensystemet uppfyller kraven om säker avledning och god rening.

9.1 Regnköping kontra verkligheten

Slutsatserna som redovisas i denna rapport är ett försök att generalisera från de teoretiska modellanalyser som gjorts för den fiktiva staden Regnköping. Det är givetvis så att resultaten kommer att variera en del beroende på vilken stad eller stadsdel man undersöker, och för att veta exakt vilken effekt man får av en viss kravtyp och kravnivå krävs det att man undersöker det specifika system där man vill införa regleringen. De slutsatser som listas i punktform nedan är sådana som vi menar är generella och kan sägas gälla för de flesta städer. Siffror som volymer och effekt i procent är dock specifika för Regnköping.

De viktigaste parametrarna att beakta för att överföra resultaten till ett annat, verkligt, system är regnvolym och medelintensitet för dimensionerande regn (och här blir systemtyp samt avrinningsområdets storlek viktig, då dimensionerande regn är starkt avhängigt dessa faktorer). Även bebyggelsetyper och avrinningskoefficienter är viktiga att beakta, i synnerhet för flödeskrav och areakrav vars effekt varierar tydligt mellan

tät och gles bebyggelse. Därutöver är det viktigt att beakta huvudsyftet med en reglering – är målet främst att minska bräddningar i ett kombinerat system eller maximera reningspotential i ett duplikat system kanske ett volymkrav är mest lämpat, men om fokus främst ligger på att minska andelen överbelastade ledningar kan flödeskrav vara en bättre väg framåt.

10 Slutsatser

De viktigaste slutsatserna är följande:

- Effekten av att reglera dagvatten på fastighetsmark beror både på hur kravet formuleras (kravtyp, kravnivå etc.) och på vilken parameter som utvärderas.
- Effekten beror även på hur mycket belastningen förväntas öka i framtiden. Om hänsyn enbart tas till klimatförändring, utan förtätning, blir det enklare att uppnå tillräckligt stor effekt genom reglering av dagvatten på fastighetsmark. Detta gäller både för kombinerat och duplikat system, även om det bara är kombinerat som undersökts specifikt i denna rapport. Det är därför viktigt att beakta vilka krav som ställs på nya detaljplaner och exploateringar.

Hydraulisk effekt

- Effekten av reglering på dagvattensystemets hydrauliska kapacitet (dvs hur många ledningar som blir överbelastade) varierar geografiskt och mellan olika kravtyper. En reglering som innebär volymminskning av avrinningen är mest effektiv i de delar av ledningsnätet som har en magasinerande funktion (oftast nedströms). En reglering som innebär flödesutjämning men inte volymminskning är mest effektiv i de delar av ledningsnätet som har en transporterande funktion snarare än magasinerande (ofta uppströms).
- Att kräva lokal fördröjning enbart av dagvatten från allmän plats (gator och torg) är inte tillräckligt då detta utgör liten del av den totala ytan i en stad. För att få en tydlig effekt av dagvattenreglering på fastighetsmark krävs att även kvartersmark inkluderas.
- Effekten av reglering på hydraulisk kapacitet är tätt sammankopplad med det dimensionerande regnets volym och intensitet (vilken i sin tur beror på både dimensionerande återkomsttid samt avrinningsområdets storlek och rinntid).
 - Ett volymkrav bör vara minst hälften så stort som det dimensionerande regnet (dvs krav på minst 10 mm om dimensionerande regn är 20 mm), eftersom en mindre volym innebär att magasinet är fullt när flödestoppen kommer.
 - Ett flödeskrav bör sättas till ett flöde som är betydligt lägre än det maxflöde som ges för dimensionerande regn. En tumregel (som ger 60-80% minskning av överbelastade ledningar i Regnköping) är att flödeskravet sätts till hälften så stort som medelintensiteten i det dimensionerande regnet (dvs till 25 l/s,ha om regnets medelintensitet för hela varaktigheten är 50 l/s,ha).
 - Effekten av areakrav varierar inte med regnet på samma sätt som de övriga två kravtyperna.

