

# Dagvatten- och skyfallsutredning Strängnäs kommun

PM

12805481 Kundens ref. Eddie Lundgren

2023-02-10

Strängnäs kommun





Dagvatten- och skyfallsutredning Strängnäs kommun

Granskningshandling

PM

12805481 Kundens ref. Eddie Lundgren

Förberedd för: Strängnäs kommun

Representerad av: Eddie Lundgren

Kontaktperson: Eddie Lundgren, [eddie.lundgren@strangnas.se](mailto:eddie.lundgren@strangnas.se), 0152 – 293 30  
Projektansvarig: Kajsa Parpis  
Kvalitetsansvarig: Christofer Karlsson  
Författare: Stephanie The  
Projekt No.: 12805481  
Godkänd av: Christofer Karlsson  
Datum för godkännande: 2022-02-10  
Revision: Slutversion1  
Klassifikation: **Open**  
Filnamn: Dagvatten- och skyfallsutredning Strängnäs kommun

## Sammanfattning

DHI Sverige AB har på uppdrag av Strängnäs kommun utfört en dagvatten- och skyfallsmodellering för att ta fram underlag som hjälper kommunen att:

- Kartlägga översvämningsrisken inom Strängnäs kommun
- Identifiera potentiella problemområden
- Identifiera kapacitetsbrist i ledningsnätet

Kommunen har valt att studera fyra extrema regnhändelser och ett mer vanligt förekommande regn: 100-årsregn, 200-årsregn och 500-årsregn med en klimatkoefficient på 1,3, Gävleregnet samt ett 5-årsregn.

En hydrodynamisk modell för Strängnäs kommun sattes upp i DHI:s programvara MIKE+ som till skillnad från en statisk modell även beaktar tidsfaktorn. Det ger en mer realistisk bild av översvämningsförloppet som styrs av många parametrar, i första hand topografi, markens råhet och infiltrationsförmåga, storleken och spridningen av regnet, och ledningsnätets kapacitet.

Följande resultat har levererats i form av GIS-lager och kommer att bli tillgängliga digitalt för hela Strängnäs kommun:

- Maximalt översvämningsdjup och maximal översvämningsutbredning
- Maximalt flöde
- Flödesriktning vid maximalt flöde
- Översvämmade brunnar och potentiella volymer som trycks ut ur ledningsnätet
- Kapacitet i ledningar

Utredningen innehåller varken en djupgående analys av resultat eller detaljerade analyser för varje enskilt område. Kartor och slutsatser som presenteras är tänkta som vägledande exempel för att kunna ge stöd åt kommunens fortsatta arbete av levererat underlag. Underlaget som levereras har en upplösning på 4x4 m varpå beräknade vattendjup och flöden inte ska ses som absoluta nivåer. Det ska snarare ge en indikation på vart stora vattendjup och flöden bildas. Redovisade resultat är tänkta att användas av kommunen vid övergripande stadsplanering för identifiering av områden med hög risk samt vilka områden som kan bedömas som lämpliga för fortsatt exploatering. Underlaget rekommenderas inte att användas i detaljplanarbete eller i syfte att ta fram specifika nivåer eller volymer, men kan ge övergripande bild på hur vattnet rinner och ansamlas.



## Innehållsförteckning

1.1	Bakgrund .....	4
1.2	Syfte .....	4
1.3	Avgränsning och begränsningar.....	5
2.1	Återkomsttid - Dimensionering av regn .....	6
2.2	Dagvatten .....	8
2.2.1	Planering och hantering av dagvatten.....	9
2.3	Skyfall .....	10
2.3.1	Planering och hantering av skyfall.....	10
2.3.2	Skyfallskartering .....	13
3.1	Flödesschema för arbetsprocess .....	14
3.2	Modellförutsättningar .....	14
3.3	Modellfördelning .....	15
3.4	Modellscenarier .....	17
4.1	100-årsregn .....	19
4.2	Gävleregnet .....	21
4.3	Hur ska resultaten tolkas? .....	22
4.4	Vägledning för analys av resultat .....	23
4.4.1	Jämförelse mellan Gävleregnet och 100-årsregnet .....	26
4.5	Modellbegränsningar .....	27
4.5.1	Höjddata .....	27
4.5.2	Vägtrummor.....	27
4.5.3	Avsaknad av ledningsnätsdata.....	27

## Figurer

Figur 2-1	Diagrammet visar sambandet mellan ett regns volym, varaktighet och återkomsttid. Den totala regnvolymen ökar avtagande med återkomsttiden och varaktigheten. Därmed kan ett regn med lång varaktighet, men kort återkomsttid ge lika stor regnvolym som ett regn med längre återkomsttid men kortare varaktighet (Mårtensson och Gustafsson, 2017)	7
Figur 2-2	Komponenter i ytavrinning från bebyggda områden. Bild: Lars-Göran Gustafsson, DHI.....	8
Figur 2-3	Minimikrav för dimensionerande återkomsttider av nya dagvattensystem och skyddsnivå av byggnader vid marköversvämning enligt Svenskt Vattens publikation P110. (Svenskt vatten, 2016) .....	9
Figur 2-4	Dagvattensystemets kapacitet och markens infiltrationsförmåga är inte tillräcklig för att ta hand om regnvattnet vid ett skyfall. Följden blir översvämningar. (MSB, 2017) .....	10
Figur 2-5	Arbetsgång för vägen mot den skyfallståliga staden. Bearbetning efter MSB (2017)..	11
Figur 2-6	Typåtgärder i strukturplanen är skyfallsleder, skyfallsyta och styrning.....	12
Figur 2-7	Förklaring av olika typer av dagvatten- och skyfallsmodeller.....	13
Figur 3-1	Flödesschema för arbetsprocess. ....	14
Figur 3-2	Illustration av kopplad markavrinnings- och ledningsnätsmodell.....	15
Figur 3-3	Indata som använts vid framställning vid skyfallssimulering.....	15
Figur 3-4	Uppdelning av modellområden och med respekt till vilken typ av modell.....	16

Figur 4-1 Fyllnadsgrad i dagvattenledningar vid ett 5-årsregn. Grönt innebär att ledningen inte är fylld och ligger under trycklinje för hjässan, gult innebär att trycklinjen ligger över hjässan och rött innebär att trycklinjen är så pass hög att det sker en marköversvämning. ....	19
Figur 4-2 Maximalt beräknat flöde jämfört med ledningarnas teoretiska kapacitet. Värde <1 innebär att maximalt beräknat flöde understiger ledningens teoretiska kapacitet, >1 att flödet är större. Om värdet är >2 innebär det att maximalt beräknat flöde kraftigt överstiger ledningens teoretiska kapacitet.....	19
Figur 4-3 Maximalt beräknat flöde jämfört med ledningarnas teoretiska kapacitet tillsammans med marköversvämmade brunnar. Värde <1 innebär att maximalt beräknat flöde understiger ledningens teoretiska kapacitet, >1 att flödet är större. Om värdet är >2 innebär det att maximalt beräknat flöde kraftigt överstiger ledningens teoretiska kapacitet. ....	19
Figur 4-4 Brunnar som översvämmas respektive inte översvämmas vid ett klimatanpassat 5-årsregn.	19
Figur 4-5 Volym som trycks ut på ytan från respektive brunn vid ett klimatanpassat 5-årsregn.....	19
Figur 4-6 Beräknade maximala vattendjup i samband med ett klimatanpassat 100-årsregn inom Strängnäs tätort. ....	19
Figur 4-7 Beräknade maximala flöden och avrinningsriktning i samband med ett klimatanpassat 100-årsregn inom Strängnäs tätort. ....	20
Figur 4-8 Beräknade maximala vattendjup i samband med fiktivt Gävleregnet för Strängnäs tätort. ....	21
Figur 4-9 Beräknade maximala flöden och avrinningsriktning i samband med fiktivt Gävleregnet för Strängnäs tätort. ....	22
Figur 4-10 Identifiering av sårbara områden.....	24
Figur 4-11 Jämförelse i översvämningsutbredning mellan Gävleregnet och klimatanpassat 100-årsregn. ....	26
Figur 4-12 Sammanställning av erhållet ledningsnätunderlag från Strängnäs kommun. Visar hur många brunnar som saknar sina bottennivåer samt hur många ledningar som saknar VG-nivåer och dimensioner.....	27
Figur 5-1 Skyfallsplanering.....	28
Figur 7-1 Beskrivning av infiltrationen och hur avrinningen påverkas av olika jordarter. Jordlager som sand har en hög infiltrationskapacitet där merparten av vattnet som faller på ytan infiltreras och blir grundvatten. Områden med lera har dålig infiltrationskapacitet och stora delar av vattnet som faller på dessa ytor rinner av som ytavrinning. (MSB 2017) .....	XXXIII
Figur 7-2 Principiell illustration av hur studerat regn fördelas över hårdgjorda ytor i markavrinningsmodell och dagvattenmodell. I områden utan koppling till ledningsnätet exkluderas den del av regnet som antas kunna hanteras av ledningsnätet från beräkningarna. ....	XXXV
Figur 7-3 Jämförelse extrema regntillfällen i relation till regnstatistik enligt Dahlström 2010.....	XXXVI

## Tabeller

Tabell 2-1 Beskrivning av ackumulerad sannolikhet som erhålls vid en given åtkomsttid sett över en given tidsperiod. ....	6
Tabell 3-1 Modellområde och typ av modell. ....	16
Tabell 3-2 Studerade modellscenarion. ....	17
Tabell 4-1 Fördelning av hur ledningsnätets kapacitet nyttjas vid ett klimatanpassat 5-årsregn.....	19

Tabell 4-2 Andelen brunnar det sker marköversvämning i och ungefärlig vattenvolym som trycks ut från respektive brunn.....	19
Tabell 7-1 Ansatta Mannings tal M för olika ytor baserat på markanvändning. ....	XXXII
Tabell 7-2. Ansatta infiltrations- och läckagehastigheter (mm/h) för olika jordarter. ....	XXXIV

# 1 Inledning

Under det senaste decenniet har extrema regnhändelser skakat om landet och idag klassas skyfall som en av de vanligaste översvämningstyperna i Sverige. Några stora händelserna är Malmö 2014, Uppsala 2018 och nu senast Gävle 2021 som ligger i klass med det regn som föll i Köpenhamn 2011. Översvämningar kan leda till omfattande skador på byggnader och inventarier, och ge upphov till drift- och framkomlighetsproblem.

## 1.1 Bakgrund

Under våren 2021 påbörjade Strängnäs kommun en uppdatering av översiktsplanen (ÖP) från 2014. Sedan översiktsplanen antogs har skyfallsfrågan lyfts upp på agendan från flera håll och kommunen vill därför lyfta in denna fråga i pågående uppdatering av ÖP.

MSB publicerade en *Vägledning för skyfallskartering* 2017 med syfte att ge kommunerna information och stöd kring olika typer av skyfallskarteringar samt hur man på kommunal nivå kan arbeta med skyfall. Vidare släppte Boverket en vägledning för *Klimatrelaterade risker i översiktsplanering* 2022 som förtydligar att kommunen i sin ÖP ska redogöra för sin syn på klimatrelaterade risker i den byggda miljön och hur dessa risker kan minska eller upphöra.

Som ett steg i arbetet med att redovisa kommunens syn på klimatrelaterade risker kopplade till skyfall har Strängnäs kommun beställt en kommunövergripande skyfallskartering.

## 1.2 Syfte

DHI har fått i uppdrag att ta fram en skyfallsanalys för Strängnäs kommun som ett första steg i att översiktligt kartlägga hur vattnet rinner och var marköversvämning uppstår i samband med skyfall. Kommunen har valt att studera fyra extrema regnhändelser:

- 100-årsregn, 200-årsregn och 500-årsregn med klimatfaktor 1,3
- 200-årsregn med klimatfaktor 1,3
- 500-årsregn med klimatfaktor 1,3
- Gävleregnet som föll över Gävle sommaren 2021

Inom ramen för skyfallskarteringen etableras även hydrauliska ledningsnätmodeller för tätorterna Strängnäs, Stallarholmen, Åker och Mariefred. Syftet med etablering av ledningsnätmodellerna är, utöver att ge en mer rättvisande bild av översvämningssituationen vid skyfall, att utgöra ett underlag för fortsatt arbete med utveckling av kommunens VA-arbete. För en första överblick av ledningsnätets kapacitet har ett 5-årsregn simulerats för berörda områden.

Syftet med den genomförda dagvatten- och skyfallsmodelleringen är att:

- Ge en övergripande bild av vart vattnet rinner och ställer sig vid en regnhändelse
- Kartlägga var i staden det kan finnas en potentiell översvämningssrisk
- Identifiera sårbara områden samt vart utökad utredning kan behövas
- Utgöra underlag till stadens klimatanpassningsarbete
- Identifiera kapacitetsbrist i ledningsnätet



### 1.3 Avgränsning och begränsningar

Fokus har legat på uppbyggnad av dagvatten- och skyfallsmodell samt att ge en första översiktlig bild av översämningssituationen. I projektet ingår ingen djupgående analys av områden som potentiellt riskerar att översvämmas utan det får ses som ett nästa steg i det fortsatta arbetet.

I modellen antas att ledningarna står tomma vid starten på regnförloppet och eventuellt naturvatten som tillrinner eller läckt in, har ej räknats med i modellen.

Vid tidpunkten för upprättandet av modellen saknades en stor del indata om ledningsnätet i form av nivåer och dimensioner, varpå stora sträckor av ledningsnätet interpolerats fram. Upplösningen för modellen är 4x4 m vilket betyder att ett beräknat värde inom en cell, representeras för hela cellen som motsvarar en yta på 16 m. Detta får ses som en begränsning och framtagna resultat ska därför inte användas för detaljerade analyser.