Effekt på bräddvolymer och inflöde till reningsverk i kombinerat system

- Redan milda kravnivåer har över lag en tydlig effekt på bräddade volymer.
- Reglering som innebär fördröjning utan volymminskning kan utgöra en risk för att bräddvolymer ökar, om fördröjningen sker med en tonvikt på nedströms områden.
- Reglering av dagvatten (som inte innebär en separering) har en begränsad effekt på totala inflödesvolymer till reningsverk. Däremot är effekten på minskning av flödestoppar relativt god, vilket kan innebära att reglering bidrar till att reningsverkets kapacitet inte överskrids lika ofta.

Effekt på reningspotential genom lokal fördröjning, magasinering och infiltration av dagvatten

- Reglering av dagvatten har hög potential för att bidra till rening, men effekten är i högsta grad beroende av vilken typ av åtgärd eller anläggning som väljs.

-
- Vid volymkrav är tömningshastigheten avgörande för hur stor andel av årsvolymen som ryms i magasinet.
 - Flödeskrav och areakrav innebär att större volymer fördröjs i tätbebyggda områden jämfört med glesare bebyggelse. För volymkrav är den fördröjda volymen (i mm) densamma överallt.

Sammanfattningsvis visar denna rapport att reglering av dagvatten på fastighetsmark ger en märkbar effekt på dagvattensystemets kapacitet och funktion, och att man kan komma en bra bit på vägen i arbetet att motverka effekter av klimatförändringar och förtätning genom att låta fastighetsägare vara med och dela på ansvaret. Vikten av att alla inblandade dagvattenaktörer samarbetar har poängterats i flera tidigare publikationer, och med denna utredning fås nu ett underlag för att bedöma mer konkret hur ansvaret bör fördelas för att få den mest samhällsekonomiska lösningen.

Referenser

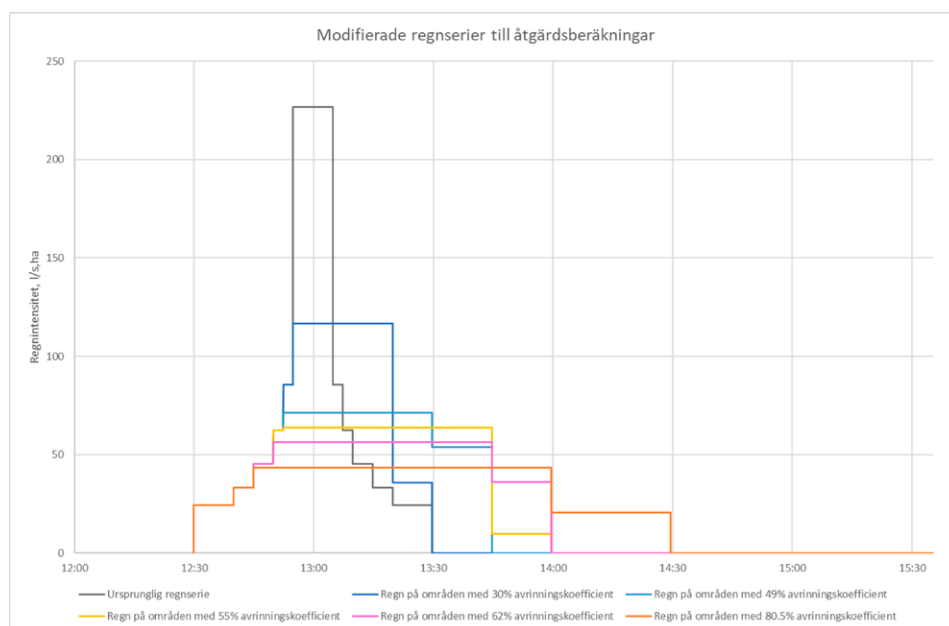
- Blecken G. (2016). Kunskapssammanställning dagvattenrening. SVU-rapport 2016-05. Stockholm: Svenskt Vatten
- Dahlström B. (2010). Regnintensitet – en molnfysikalisk betraktelse. SVU-rapport 2010-05. Stockholm: Svenskt Vatten
- Hernebring C., Dahlström B. och Kjellström E. (2012). Regnintensitet i ett förändrat klimat i Sverige med data tillgängliga för användare. SVU-rapport 04-14. Stockholm: Svenskt Vatten
- von Scherling M., Svensson G. och Sörelius H. (2020): Simulerade effekter av trög avvattning. SVU-rapport 2020-01. Stockholm: Svenskt Vatten Utveckling
- Stockholm Vatten och Avfall (2017). Beräkningsmetodik för dagvattenflöde och föroreningstransport i Stockholm. https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/pm_berakningsmetodik.pdf [2021-02-10]
- Stockholms läns landsting (2018). Regional utvecklingsplan för Stockholmsregionen RUF5 2050. <https://www.sll.se/verksamhet/Regional-utveckling/strategier-och-planer-inom-regional-utveckling/rufs-2050/> [2021-11-05]
- Svenskt Vatten (2004). Publikation P90. Dimensionering av allmänna avloppsledningar. Stockholm: Svenskt vatten
- Svenskt Vatten (2016). Publikation P110. Avledning av dag-, drän- och spillvatten. Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem. Stockholm: Svenskt Vatten
- Svenskt Vatten (2011). Publikation P105. Hållbar dag- och dränvattenhantering. Råd vid planering och utformning. Stockholm: Svenskt Vatten
- Svenskt Vatten och SMHI (2020). Rekommendationer vid val av nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem. ISSN: 1651-6893