## 2 Dagvatten och skyfall

Dagvatten- och skyfallsfrågan har på senare tid fått allt större uppmärksamhet inte minst i media, på grund av allt kraftigare skyfall med stora samhällskonsekvenser och är numera en viktig fråga vid samhällsplaneringen. För en säker och hållbar dagvatten- och skyfallshantering krävs ett nära samarbete mellan olika aktörer inte minst olika kommunala förvaltningar: bygglov, samhällsplanering, park, gata, miljö och VA. Tillsammans bidrar de till att förbättra översvämningssäkerheten och reducera utsläppen av dagvattenföroreningar i samhället.

### 2.1 Återkomsttid - Dimensionering av regn

Ett återkommande begrepp i samband med klimatanpassning är återkomsttid, som beskriver hur vanlig eller ovanlig en händelse är. Återkomsttid används i klimatrelaterade sammanhang som skyfall, höga vattenflöden, temperaturer och vattennivåer. I dagvatten och skyfallssammanhang anges oftast en återkomsttid för att beskriva vilken säkerhetsnivå som bör användas vid dimensionering av åtgärder och därmed indirekt vilken regnhändelse som ska kunna hanteras.

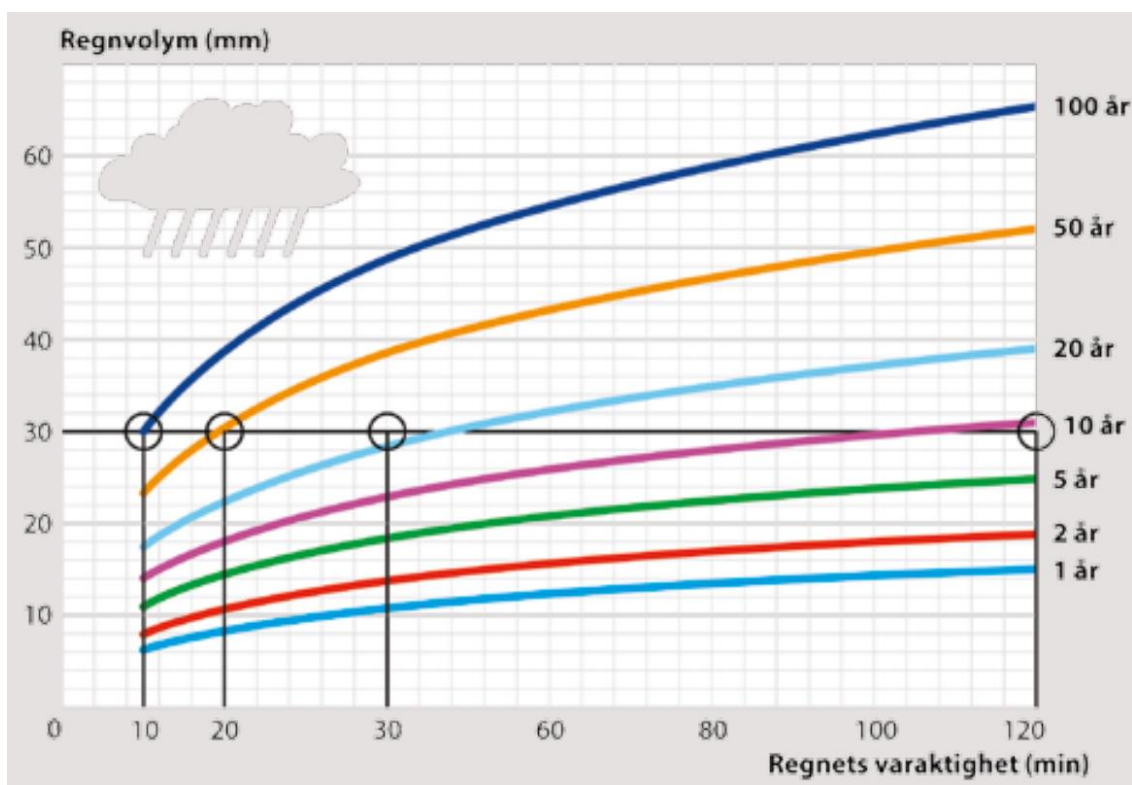
Vid tal om en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Exempelvis betyder det att en regnhändelse motsvarande ett 100-årsregn uppnås eller överträffas i genomsnitt en gång på 100 år, vilket även kan uttryckas som att den årliga sannolikheten för att händelsen ska inträffa är en procent.

Sannolikheten för att en viss händelse ska inträffa påverkas även av vilken tidsperiod som studeras. På grund av att man exponeras för samma risk varje år, ackumuleras sannolikheten för att det ska inträffa över tid. I Tabell 2-1 visas hur den ackumulerade sannolikheten för regnhändelser motsvarande en viss återkomsttid ser ut för olika tidsperioder. Sannolikheten för att exempelvis ett 100-årsregn inträffar under en period på 100 år är 63 %.

**Tabell 2-1 Beskrivning av ackumulerad sannolikhet som erhålls vid en given återkomsttid sett över en given tidsperiod.**

Återkomsttid	Ackumulerad sannolikhet under olika tidsperioder (%)				
	2 år	10 år	50 år	100 år	1000 år
5	36	89	100	100	100
10	19	65	99	100	100
50	4	18	64	87	100
100	2	10	39	63	100
200	1	5	22	39	99
500	0	2	10	18	86
1000 (Ungefärlig storleksordning av Gävleregnet)	0	1	5	10	63

Ett regns varaktighet påverkar både den totala regnvolymen och den genomsnittliga intensiteten. Exempelvis kan ett 10-årsregn med 2 timmars varaktighet vara lika volymrikt som ett 100-årsregn med 10 minuters varaktighet, men det senare regnet är mycket mer intensivt. I Figur 2-1 visas sambandet mellan ett regns återkomsttid, varaktighet och volym för olika återkomsttider.

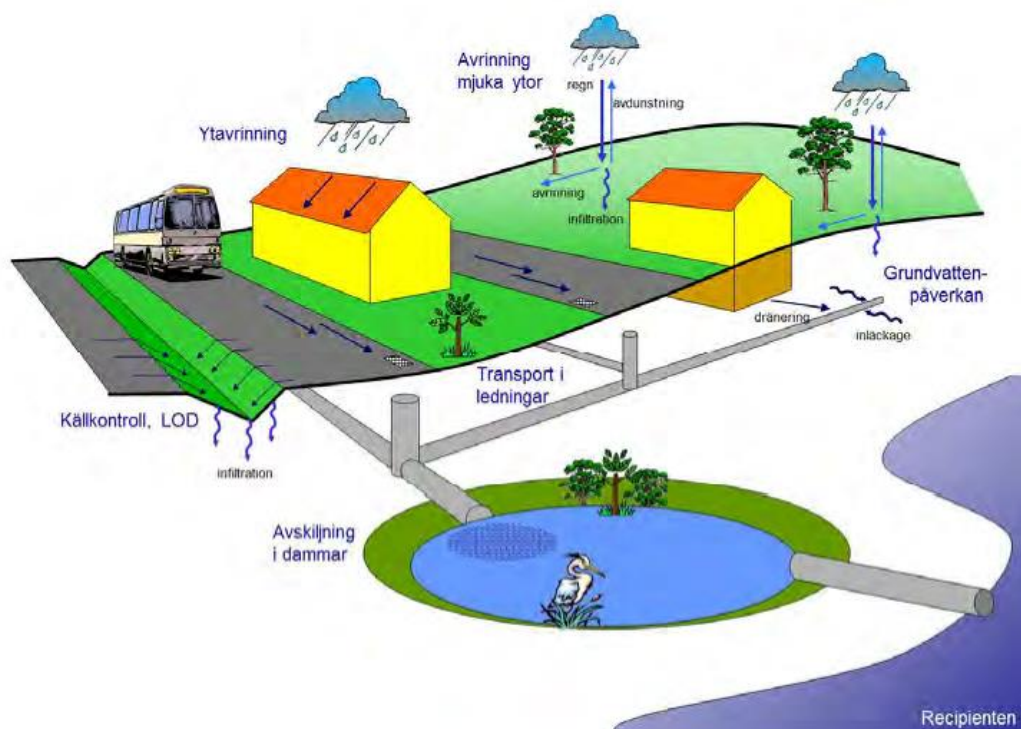


**Figur 2-1** Diagrammet visar sambandet mellan ett regns volym, varaktighet och återkomsttid. Den totala regnvolymen ökar avtagande med återkomsttiden och varaktigheten. Därmed kan ett regn med lång varaktighet, men kort återkomsttid ge lika stor regnvolym som ett regn med längre återkomsttid men kortare varaktighet (Mårtensson och Gustafsson, 2017)

## 2.2 Dagvatten

Dagvatten är tillfälligt förekommande regn- och smältvatten som avrinner ytligt via markytan, tak och andra konstruktioner. Begreppet förknippas framförallt med avrinnande vatten i urbana eller hårdgjorda miljöer, men kan även uppstå på andra typer av ytor.

Urbanisering och ökad exploatering har lett till en ökad andel hårdgjorda ytor i vår miljö vilket leder till att den naturliga vattenbalansen rubbas. I kombination med klimatförändringar och ökad nederbörd blir påföljden ökad ytavrinning i form av snabbare och häftigare flöden samt större vattenvolymer, reducerad infiltration och sänkning av grundvattennivåer. Detta i sin tur leder till ökad risk för översvämning, men även större transport och spridning av föroreningar från urbana miljöer. Dagvatten, särskilt anknytning till stora trafikerade vägar, tätbebyggda områden och industrifastigheter riskerar att vara förorenat med miljö- och hälsoskadliga föroreningar. Okontrollerad hantering av dagvatten kan därmed leda till stora skador på mark, fastigheter och infrastruktur samt ge upphov till stor miljöpåverkan på våra recipienter. Med en hållbar dagvattenhantering utformas dagvattensystem som avleder och fördröjer vattnet på ett säkert sätt (Figur 2-2).



**Figur 2-2** Komponenter i ytavrinning från bebyggda områden. Bild: Lars-Göran Gustafsson, DHI

En hållbar dagvattenhantering bidrar även till ett mer hållbart och motståndskraftigt samhälle på flera plan. Öppna dagvattenlösningar kan exempelvis kombineras med bevattning av grönytor och odlingar, där även ökad andel infiltrerat dagvatten bidrar till att grundvattenbestånden fylls på. I urbana miljöer kan utformning av dagvattenlösningar även bidra till rekreation för människor och djur samt hjälpa till att hålla staden sval under varma sommarmånader. Att planera och förvalta en hållbar dagvattenhantering är en utmaning som alla kommuner står inför men med rätt förutsättningar finns det många fördelar att hämta.

## 2.2.1 Planering och hantering av dagvatten

Dagvattenhantering samt styrande krav för vattenkvalitén och gällande ansvarsförhållanden av dagvatten regleras med hjälp av de lagar som anges i miljöbalken, (MB) och lagen om allmänna vattentjänster, (LAV). I Plan- och bygglagen, (PBL) finner kommunen de planeringsverktyg som reglerar hur marken bör avsättas och tillämpas för att dagvattenhanteringen ska bedömas som lämplig för ny bebyggelse. Marktillgången och hur anläggningar bör anläggas och drivas regleras i fastighetsbildnings-, anläggnings- och ledningsrättslagen.

I Svenskt Vattens publikation P110 *Avledning av dag-, drän och spillvatten* regleras de funktionskrav som ses som allmän branschstandard vid dimensionering av nya dagvattensystem. Det gäller därmed både vid ny exploatering och förtätning av befintligt område. Utformning och höjdsättning av dagvattensystem ska göras på ett sådant sätt, att fastigheter inte riskerar att ta skada vid överbelastning av det allmänna avloppssystemet. Dagvatten som inte leds bort via ledningar ska hanteras med hjälp av öppna dagvattenlösningar. Vid dimensionering av ledningsnät och resterande dagvattensystem, ska framtidssäkring för ökande nederbörd i form av en klimatfaktor läggas till på det dimensionerade regnet. I Sverige är det SMHI som ansvarar för kunskapsläget gällande klimatfaktorer. Storleken på klimatfaktorn varierar utifrån regionala variationer, men även utifrån kommunens ambitionsnivå. VA-huvudmannen ansvarar för hantering av dagvattenflöden vid gällande dimensionerande regn, som enligt P110 och statens VA-nämnds dom sträcker sig till att hantera ett 10-årsregn upp till hjässan på ledningen, (fylld ledning). I Figur 2-3 visas en översikt av de minimikrav som gäller vid dimensionering av dagvattensystem i olika typer av bebyggelse.

För områden med befintlig bebyggelse finns inte möjligheten att sätta upp några nya generella säkerhetskrav i och med att höjdsättningen och utformningen av marken redan är fastlagda. Befintliga dagvattensystem har dimensionerats enligt rådande funktionskrav vid tiden för genomförande. Kapaciteten i befintliga ledningar kan därmed variera och generellt minskar kapaciteten över tid på grund av exempelvis igensättning, åldrande ledningar, sättningar och dåligt underhåll.

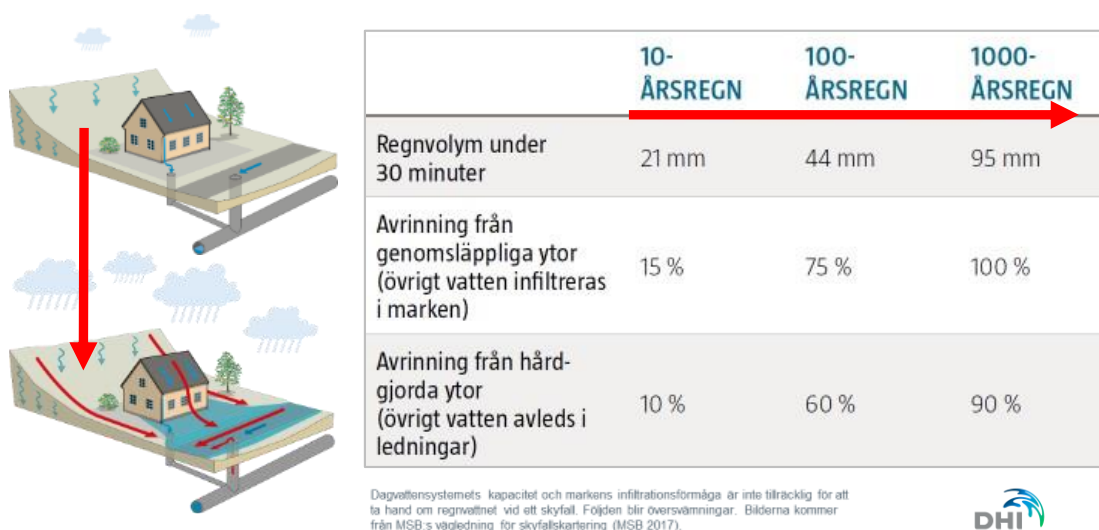
**Figur 2-3 Minimikrav för dimensionerande återkomsttider av nya dagvattensystem och skyddsnivå av byggnader vid marköversvämning enligt Svenskt Vattens publikation P110. (Svenskt vatten, 2016)**

Nya duplikatsystem	VA-huvudmannens ansvar		Kommunens ansvar
	Återkomsttid för regn vid fylld ledning	Återkomsttid för trycklinje i marknivå	Återkomsttid för marköversvämning med skador på byggnader
Gles bostadsbebyggelse	2	10	> 100 år
Tät bostadsbebyggelse	5	20	> 100 år
Centrum- och affärsområden	10	30	> 100 år

## 2.3 Skyfall

Ett skyfall är en extrem regnhändelse, där en stor mängd nederbörd faller under en kort tid och över ett begränsat geografiskt område. Vid normala regn hanteras regnvolymer antingen genom avledning till dagvattensystem eller genom infiltration på genomsläppliga ytor. Vid extrema regn överskrider dagvattensystemets kapacitet och markens infiltrationsförmåga vilket medför att det sker avrinning på markytan med marköversvämning som följd. Översvämningsrisken bestäms av hur stort och frekvent regnet är samt hur allvarliga konsekvenserna blir till följd av översvämningen. Risken kan därmed vara liten för ett område med stor översvämning sett till vattendjup och utbredning, men där inga sårbara objekt exponeras, och stor för ett område med känsliga objekt som redan vid små vattendjup riskerar att ta skada. Konsekvenserna av ett skyfall kommer aldrig helt kunna förebyggas med ökad kapacitet i ledningsnätet då det både ur ett tekniskt och ekonomiskt perspektiv inte skulle vara möjligt eller ekonomiskt försvarbart.

Figur 2-4 visar hur vattnet omhändertas av dagvattensystemet vid mindre och större regn, samt hur stor del som avrinner från olika ytor beroende på storleken (återkomsttiden) på regnet.

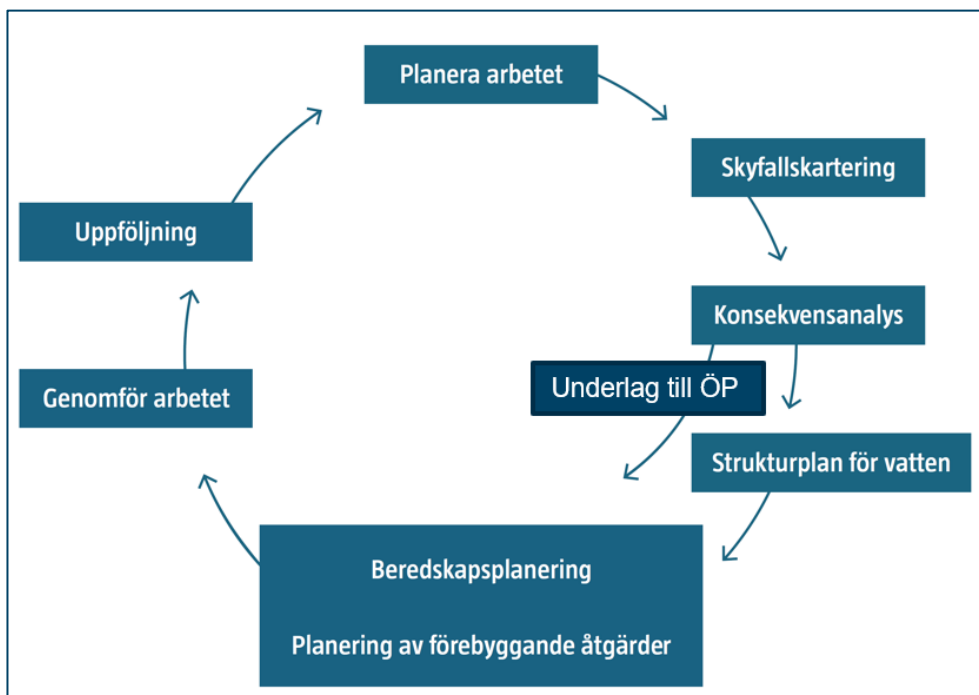


**Figur 2-4 Dagvattensystemets kapacitet och markens infiltrationsförmåga är inte tillräcklig för att ta hand om regnvattnet vid ett skyfall. Följden blir översvämningar. (MSB, 2017)**

### 2.3.1 Planering och hantering av skyfall

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har tagit fram en vägledande rapport med rekommendationer för hur kommunen ska bedriva sitt skyfallsarbete. Våren 2022 kom Boverket med en ny vägledning för redovisning av klimatrelaterade risker i översiktsplanen (ÖP). I Figur 2-5 redovisas MSB:s arbetsgång och var i processen underlaget till ÖP passar in.





**Figur 2-5 Arbetsgång för vägen mot den skyfallståliga staden. Bearbetning efter MSB (2017).**

### *Skyfallsanalys*

Resultat från en skyfallskartering visar översvämningsutbredning, vattendjup samt flöden och flödesvägar för studerade regn. En skyfallskartering kan göras med olika detaljeringsgrad.

### *Konsekvensanalys*

Resultaten från skyfallskarteringen används för att analysera möjliga konsekvenser för exempelvis bebyggelse, samhällsviktig verksamhet, vägar och annan infrastruktur. Generellt handlar det om att kombinera beräknade översvämningsdjup med information om det som kan påverkas av vattnet. På så sätt kan utsatta områden, objekt, verksamheter och funktioner identifieras. En konsekvensanalys kan genomföras på många olika sätt och med olika detaljeringsgrad.

### *Underlag till ÖP*

Utifrån skyfallskartering och konsekvensanalys bedömer kommunen skyfallsrelaterade risker och ger sin syn på hur riskerna kan minska eller upphöra. I ÖP redovisas områden som: inte är lämpliga att bebygga; är prioriterade för åtgärder; har osäkra markförhållanden; har funktion att skydda andra områden.

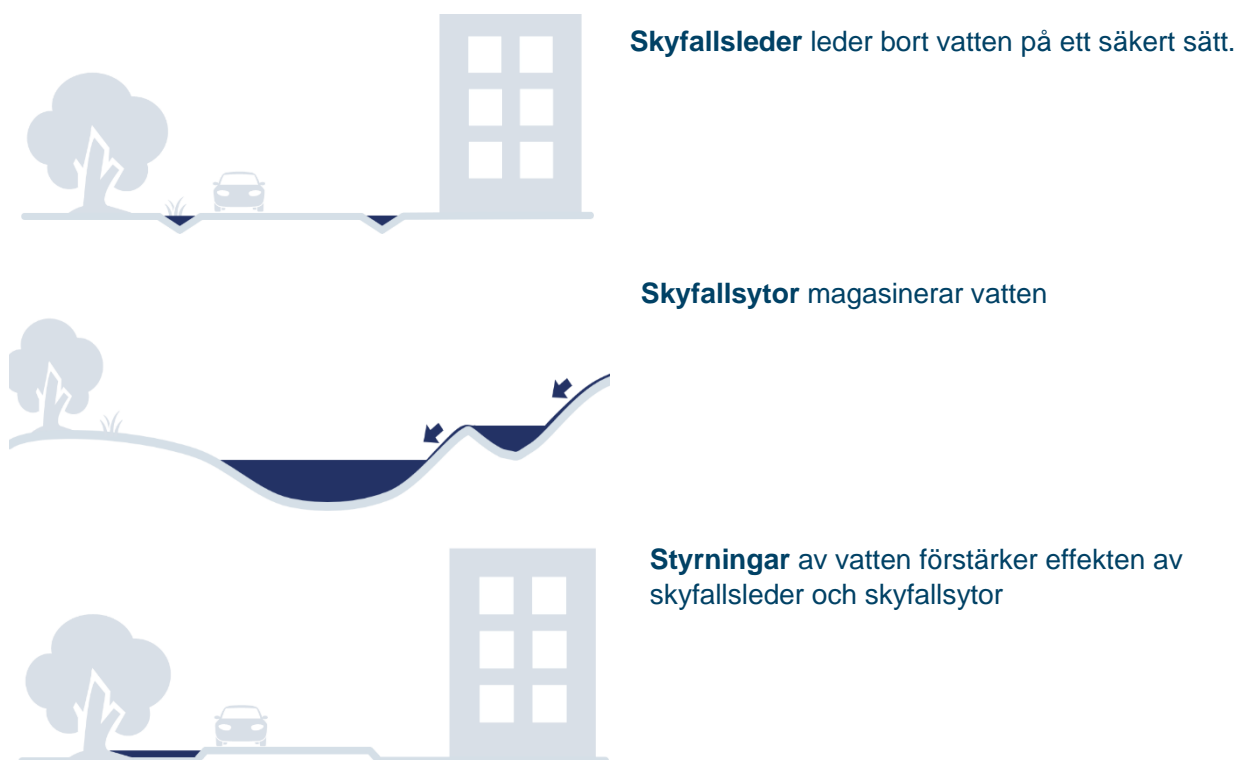
### *Strukturplan för vatten*

En strukturplan för vatten är ett geografiskt planeringsunderlag för hantering av översvämningsrisker inom ett eller flera avrinningsområden. Arbetet utgår från skyfallskartering och konsekvensanalys.

Åtgärder för skyfallshantering är sällan mest effektiva där översvämningen uppstår. Strukturplanen innehåller typåtgärder som syftar till att ta kontroll över vattnet och flytta det till områden där vattnet gör minst skada. Typåtgärder i strukturplanen är skyfallsleder, skyfallsyta och styrning, Figur 2-6.

Med hjälp av strukturplanen kan anläggningar för att minska översvämningsrisker utformas i ett helhetsperspektiv. Genom att beakta såväl nederbörd som ytvatten, grundvatten, hav

och vattendrag, kan systemeffekter och eventuella negativa följd effekter av anläggningar förebyggas.



**Skyfallsleder** leder bort vatten på ett säkert sätt.

**Skyfallsytor** magasinerar vatten

**Styrningar** av vatten förstärker effekten av skyfallsleder och skyfallsytor

**Figur 2-6** Typåtgärder i strukturplanen är skyfallsleder, skyfallsyta och styrning.

### *Planering av förebyggande åtgärder*

Utifrån strukturplanen analyseras hur identifierade typåtgärder kan förverkligas till konkreta förebyggande åtgärder. De beskrivs, prioriteras, kostnadsuppskattas, dimensioneras, utvärderas och dokumenteras i en åtgärdsplan.

### *Beredskapsplanering*

Det kommer att ta lång tid innan åtgärdsplanen blir verklighet. Under tiden måste beredskapsåtgärder kunna hantera konsekvenserna vid ett skyfall. Skyfallskarteringen och konsekvensanalysen kan användas som underlag till en beredskapsplan där fokus ligger på kortsiktiga åtgärder i ett akut skede. Det kan till exempel handla om vilka vägar som behöver stängas av och hur trafiken kan ledas om, eller var pumpning kan lindra konsekvenserna.

### *Genomför arbetet*

När det är tydligt vilka åtgärder som är mest prioriterade behöver underlaget tillgängliggörs, exempelvis på kommunens dataportal. Det fastställs för varje åtgärd om den kan genomföras i samband med annat projekt, exempelvis en detaljplan, eller om ett eget projekt behövs.

### *Uppföljning*

Det är viktigt att följa upp skyfallsarbetet regelbundet. Uppföljningen fångar effekter av genomförda åtgärder, identifierar hot som kan avskrivas eller har tillkommit. En bedömning görs om befintliga underlag behöver uppdateras och om det finns lärdom att dra av genomfört åtgärdsarbete och eventuellt inträffade skyfall.



## 2.3.2 Skyfallskartering

För att identifiera vilka ytor och objekt som potentiellt översvämmas vid ett extremt regn, används ofta modeller. Idag tillämpas generellt tre typer av metoder för att kartlägga skyfall (Figur 2-7):

- Kartering av lågpunkter
- Kartering av markavrinning
- Kartering av markavrinning och ledningsnät

### Lågpunktskartering



Lågpunktskarteringar bygger på statiska modeller eller så kallade glasmodeller och genomförs traditionellt i GIS. Dessa tar endast hänsyn till hur vatten momentant sprider ut sig över terrängen och tar därmed inte hänsyn till tidsaspekten och den tröghet som finns i systemet. Det innebär att alla fördjupningar antas direkt bli fyllda med vatten. Traditionella lågpunktskarteringar tar ingen hänsyn till regnets storlek.