Bilagor

Bilaga A Modifierade regnserier för modellering av flödeskrav

De regnserier som har matats in i åtgärdsberäkningarna för Regnköping har modifierats för att ge resultat motsvarande den valda kravnivån. Modifieringen har gjorts enligt följande:

Kravnivån har ”översatts” till en motsvarande regnintensitet, vilken varierar med delområdet avrinningskoefficient. Om kravnivån är exempelvis 35 l/s,ha och avrinningskoefficienten 30% motsvaras kravnivån av en regnintensitet på ca 117 l/s,ha ($117 * 0,3 = 35$). Därefter har sju olika regnserier (en för respektive bebyggelsestyp) skapats, där intensiteten har begränsats till max den intensitet som är tillåten enligt kravnivån. Slutligen har regntoppen (den del av regnet som når upp till maxgränsen) förlängts tills totalvolymen för regnet motsvarar volymen för den ursprungliga regnserien. Figur A.1 visar 5-årsregnet som använts i kombinerat system, tillsammans med regnserier för de fem olika bebyggelsestyper som avser kvartersmark och kravnivån 35 l/s,ha.



Figur A.1
Modifierade regnserier till
beräkning av kravtypen
Flödeskrav.

Bilaga B Grunddata för Regnköping

Regnköping	
Total avrinningsområdesyta (ha)	607,6
Total ledningslängd (m)	94256
Ledningslängd (m) med diameter ≤ 1 m i kombinerat system	65808
Ledningslängd (m) med diameter > 1 m i kombinerat system	28448
Ledningslängd (m) med diameter ≤ 1 m i duplikat system	71061
Ledningslängd (m) med diameter > 1 m i duplikat system	23195
Total hårdgjord yta i referensscenario (ha)	305
Total yta Flerfamiljshus slutet	102,3
Total yta Flerfamiljshus öppet	86,9
Total yta Verksamhet	56,0
Total yta Villa < 1000 m ²	43,5
Total yta Villa > 1000 m ²	169,7
Total yta Gata	127,6
Total yta Park	21,7
Antal fastigheter inom kvartersmark	4458

Tabell B.1

Grunddata för Regnköping.

Bilaga C Resultat från beräkningar med framtidsscenario F1

Ledningsdiameter	Ledningslängd (m) med fyllnadsgrad < 110%	Ledningslängd (m) med fyllnadsgrad > 110%
=< 1 m	304	65505
> 1 m	3028	25419

Tabell C.1

Ledningslängd i m uppdelad på olika fyllnadsgrad och dimension för framtidsscenario F1.

Avrinnings- och bräddvolymer framtidsscenario F1	
Total hårdjord yta i framtidsscenario (ha)	366
Total avrinningsvolym (m ³) vid dimensionerande 5-årsregn (kombinerat system)	92 198
Total avrinningsvolym (m ³) vid dimensionerande 2-årsregn (duplikat system)	68 222
Total bräddvolym (m ³) vid dimensionerande 5-årsregn (kombinerat system)	4578
Total årsvolym (m ³) in till reningsverk inklusive läck och drän (kombinerat system)	6 103 002
Total årsvolym (m ³) dagvatten (duplikat system)	2 333 851

Tabell C.2

Bidragande yta samt avrinnings- och bräddvolymer i framtidsscenario F1.

Bilaga D Resultat från beräkningar med lokal reglering av dagvatten i kombinerat system

Flödeskrav (l/s,ha)	Ledningslängd (m) som uppfyller dimensioneringskriterier	Ledningslängd (m) som överbelastas med fyllnadsgrad $\leq 110\%$	Ledningslängd (m) som överbelastas med $> 110\%$ fyllnadsgrad
49	48960 (varav 44595 avser ledningar med diameter $\leq 1\text{m}$)	4002 (varav 2653 avser ledningar med diameter $\leq 1\text{m}$)	41294 (varav 18576 avser ledningar med diameter $\leq 1\text{m}$)
35	71871 (varav 55934 avser ledningar med diameter $\leq 1\text{m}$)	11489 (varav 1193 avser ledningar med diameter $\leq 1\text{m}$)	10897 (varav 8809 avser ledningar med diameter $\leq 1\text{m}$)

Tabell D.1

Ledningslängd i m som uppfyller respektive ej uppfyller korrekt dimensionering, för kombinerat system och två nivåer av flödeskrav (på både kvartersmark och allmän plats).

Volymkrav (mm)	Ledningslängd (m) som uppfyller dimensioneringskriterier	Ledningslängd (m) som överbelastas med fyllnadsgrad $\leq 110\%$	Ledningslängd (m) som överbelastas med $> 110\%$ fyllnadsgrad
10	43085 (varav 16719 avser ledningar med diameter $\leq 1\text{m}$)	8651 (varav 7189 avser ledningar med diameter $\leq 1\text{m}$)	42520 (varav 42028 avser ledningar med diameter $\leq 1\text{m}$)
15	89781 (varav 61460 avser ledningar med diameter $\leq 1\text{m}$)	1340 (varav 1340 avser ledningar med diameter $\leq 1\text{m}$)	3136 (varav 3136 avser ledningar med diameter $\leq 1\text{m}$)

Tabell D.2

Ledningslängd i m som uppfyller respektive ej uppfyller korrekt dimensionering, för kombinerat system och två nivåer av volymkrav (på både kvartersmark och allmän plats).

Areakrav (%)	Ledningslängd (m) som uppfyller dimensioneringskriterier	Ledningslängd (m) som överbelastas med fyllnadsgrad =< 110%	Ledningslängd (m) som överbelastas med > 110% fyllnadsgrad
41	48603 (varav 29741 avser ledningar med diameter =< 1m)	15085 (varav 7111 avser ledningar med diameter =< 1m)	30567 (varav 29085 avser ledningar med diameter =< 1m)
27	89815 (varav 61384 avser ledningar med diameter =< 1m)	1947 (varav 1947 avser ledningar med diameter =< 1m)	2494 (varav 2494 avser ledningar med diameter =< 1m)

Tabell D.3

Ledningslängd i m som uppfyller respektive ej uppfyller korrekt dimensionering, för kombinerat system och två nivåer av areakrav (på både kvartersmark och allmän plats).