### Kartering av markavrinning



Vid kartering av markavrinning används en dynamisk 2-dimensionell hydraulisk modell. En dynamisk modell tar hänsyn till hur vattnet sprider ut sig under hela översvämningsförloppet utifrån omgivningens variation och markförhållanden och kan därmed även beskriva flöden och vattendjupens variation över tid. Karteringen ger en fysikalisk korrekt beskrivning av markavrinningen och fördjupningar fylls med vatten från uppströms liggande områden. Begränsningen är att ledningsnätets kapacitet endast beskrivs schablonmässigt.

### Kartering av markavrinning och ledningsnät



Följande modell är en 2-vägs kopplad dynamisk modell som även tar hänsyn till den aktuella kapaciteten och uppfyllanden i ledningsnätet. Metoden ses som den mest representativa modellen av verkligheten, då den både fångar dynamiken i översvämnings- och nederbördsförloppet samtidigt som ledningsnätets avledningsförmåga beskrivs.

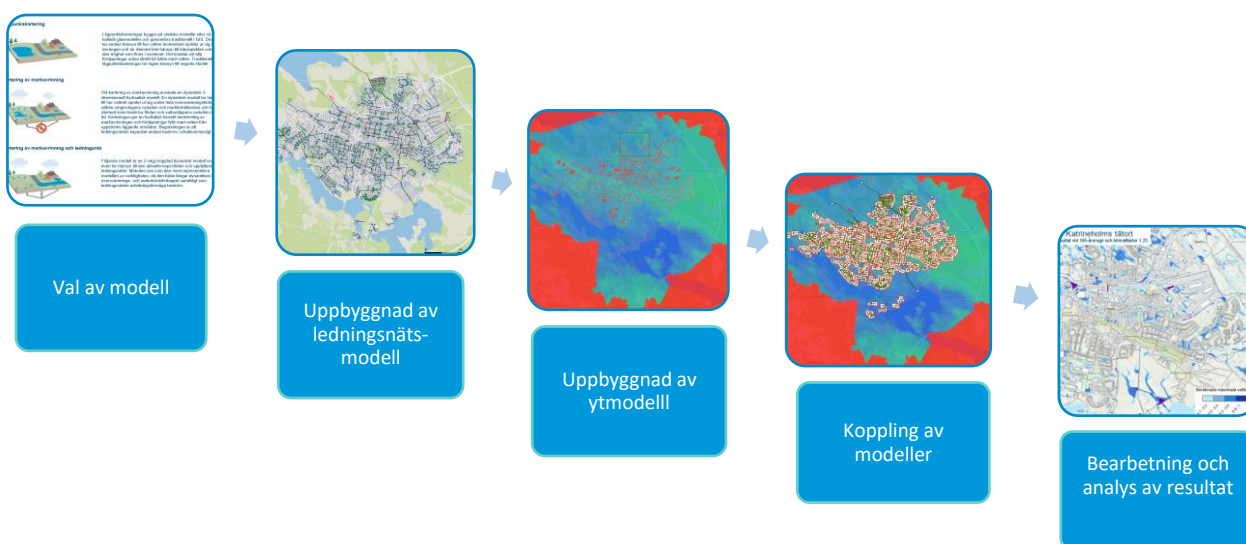
Figur 2-7 Förklaring av olika typer av dagvatten- och skyfallsmodeller.

### 3 Arbetsgång

Här ges en översiktlig genomgång av den arbetsprocess och metod som tillämpats, för närmre beskrivning av tekniska modellförutsättningar hänvisas till bilagan A1 Teknisk modellbeskrivning.

#### 3.1 Flödesschema för arbetsprocess

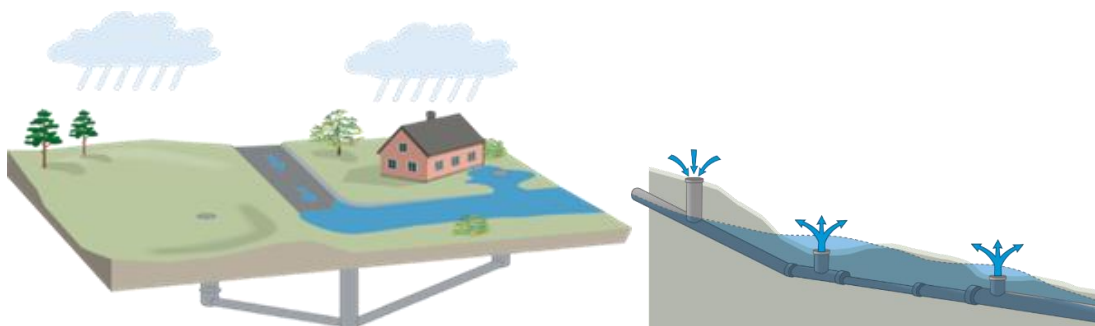
Figur 3-1 visar flödesschema för den arbetsprocess som använts i projektet: 1) val av modell, 2) uppbyggnad av ledningsnätmodell, 3) uppbyggnad av ytmodell, 4) koppling av modeller samt 5) bearbetning och analys av resultat. Inom ramen för projektet har stor vikt legat på att etablera en fungerande modell och berör de tre mittersta punkterna.



Figur 3-1 Flödesschema för arbetsprocess.

#### 3.2 Modellförutsättningar

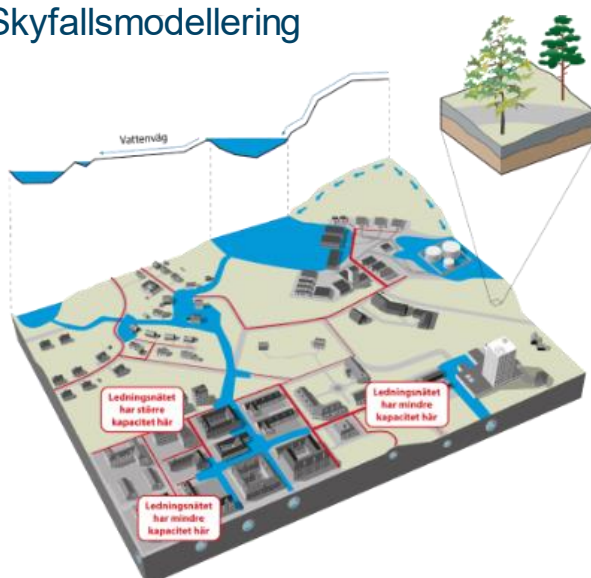
Dagvatten- och skyfallsmodellen bygger på en kopplad hydraulisk modell som tar hänsyn till både markavrinning och ledningsnätets kapacitet. Skillnaden mellan modellerna handlar om vilken belastning som lagts på modellen, det vill säga vilket regn, men även vilken infiltrationskapacitet och avrinning som sker från olika delavrinningsområden. Kopplingen innebär att det finns ett dynamiskt utbyte av vatten mellan ledningsnätet och markytan vilket ger en mer rättvisande bild av översvämningförloppet i urbana områden med aktiva dagvattensystem. Det innebär att vatten som avrinner längs ytan kan rinna till en brunn och avledas via ledningsnätet eller att vatten kan tränga upp ur ledningsnätet på markytan när ledningsnätets kapacitet överskrids. I Figur 3-2 visas en schematisk bild av denna dynamik.



Figur 3-2 Illustration av kopplad markavrinnings- och ledningsnätmodell.

Figur 3-3 illustrerar principen för modelluppbyggnaden och vilken indata som använts för att beskriva de yttre förutsättningar som styr hur avrinningen och översvämningens förlopp utvecklas. Metodiken som använts bygger till stor del på MSB:s rekommendationer som finns mer utförligt beskriven i "Vägledning för skyfallskartering – Tips för genomförande och exempel på användning". För områden med avsaknad av ledningsnät beskrivs området endast som en markavrinningsmodell.

### Skyfallsmodellering



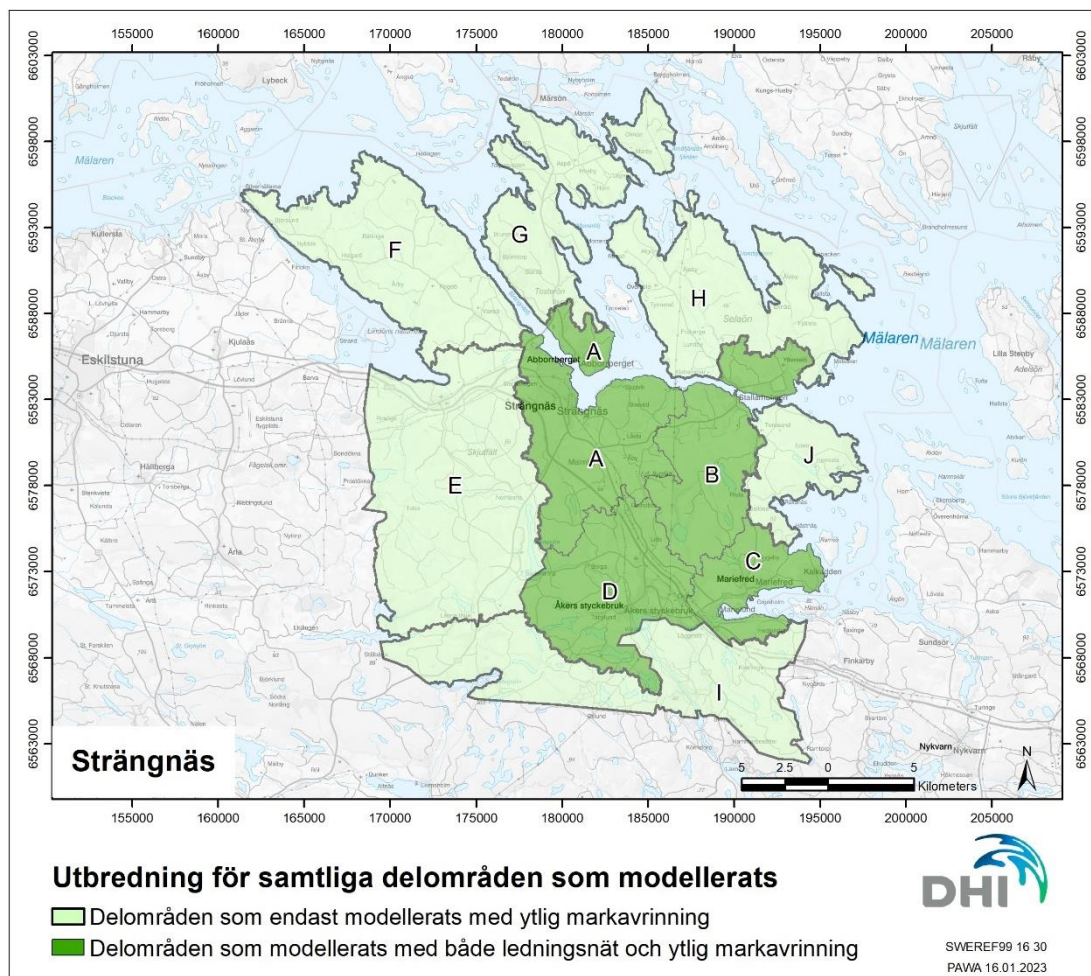
#### Indata

- Höjddata
- Markanvändning
- Jordartskarta
- Regndata
- Ledningsnätdata
- Styrande vattennivåer i recipienter
- Beskrivning av dikessektioner

Figur 3-3 Indata som använts vid framställning vid skyfallssimulering.

## 3.3 Modelfördelning

I Figur 3-4 och Tabell 3-1 visas hur Strängnäs kommun delats upp i olika modellområden och vilken typ av modell som byggts upp. Totalt har tio modeller satts upp A-J, varav fyra är kopplade modeller som både har en ledningsnät- och markavrinningskomponent medan de andra sex endast har en markavrinningskomponent. Val av modell har valts i samförstånd med kommunen och där man valt att ha kombinerade modeller för de områden där det finns ett större utbyggt ledningsnät.



Figur 3-4 Uppdelning av modellområden och med respekt till vilken typ av modell.

Tabell 3-1 Modellområde och typ av modell.

Nr	Area	Typ av modell
A	Strängnäs	Kopplad modell: ledningsnät + markavrinningsmodell
B	Stallarholmen	Kopplad modell: ledningsnät + markavrinningsmodell
C	Mariefred, Läggesta Kalkudden och Hedlandet	Kopplad modell: ledningsnät + markavrinningsmodell
D	Åker	Kopplad modell: ledningsnät + markavrinningsmodell
E	Härad och Länna	Endast markavrinningsmodell
F	Vansö, Lundby och Björsund	Endast markavrinningsmodell
G	Sanda, Björktorp, Brunnsåker och Aspö	Endast markavrinningsmodell
H	Selaön	Endast markavrinningsmodell
I	Sandvikstorp och Marviken	Endast markavrinningsmodell
J	Herresta	Endast markavrinningsmodell



### 3.4 Modellsценарier

Inom ramen för utredningen har totalt fem scenarion studerats, vilka sammanfattas i Tabell 3-2. Strängnäs kommun har en hög ambitionsnivån att ta reda på hur motståndskraftig staden är mot skyfall. Genom att studera flera extrema regnhändelser ämnar kommunen på lång sikt, att få en god överblick inför framtida stadsplanering.

**Tabell 3-2 Studerade modellsценарion.**

Scenario	Klimatfaktor	Återkomsttid nuläge (år)
<p><b>5-årsregn befintlig situation</b></p> <p>Scenariot är tänkt att belysa hur ledningsnätets befintliga kapacitet ser ut, utifrån de åtaganden som ligger på VA-huvudmannen att hantera vid normala regn.</p>	1,3	~ 10
<p><b>100-årsregn befintlig situation</b></p> <p>Scenariot är tänkt att belysa hur översvämningssituationen ser ut enligt Boverkets minimikrav att hantera skyfall och som därmed oftast sätts som grundnivå vid dimensionering av åtgärder vid detaljplanearbetet. Tidigare har en klimatfaktor på 1,25 generellt använts, men flera kommuner har börjat anamma en högre klimatfaktor på 1,3 efter IPCC senaste klimatprognoser. Exempelvis har Stockholms stad haft en klimatfaktor på 1,3 vid kartering av länets tätorter efter överenskommelse med Länsstyrelsen.</p>	1,3	~ 200
<p><b>200-årsregn befintlig situation</b></p> <p>Scenariot är tänkt att belysa hur översvämningssituationen förändras vid en ännu mer extrem regnhändelse. Underlaget kan exempelvis nyttjas för planering av kommunens mer samhällsviktiga bebyggelse för ökad skyddsnivå. Motsvarande regnhändelse studerades även i Länsstyrelsen Stockholms kartering från 2020/2021.</p>	1,3	~ 400
<p><b>500-årsregn befintlig situation</b></p> <p>Scenariot är tänkt att belysa hur översvämningssituationen förändras vid en ännu mer extrem regnhändelse. Underlaget kan exempelvis nyttjas för konsekvensanalys och planering av kommunens mest samhällsviktiga verksamheter. Motsvarande regnhändelse studerades även i Länsstyrelsen Stockholms kartering från 2020/2021.</p>	1,3	~ 1000
<p><b>Gävleregnet befintlig situation</b></p> <p>Scenariot avser att studera hur Strängnäs kommun skulle hantera den extrema regnhändelsen som inträffade i Gävle sommaren 2021. Belastande regn baseras på nederbördsräkning från SMHIS regnstation i Gävle. Notera att regnet har ansatts homogent över hela modellområdet enligt uppmätt intensitet för en regnstation. Det bedöms troligt att det återskapade regnet är ett ännu extremare regn än det som föll, då det finns en areal variation i intensiteten av regnet när det rör sig om så stora områden.</p>		~ 1000



## 4 Resultat

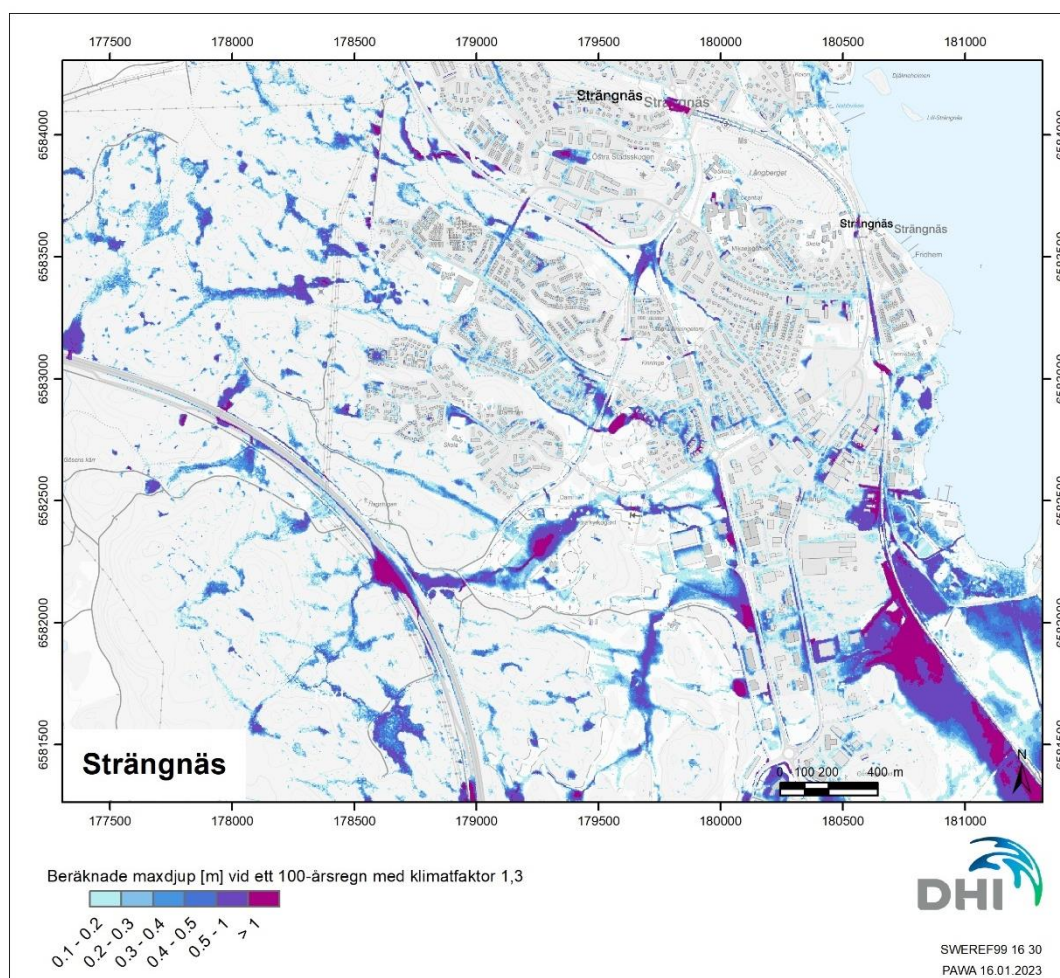
Hur motståndskraftig är Strängnäs kommun mot olika typer av regn? I följande avsnitt presenteras ett urval av resultat, beskrivning av vad resultaten visar och hur de bör tolkas, samt vilka osäkerheter som finns.

GIS-skikt som visar maximala beräknade vattendjup, flöden samt flödesriktningar under översvämningförloppet har tagits fram för samtliga scenarier. Kartorna visar inte en specifik tidpunkt under översvämningförloppet, eftersom maximalt vattendjup eller flöden uppstår vid olika tidpunkter i olika delar av ett avrinningsområde.

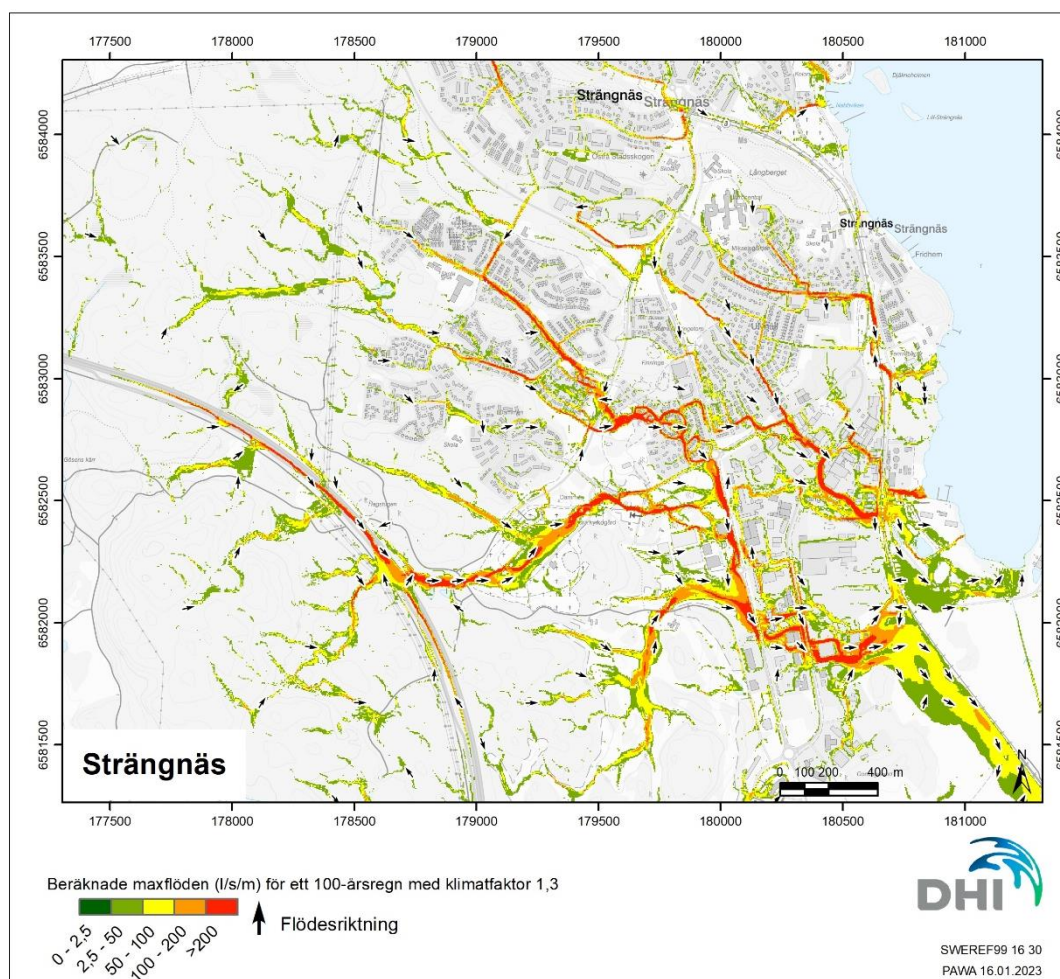
Resultat finns framtagna för hela Strängnäs kommun och för samtliga beräkningsscenarier. I rapporten presenteras endast exempelbilder från Strängnäs tätort vid ett 100-årsregn respektive Gävleregnet, som är det minsta respektive det största regnet utav de beräknade scenarierna.

### 4.1 100-årsregn

I Figur 4-1 och Figur 4-2 visas resultatexempel för centrala delar av Strängnäs tätort för beräknade vattendjup respektive ytvattenflöden och flödesriktning för klimatanpassat 100-årsregn.



**Figur 4-1 Beräknade maximala vattendjup i samband med ett klimatanpassat 100-årsregn inom Strängnäs tätort.**



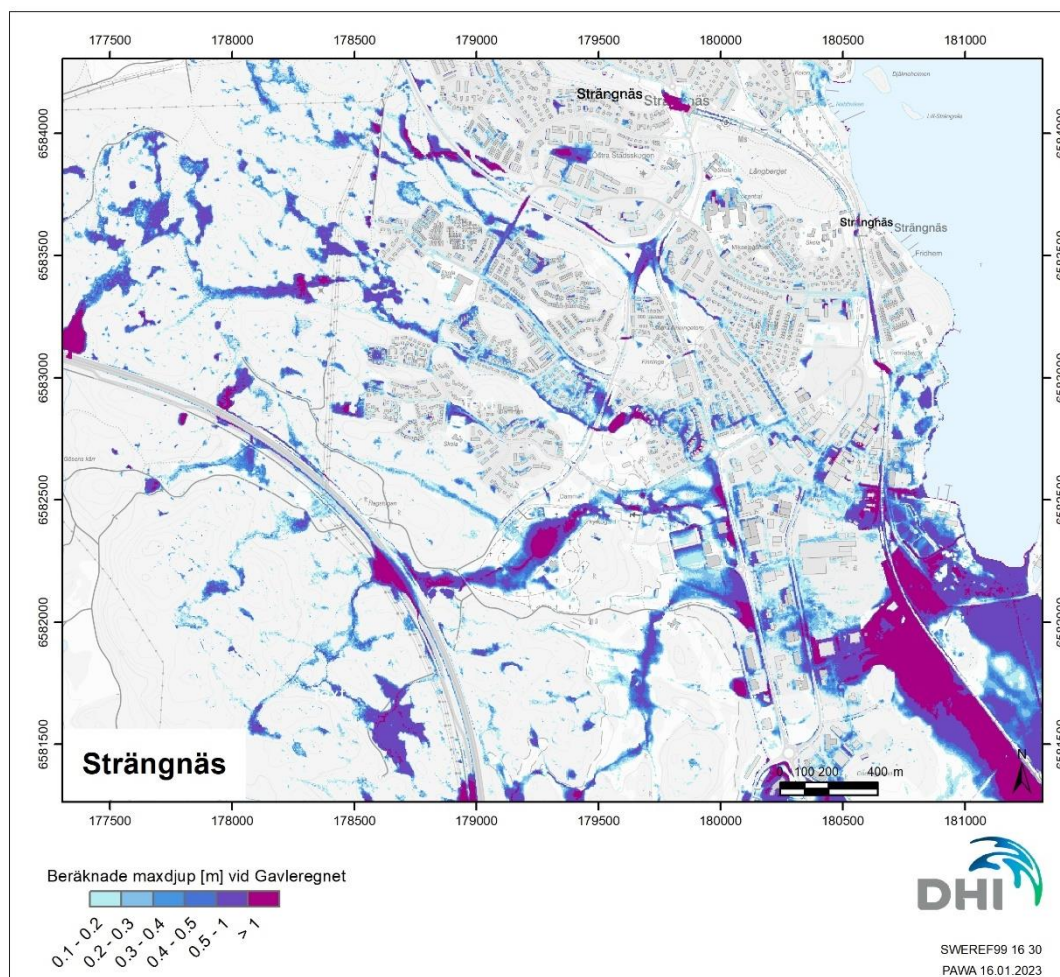
**Figur 4-2 Beräknade maximala flöden och avrinningsriktning i samband med ett klimatanpassat 100-årsregn inom Strängnäs tätort.**

Tittar man på flödeskartorna vittnar resultatet om att det är relativt god lutning inom Strängnäs tätort, då det är stora koncentrerade flödesvägar som rinner igenom tätorten. En rekommendation är därför att det är viktigt att ta hänsyn till dess flödesvägar och undvika att planera ny bebyggelse som skulle kunna blockera flödet. Lämpliga åtgärder kan delvis vara att skapa mer fördröjning uppströms men även att skapa en säker avledning hela vägen ner till vattnet.