Kravtyp och kravnivå	Bräddad volym (m ³)
Flödeskrav 491/s,ha	1622
Flödeskrav 351/s,ha	122
Volymkrav 10 mm	15
Volymkrav 15 mm	0
Areakrav 41%	71
Areakrav 27%	3

Tabell D.4

Bräddade volymer vid utvalda kravtyper och kravnivåer (på både kvartersmark och allmän plats).

Bilaga E Resultat från beräkningar med lokal reglering av dagvatten i duplikat system

Flödeskrav (l/s,ha)	Ledningslängd (m) som uppfyller dimensioneringskriterier	Ledningslängd (m) som överbelastas med fyllnadsgrad =< 110%	Ledningslängd (m) som överbelastas med > 110% fyllnadsgrad
35	50357 (varav 48082 avser ledningar med diameter =< 1m)	2780 (varav 1806 avser ledningar med diameter =< 1m)	41120 (varav 21060 avser ledningar med diameter =< 1m)
7	94256 (varav 71060 avser ledningar med diameter =< 1m)	0 (varav 0 avser ledningar med diameter =< 1m)	0 (varav 0 avser ledningar med diameter =< 1m)

Tabell E.1

Ledningslängd i m som uppfyller respektive ej uppfyller korrekt dimensionering, för duplikat system och två nivåer av flödeskrav (på både kvartersmark och allmän plats).

Volymkrav (mm)	Ledningslängd (m) som uppfyller dimensioneringskriterier	Ledningslängd (m) som överbelastas med fyllnadsgrad =< 110%	Ledningslängd (m) som överbelastas med > 110% fyllnadsgrad
5	6341 (varav 921 avser ledningar med diameter =< 1m)	9789 (varav 2429 avser ledningar med diameter =< 1m)	78127 (varav 67710 avser ledningar med diameter =< 1m)
10	75535 (varav 52339 avser ledningar med diameter =< 1m)	5930 (varav 5930 avser ledningar med diameter =< 1m)	12791 (varav 12791 avser ledningar med diameter =< 1m)

Tabell E.2

Ledningslängd i m som uppfyller respektive ej uppfyller korrekt dimensionering, för duplikat system och två nivåer av volymkrav (på både kvartersmark och allmän plats).

Areakrav (%)	Ledningslängd (m) som uppfyller dimensioneringskriterier	Ledningslängd (m) som överbelastas med fyllnadsgrad =< 110%	Ledningslängd (m) som överbelastas med > 110% fyllnadsgrad
41	46544 (varav 32027 avser ledningar med diameter =< 1m)	11862 (varav 6407 avser ledningar med diameter =< 1m)	35850 (varav 32514 avser ledningar med diameter =< 1m)
27	89926 (varav 66619 avser ledningar med diameter =< 1m)	1552 (varav 1552 avser ledningar med diameter =< 1m)	2778 (varav 2778 avser ledningar med diameter =< 1m)

Tabell E.3

Ledningslängd i m som uppfyller respektive ej uppfyller korrekt dimensionering, för duplikat system och två nivåer av areakrav (på både kvartersmark och allmän plats).

	Fördröjt med 7 l/s, ha flödeskrav (m ³)	Magasinerat med 10 mm volymkrav (m ³)	Infiltrerat med 27% areakrav (m ³)	Total avrinningsvolym (m ³)
Uppströms del	242708	722613	565523	1076253
Nedströms del	517960	844371	749006	1257597
Summa	760668	1566984	1314529	2333850

Tabell E.4

Årsvolymer avrinning fördelat på uppströms och nedströms delar i Regnköping samt fördröjt, magasinerat eller infiltrerat för utvalda kravtyper och kravnivåer.

Svenskt Vatten

UTVECKLING

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se