## 4.2 Gävleregnet

I Figur 4-3 och Figur 4-3 visas resultatexempel i centrala Strängnäs tätort för beräknade vattendjup respektive ytvattenflöden och flödesriktning för Gävleregnet.



**Figur 4-3 Beräknade maximala vattendjup i samband med fiktivt Gävleregnet för Strängnäs tätort.**



## 4.4 Vägledning för analys av resultat

I följande avsnitt ges ett generellt vägledande exempel på hur levererade resultat kan användas för en lite mer detaljerad analys. Exemplet är till för förståelse av hur resultaten ska användas och bygger inte på en lokal analys inom Strängnäs kommun. Notera även att en analys varierar med avseende på syftet och vilket område som studeras. Här har fokus lagts på att ge en inblick i hur de kartor som tagits fram kan studeras för att få en första uppfattning om översvämningsproblematiken i ett område.

### Steg 1 - Vad kan man se

- I en så kallad "blåkarta" kan man se var vattnet ställer sig och vilka vattendjup som bildas.
- I flödeskartan ser man hur vattnet rinner, hur kraftiga flödena är, och flödesvägens utbredning.

### Steg 2 - Identifiera sårbara områden

Börja med att i kartan med vattendjup (vänster bild i Figur 4-5) lokalisera vilka områden där det beräknas uppstå:

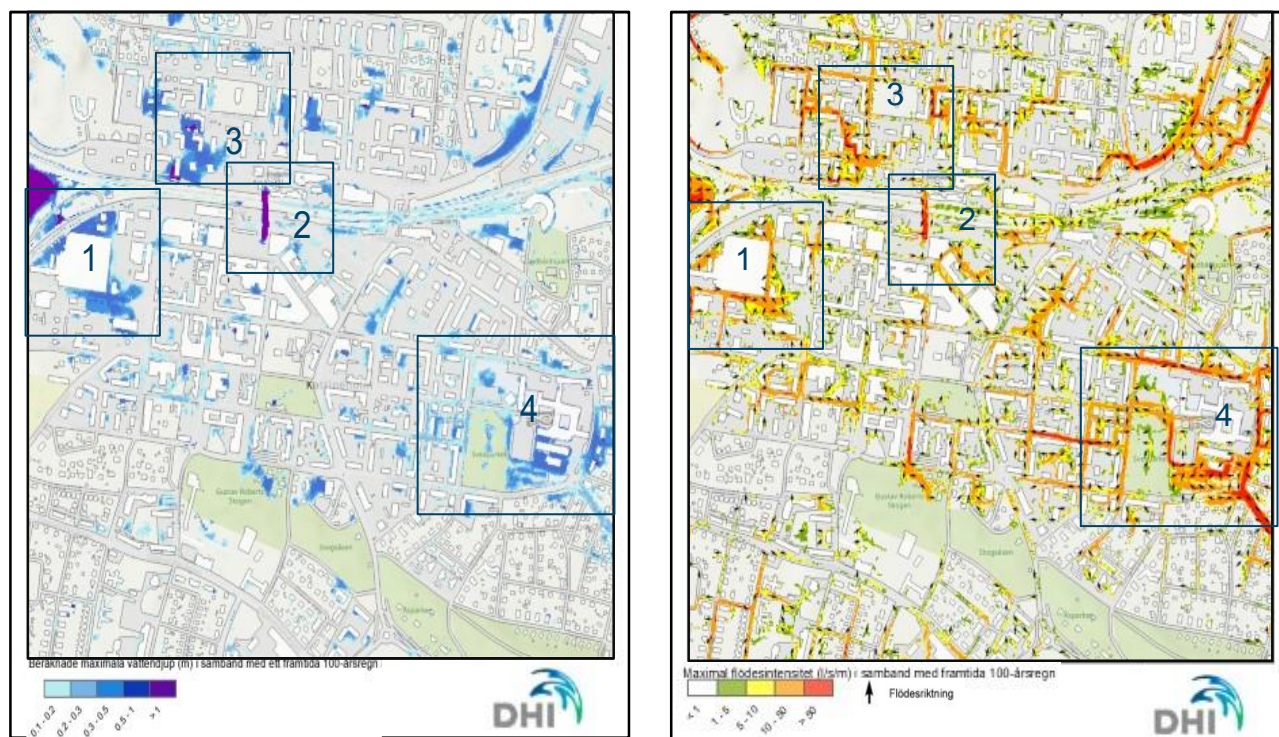
- Stora sammanhängande vattenansamlingar genom att titta på utbredningen eller spridningen av vattnet.
- Stora vattendjup genom att titta på färgskalan, i följande analys visar mörkare nyanser, mot lila, störst vattendjup.
- Vilken typ av objekt som exponeras: infrastruktur, grönområde eller byggnader.

I bilden har kommunhuset (1), tunnelpassage under järnväg (2), ett bostadsområde (3) och ett sjukhusområde identifierats (4).

Identifiera därefter vilka områden det kan vara som bidrar till att vattenansamlingarna bildas genom att titta i kartan med flödesstråk och flödesriktning (höger bild i Figur 4-5).

- I följande analys är flödena kraftigare ju mer de går mot rött och flödespilarna visar vilken riktning vattnet rinner.
- Om avrinningen är lokal inom den egna fastigheten är flödesstråken korta och endast inom ett avgränsat område runt fastigheten.
- Om det dessutom inte finns någon flödesriktning som pekar på att vattnet rinner ut från området, kan det ses som ett instängt område.
- Om flödesvägen är smal men har en stark färg kan det tyda på en trång passage med dålig kapacitet och som därmed kan utgöra en flaskhals.
- Stora sammanhängande flödesvägar betyder att stora områden uppströms avvattnas mot vattenansamlingen. Generellt rör det sig därför om ett mer strukturellt problem och ny bebyggelse bör undvikas att placeras så att flödesstråket blockeras om inte en säker avledning går att säkerställa.
- Stor andel korta och avklippta flödesstråk kan tyda på att marken är mycket flack med dåligt fall.





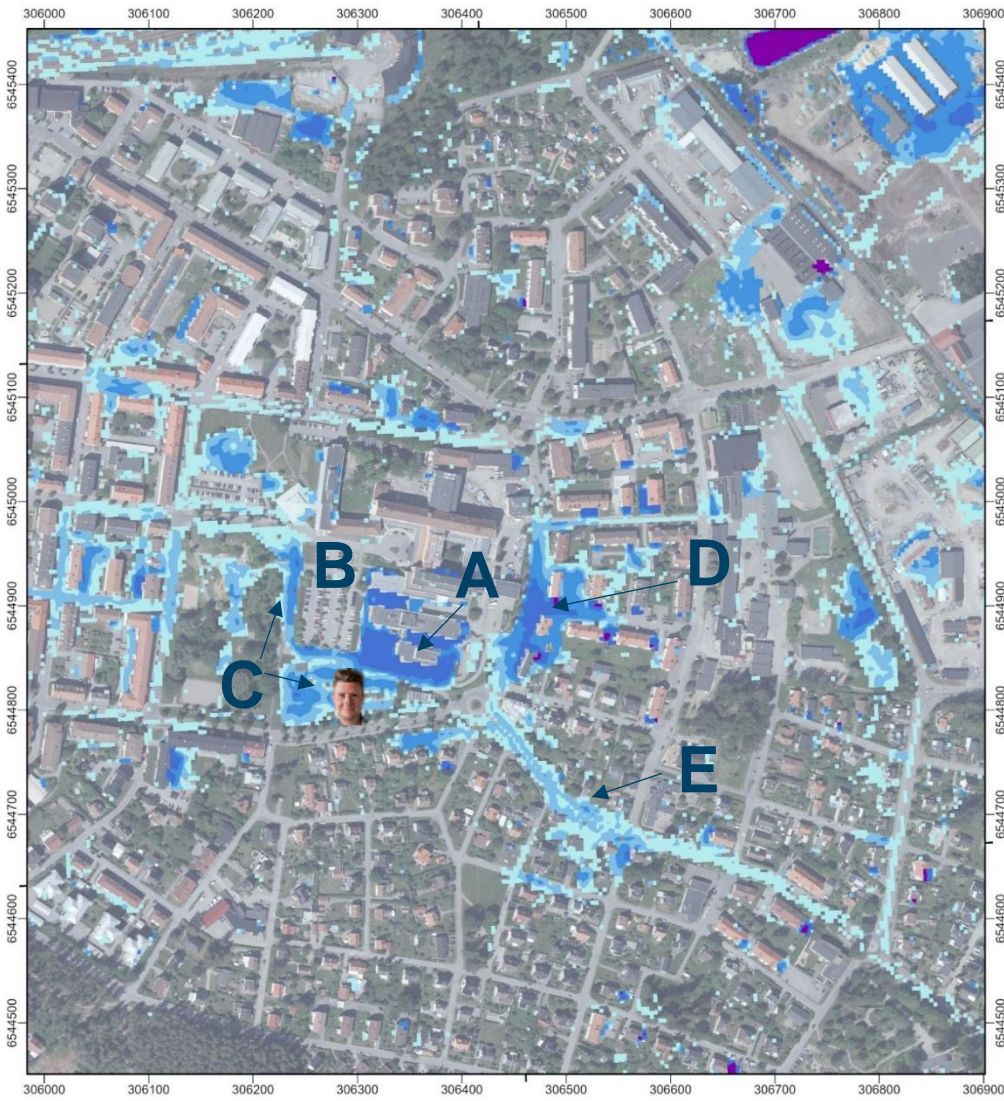
**Figur 4-5 Identifiering av sårbara områden.**

Utifrån en översiktlig analys går det att utläsa att område (1) och (2) är lokala problem och avrinningen sker endast i närområdet. Områdena (3) och (4) är exempel på områden som där stora områden avvattas mot lågpunkterna och generellt räcker det inte med lokala åtgärder

### **Steg 3 – Detaljerad analys av befintligt område**

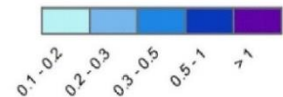
För följande analys har sjukhusområdet (4) i Figur 4-5 valts ut som exempel för en mer djupgående analys.





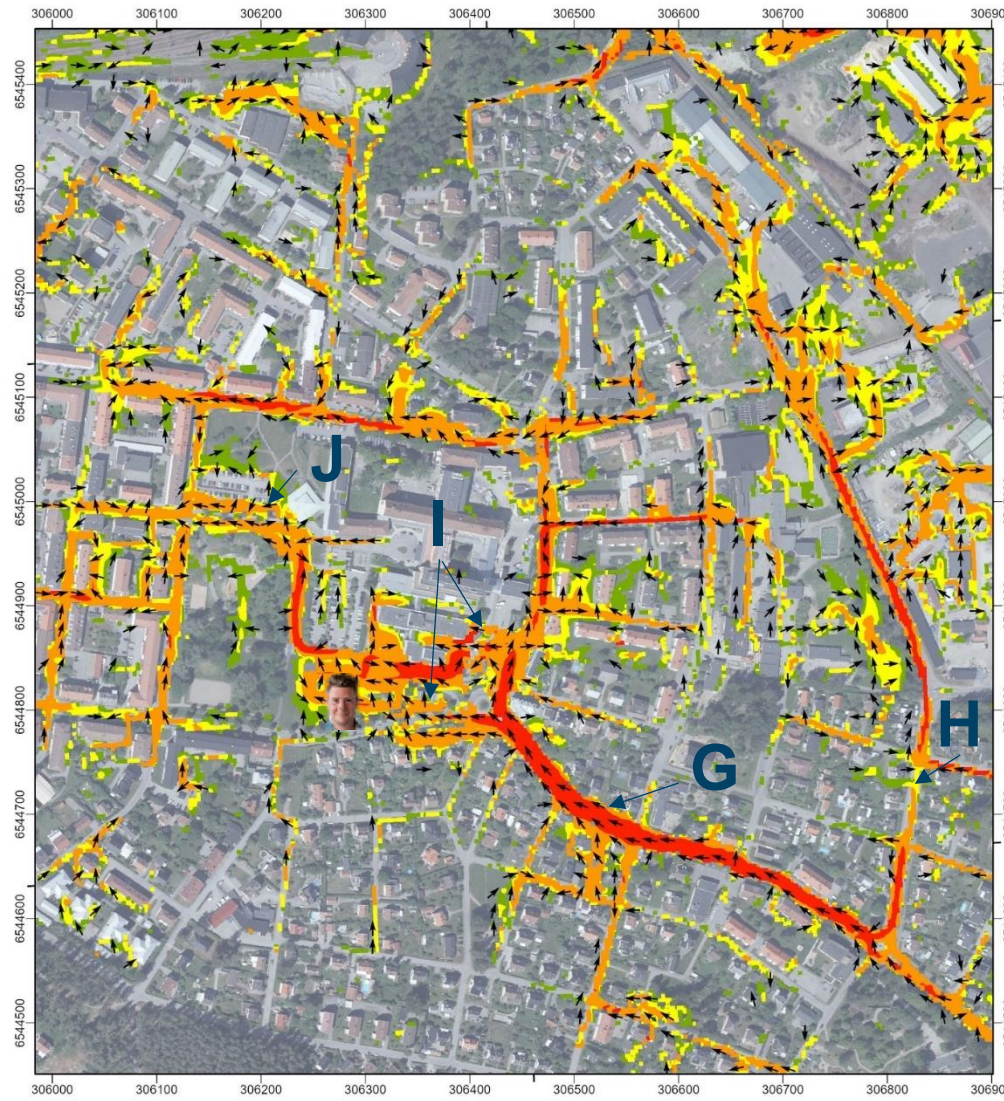
Sjukhusområdet

Beräknade maximala vattendjup (m) i samband med ett framtida 100-årsregn med klimattfaktor 1.3



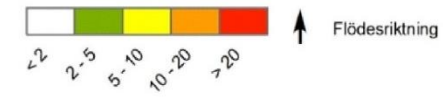
SWEREF99 16 30  
STET 2023-01-10

- A. Södra delen av sjukhusområdet ligger i ett lågområde med stor sammanhängande översvämning. Att vattendjupen är som störst runt fasaden talar även för att byggnaden placerats i den lägsta punkten. På grund av stora vattendjup runt hela byggnaden bedöms tillgängligheten vara begränsad.
- B. Parkeringen är upphöjd och tränger undan vatten mot byggnaden.
- C. Lågpunkten är inte nödvändigtvis sammanhängande behöver studeras närmre utifrån vattennivåer.
- D. Korsningen ligger i en lågpunkt och vägen bedöms som oframkomlig.
- E. Vattendjupen längs med vägen är förmodligen till följd av högre momentana flöden och därmed kortvariga.



Sjukhusområdet

Beräknade maximala flöden (l/s/m) i samband med ett framtida 100-årsregn med klimattfaktor 1.3

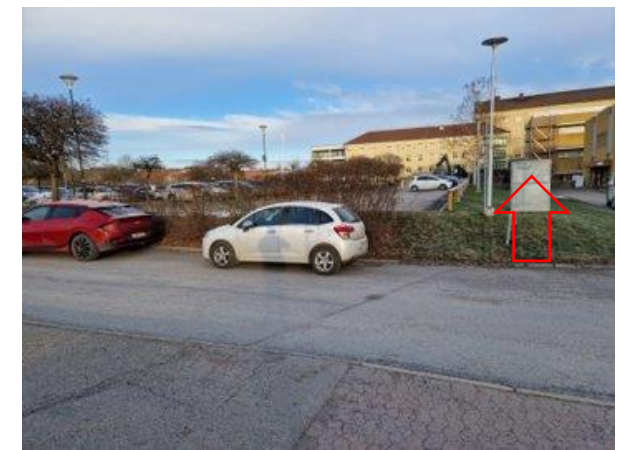


SWEREF99 16 30  
STET 2023-01-10

- F. Förutom den lokala avrinningen inom själva fastigheten, sker större tillrinning från uppströms områden sydöst om sjukhuset, se kraftigare rött flödesstråk.
- G. Vattendelare, här finns en höjdpunkt i och med att vattnet byter riktning.
- H. Flödesstråket delar upp sig och trösklar delvis över vägen direkt mot lågområdet runt sjukhuset (A) och delvis mot lågpunkten kring bostadsområdet (D) för att därefter rinna vidare mot lågpunkten (A).
- I. Området kan bedömas som instängt, följer man flödespilarna kan man se att vattnet inte rinner vidare mot något håll utan att flödesstråken i närheten snarare rinner mot sjukhusområdet. Det betyder att vattendjup och utbredning kommer att öka i takt med större och intensivare regn. Avvattnings av området sker därmed främst med hjälp av ledningsnät. På grund av att området befinner sig i en lågpunkt kan det även finnas en risk att mer vatten trycks ut ur ledningssystemet under översvämningförloppet innan vatten kan gå ner igen.



Tittandes nordöst ser vi att marken är mycket flack och att Vårdcentralen Linden riskerar att stora vattenmassor rinner in via huvudentrén.



Tittandes direkt norrut ser vi att parkeringen är upphöjd och tränger undan vattnet mot byggnaden vilket förstärker översvämningen runt byggnaden.

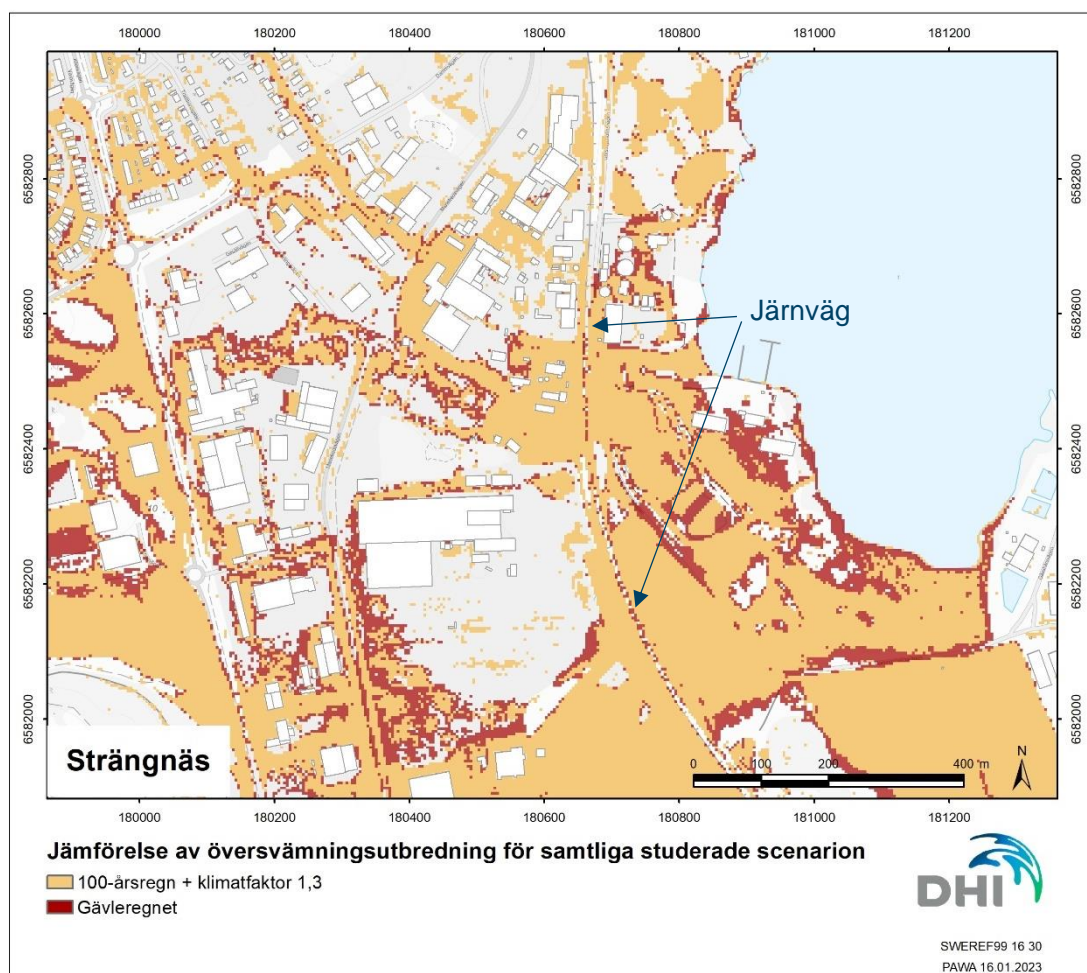


#### 4.4.1 Jämförelse mellan Gävleregnet och 100-årsregnet

En översiktlig jämförelse av översvämningsutbredningen gjordes mellan alla fyra scenarion för Strängnäs tätort där följande konstaterades:

- Generellt är det liten skillnad i översvämningsutbredning mellan alla fyra scenarion vilket indikerar att lågpunkterna i området redan fyllts upp till brädden vid åtminstone ett 100-årsregn.
- Vidare var skillnaden i utbredning mellan 100- och 200-årsregnet respektive 500-årsregnet och Gävleregnet nästan försumbar.
- Ett klimatanpassat 500-årsregn motsvarar ungefär samma återkomsttid som Gävleregnet, (Tabell 3-2) vilket tydliggjordes utifrån översvämningsresultaten, där översvämningsutbredningen i princip överlappade varandra.

I Figur 4-6 visas en jämförelse i översvämningsutbredning mellan endast Gävleregnet och det klimatanpassade 100-årsregnet inom det området, inom Strängnäs tätort, där störst skillnader påträffades. Störst skillnader i översvämningsutbredning sker långt nedströms i avrinningsområdena. Det är framför allt i områden utmed järnvägen (Svealandsbanan) där vatten ser ut att fastna och ansamlas, som exempelvis i Figur 4-6.



**Figur 4-6 Jämförelse i översvämningsutbredning mellan Gävleregnet och klimatanpassat 100-årsregn.**

## 4.5 Modellbegränsningar

### 4.5.1 Höjddata

Inom vissa områden kan det i resultaten se ut som att det står vatten precis intill husliv, trots att dessa byggnader i verkligheten har mark som sluttar bort från byggnadsgrunden. Resultat som dessa, att det inom små smala områden uppstår översvämmade ytor trots att de i verkligheten ej kommer bildas precis där, beror dels på den horisontella upplösningen i beräkningsmodellen (4 meter), dels på att det i höjdmodellen finns osäkerheter och mindre fel. Detta blir tydligast för stora flacka områden där den verkliga höjdskillnaden är liten. Här kan relativt små absoluta fel i höjdmodellen ge felaktiga resultat. Speciellt vid kant till byggnader kan det uppkomma sådana fel. Bearbetning av höjddata sker ofta per halvautomatik av Lantmäteriet med storskalig bearbetning, och begränsade detaljstudier görs för respektive område som bearbetas.

Resultaten från karteringen baseras på de höjdförhållanden som förelåg då marknivåer skannades. Förändringar i marknivå, exempelvis till följd av exploateringar, som skett efter datum för skanning innebär sannolikt att resultaten inte är överensstämmande med dagens situation för dessa områden. Modellen bygger på Lantmäteriet "Laserdata Skogskog" och kommunens område är daterat som i att det laserskannades 2020.

Vid misstanke om missvisande resultat som kan vara avgörande för en riskvärdering kan det vara lämpligt att detaljstudera tillgängliga höjddata i bästa möjliga upplösning och även göra platsbesök för att klarlägga de verkliga höjdförhållandena.

### 4.5.2 Vägtrummor

Höjddata har bearbetats för viadukter och broar för att möjliggöra vattentransport. Däremot har höjddata inte modifierats att ta hänsyn till alla vägtrummor. Detta gör att på en del ställen kan ses vattenansamlingar strax uppströms vägar och banvallar där det i själva verket hade kunnat rinna vatten genom trummor eller kulverteringar. Majoriteten av denna typ av problematik uppstår utanför bebyggda områdena och har därför mindre inverkan på översvämningsområden som ger allvarliga konsekvenser.

### 4.5.3 Avsaknad av ledningsnätsdata

Ledningsnätsunderlag som använts har erhållits från Strängnäs kommuns VA-huvudman (Sevab). Vid tidpunkten för uppbyggnaden av modellen noterades att en stor mängd brunnar och ledningar saknade information om: bottenivåer i brunnar, VG-nivåer i ledningar samt vilka dimensioner brunnar och ledningar har. En stor mängd data har därför interpolerats i den mån som gått, utifrån den data och antaganden om hur djupt ner den första uppströms ledningen ligger. Detta får ses som en osäkerhet och på grund av storleken av området och tidsramen för detta projekt, har det inte funnits möjlighet att gå igenom ledningsnätet i detalj och verifiera interpolerade parametrar. Fokus har varit att säkerställa att vattnet kan rinna med hjälp av självfall.

I modellen som byggts upp finns ingen detaljerad beskrivning av öppna dagvattenlösningar i ledningsnätsmodellen. Öppna dagvattenlösningar såsom diken och dammar representeras endast i höjdmodellen. På grund av upplösningen och avsaknaden av bathymetri kommer därför mindre diken eller dikets absoluta botten inte representeras vilket kan vara en källa till osäkerhet över hur vattnet rinner.

## 5 Vägen framåt

### Skyfall

Strängnäs kommun har i nuläget tagit fram en skyfallskartering för hela kommunen vilket ger en första inblick i vart vatten rinner och ansamlas samt vart en potentiell översvämning kan inträffa. I första hand behöver kommunen gå igenom de resultat som levererats i form av GIS-skikt för att få en bättre bild av vart det kan vara intressant att göra större insatser. Resultatet kan användas som en del av det översiktliga arbetet att identifiera sårbara områden och snabbt förstå vart det är lämpligt och inte lämpligt att bebygga. I detaljplanarbete kan det dock vara motiverat att öka upplösningen på modellen för att mer detaljerat fånga rinnvägar samt även se över behovet om lokal anpassning på kvarters- och fastighetsnivå för att säkerställa att mindre strukturer såsom murar och täta plank även finns representerade i modellen.

Nästa steg i MSB:s vägledning efter skyfallskartering, är en konsekvensanalys för att identifiera objekt som riskerar att exponeras, Figur 5-1.



Figur 5-1 Skyfallsplanering

### Dagvatten

Dagvattenresultaten kan användas för att översiktligt identifiera sårbara områden som riskerar att översvämmas redan vid normala regn samt vart det eventuellt råder kapacitetsbrist och därmed vart det vore lämpligt att titta på åtgärder.

Det är viktigt att ha med sig att vid uppbyggnad av ledningsnätsmodellen fanns stor avsaknad av data, i form av VG-nivåer och ledningsdimensioner. För vidare utredning av ledningsnätets dagvattenkapacitet, rekommenderas att man gör flödesmätningar och kalibreringar av modellen för att verifiera resultaten. Skyfallsresultaten bedöms inte påverkas i lika stor utsträckning på grund av storleken på regnen. Finns inte resurserna bör prioriteringen ligga på att mäta in åtminstone alla utlopp. Vidare rekommenderas att områden med kapacitetsbrist också mäts in om data saknats sedan tidigare. Resultaten kan också i den mån som går verifieras mot den lokala kännedom och erfarenhet som VA-huvudmannen sitter på.



## 6 Leverans

Förutom denna rapport levereras GIS-skikt i form av rasterbaserade TIFF-filer som visar maximalt beräknade vattendjup (MaxDepth), ytvattenflöden (MaxFlux) och flödesriktningar (DirectionAtMaxSpeed) under översvämningsförlopp för samtliga regnscenarier. För 10-årsregnet levereras även shapefiler som visar om brunnarna översvämmas (FloodNode), hur stor volym som spiller över till ytan (VolumeAboveGround) och kapaciteten i ledningarna (FilledPipes).

Följande filer har levererats:

### 5-årsregn

- T5\_FilledPipes\_ModelA.shp
- T5\_FloodNode\_ModelA.shp
- T5\_VolumeAboveGround\_ModelA.shp
- T5\_Qmax/Qmanning\_ModelA.shp
- T5\_FilledPipes\_ModelB.shp
- T5\_FloodNode\_ModelB.shp
- T5\_VolumeAboveGround\_ModelB.shp
- T5\_Qmax/Qmanning\_ModelB.shp
- T5\_FilledPipes\_ModelC.shp
- T5\_FloodNode\_ModelC.shp
- T5\_VolumeAboveGround\_ModelC.shp
- T5\_Qmax/Qmanning\_ModelC.shp
- T5\_FilledPipes\_ModelD.shp
- T5\_FloodNode\_ModelD.shp
- T5\_VolumeAboveGround\_ModelD.shp
- T5\_Qmax/Qmanning\_ModelD.shp

### 100-årsregn med klimatfaktor 1,3

- T100CF1p30\_MaxDepth\_North.tif
- T100CF1p30\_MaxFlux\_North.tif
- T100CF1p30\_DirectionAtMaxSpeed\_North.tif
- T100CF1p30\_MaxDepth\_South.tif
- T100CF1p30\_MaxFlux\_South.tif
- T100CF1p30\_DirectionAtMaxSpeed\_South.tif

### **200-årsregn med klimafaktor 1,3**

- T200CF1p30\_MaxDepth\_ North.tif
- T200CF1p30\_MaxFlux\_ North.tif
- T200CF1p30\_DirectionAtMaxSpeed\_ North.tif
- T200CF1p30\_MaxDepth\_ South.tif
- T200CF1p30\_MaxFlux\_ South.tif
- T200CF1p30\_DirectionAtMaxSpeed\_ South.tif

### **500-årsregn med klimafaktor 1,3**

- T500CF1p30\_MaxDepth\_ North.tif
- T500CF1p30\_MaxFlux\_ North.tif
- T500CF1p30\_DirectionAtMaxSpeed\_ North.tif
- T500CF1p30\_MaxDepth\_ South.tif
- T500CF1p30\_MaxFlux\_ South.tif
- T500CF1p30\_DirectionAtMaxSpeed\_ South.tif

### **Gävleregnet**

- Gavleregnet\_MaxDepth\_ North.tif
- Gavleregnet\_MaxFlux\_ North.tif
- Gavleregnet\_DirectionAtMaxSpeed\_ North.tif
- Gavleregnet\_MaxDepth\_ South.tif
- Gavleregnet\_MaxFlux\_ South.tif
- Gavleregnet\_DirectionAtMaxSpeed\_ South.tif

## 7 Referenser

Boverket. (2022): *Klimatrisker I översiktsplanering*.

[https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmannaintressen/hansyn/miljo\\_klimat/klimatrisker/](https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmannaintressen/hansyn/miljo_klimat/klimatrisker/)

Dahlström B. (2010): *Regnintensitet - en molnfysikalisk betraktelse*. Svenskt Vatten Utveckling, rapport 2010-05

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). (2017): *Vägledning för skyfallskartering: tips för genomförande och exempel på användning*. Publikationsnummer MSB1121.

Svenskt Vatten, 2016. Publikation P110 – Del 1, *Avledning av dag-, drän- och spillvatten*.

## Appendix A Teknisk modellbeskrivning

I följande bilaga ges en teknisk beskrivning av de modellförutsättningar som vart styrande vid uppbyggnad av dagvatten- och skyfallsmodeller. Modellerna är dynamiska hydrauliska modeller som byggts upp i DHI:s programvara MIKE+ 2021 Update 1. På grund av kommunens storlek har området fördelats över tio modeller. Fyra av dem är kopplade modeller där både markavrinning på ytan och avrinningen i ledningsnätet beskrivs, se *Appendix A1 Markavrinningsmodell* och *Appendix A2 Dagvattenmodell*. För de återstående sex modellerna har endast yttlig markavrinning beskrivits, se *Appendix A1 Markavrinningsmodell*. Utav de sex ytliga markavrinningsmodellerna har hänsyn till ledningsnätets kapacitet endast gjorts för området som omfattar Härad och Länna (Modell E). Detta har gjorts i form av ett schablonavdrag motsvarandes ett 5-årsregn. Resterande områden bedöms ha mycket begränsat utbyggt ledningsnät och eventuell ledningsnätskapacitet får ses som en säkerhetsmarginal. För uppdelning av modellområden se Figur 3-4 och Tabell 3-1.

### Appendix A.1 Markavrinningsmodell

Den ytliga avrinningen beskrivs av en tvådimensionell hydraulisk markavrinningsmodell och beräknar flödet på markytan i två dimensioner, x-led och y-led. Den horisontella upplösningen på modellen har satts till 4 meter. För att beskriva avrinningen på ytan behöver hänsyn tas till de rådande höjd- och markförhållandena, vidare styrs storleken på översvämningen utav storleken på regnet och rådande vattennivåer i sjö, hav eller vattendrag.

#### Höjddata

Höjddatan bygger på Lantmäteriets laserskannade höjddata "Laserdata Skog" (2020), med 1-2 punkters upplösning per m<sup>2</sup>. Upplösningen i modellen är satt till 4 meter vilket innebär att en area på 4 x 4 meter representeras av ett höjdvärde. I höjdmodellen har byggnaderna höjts upp samt justerats för viadukter och tunnelpassager för att beskriva de verkliga vattentransportförhållandena.

#### Markförhållanden

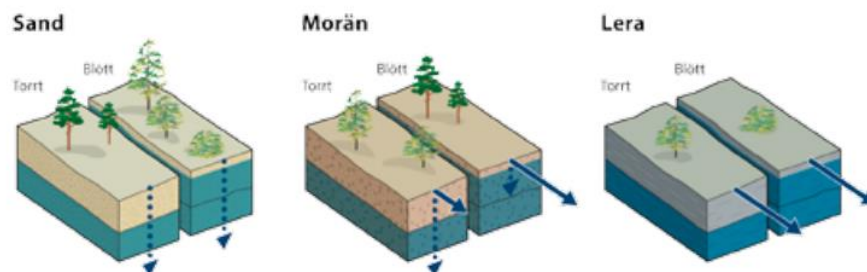
Ytans råhet, vilken styrs av vattnets hastighet på markytan och således påverkar översvämningsförloppet, har differentierats mellan hårdgjorda ytor och övriga permeabla ytor. De hårdgjorda ytorna utgörs av hustak, vägar andra asfalterade ytor baserat på primärkarta levererad av beställaren. En kompletterande analys av större hårdgjorda ytor såsom handels- och industriområden samt tät bebyggelse har genomförts utifrån kommunens markanvändningslager och ortofoto. I Tabell 7-1 redovisas ansatta värden för markytans råhet (Mannings tal M).

**Tabell 7-1 Ansatta Mannings tal M för olika ytor baserat på markanvändning.**

	Byggnader	Vägar/Asfalterade ytor	Grönytor	Diken	Sjöar	Större vattendrag
Mannings tal M	25	50	5	20	10	70

## Infiltration

Till terrängmodellen har en infiltrationsmodul kopplats som låter delar av vattnet infiltrera istället för att rinna av på ytan. Infiltrationen varierar utifrån jordlager, där exempelvis sand och lera har en hög respektive låg infiltrationsförmåga, Figur 7-1.



**Figur 7-1 Beskrivning av infiltrationen och hur avrinningen påverkas av olika jordarter. Jordlager som sand har en hög infiltrationskapacitet där merparten av vattnet som faller på ytan infiltreras och blir grundvatten. Områden med lera har dålig infiltrationskapacitet och stora delar av vattnet som faller på dessa ytor rinner av som ytvattenavrinning. (MSB 2017)**

På alla ytor som inte antas vara hårdgjorda har infiltrationsmodulen aktiverats. Infiltrationshastigheten har ansatts utgående från erhållen jordartskarta från beställaren. Infiltrationsförutsättningarna är generellt sett dåliga inom kommunen med stora områden med lera och silt samt berg i dagen. Inom stora delar av kommunen består marken av morän. Morän har en varierande infiltrationsförmåga beroende på sammansättningen av moränlagret. Det förekommer även mindre områden med mer grovkorniga jordar (postglacial sand/grus) vilka generellt har goda infiltrationsmöjligheter. Beroende på de lokala jordartsförhållandena varierar den ansatta infiltrationshastigheten i modellen mellan 0 och 180 mm/h, se Tabell 7-2.

Infiltrationslagrets mäktighet har satts till 0,3 m med en total porositet på 0,4. Detta innebär en total magasiningskapacitet i marken på 120 mm (0,4 x 0,3 m). Dock spelar tidsförloppet in, så även om 120 mm nederbörd faller på en yta med denna magasiningsförmåga, beror infiltrerad volym på hur länge vattnet ligger kvar i detta område. Vid större lutning i terrängen hinner ofta inte vattnet infiltrera innan det runnit vidare, medan det vid lågpunkter kan ansamlas stora volymer där infiltrationen successivt pågår tills markmagasinet fyllts. Dessutom antas inte marken vara helt torr vid regnets start. Den initiala markvattenhalten har ansatts utifrån antagandet att regnet inträffar sommartid och har föregåtts av en veckas torrväder.

Infiltrationsmodulen inkluderar även beskrivning av ett möjligt läckage från det övre markmagasinet till en tänkt grundvattenyta. I praktiken har dock denna process mycket liten inverkan vid denna typ av beräkning då läckaget generellt är väsentligt lägre än infiltrationen.

Järnvägsbankar är uppbyggda av djupa konstruktioner av kraftigt dränerande makadam och underballast med stor magasiningskapacitet vid kraftiga regn. I infiltrationsmodulen har beskrivning av järnvägsbankar inkluderats med total magasiningskapacitet för på 800 mm (0,4 x 2 m) och med en infiltrationshastighet på 360 mm. Läckagehastighet ansatts utifrån lokala jordartsförhållanden.

**Tabell 7-2. Ansatta infiltrations- och läckagehastigheter (mm/h) för olika jordarter.**

	Hårdgjorda ytor	Tunt lager på berg	Sand/grus	Morän	Organisk jordarter	Lera/silt
<b>Infiltrations hastighet (mm/h)</b>	0	36	180	36	18	3,6
<b>Läckagehastighet (mm/h)</b>	0	0,036	18	3,6	1,8	0,36

### Styrande vattennivåer

En stor del av Strängnäs kommun vetter mot Mälaren. Vattennivån i Mälaren har ansatts till +0,86 m över havet, som är Mälarens medelvattennivå i höjdsystemet RH2000. Medelvärdet baseras på perioden 1968–2018. På grund av att Mälarens vattennivå regleras antas att medelnivån även i framtiden är +0,86 m, då andra uppgifter saknas.

Inom kommunen finns flera större vattendrag, bland annat i södra delen som Stämån, Lännaån, Bergaån och Räcksta å. I följande modell har inga specifika vattennivåer ansatts för de olika vattendragen. Nivåerna i vattendragen återspeglar nivån som var gällande vid tidpunkten för då laserskanningen av höjddatan gjordes. Modellen är ingen detaljerad vattendragsmodell och beräknade nivåer i vattendragen, bedöms som missvisande.

## Appendix A.2 Dagvattenmodell och koppling med mark

En hydraulisk endimensionell ledningsnätmodell har byggts upp, som beskriver dagvattensystemets kapacitet. Dagvatten- och markavrinningsmodell har kopplats ihop, så att vatten kan rinna fritt mellan brunnar och markytan. Kopplingen innebär att dagvatten både kan tränga upp ur eller rinna ner i ledningsnätet, beroende på om det finns outnyttjad kapacitet i ledningssystemet eller inte.

I modellen har följande generella antaganden gjorts:

- Ledningsnätmodellen bygger främst på vanliga nedstignings- och tillsyningsbrunnar. Flöde mellan de båda modellerna begränsas av storleken på brunnen. Brunnarna har modellerats utan lock. Detta antagande görs då majoriteten av rännstensbrunnarna inte finns med i modellen vilket kompenseras med att ansätta en större kapacitet i nedstigningsbrunnarna. Locknivåer för samtliga brunnar och vattengång för utlopp har satts utifrån terrängmodellen
- Brunnar som saknar VG-nivåer eller dimensioner har interpolerats fram utifrån närliggande ledningar och antaganden om uppströms och nedströms förhållanden.
- Områden som inte tillhör det större dagvattennätet och har begränsad information har inte tagits med.
- Ledningar med innerdiameter under 160 mm har tagits bort.

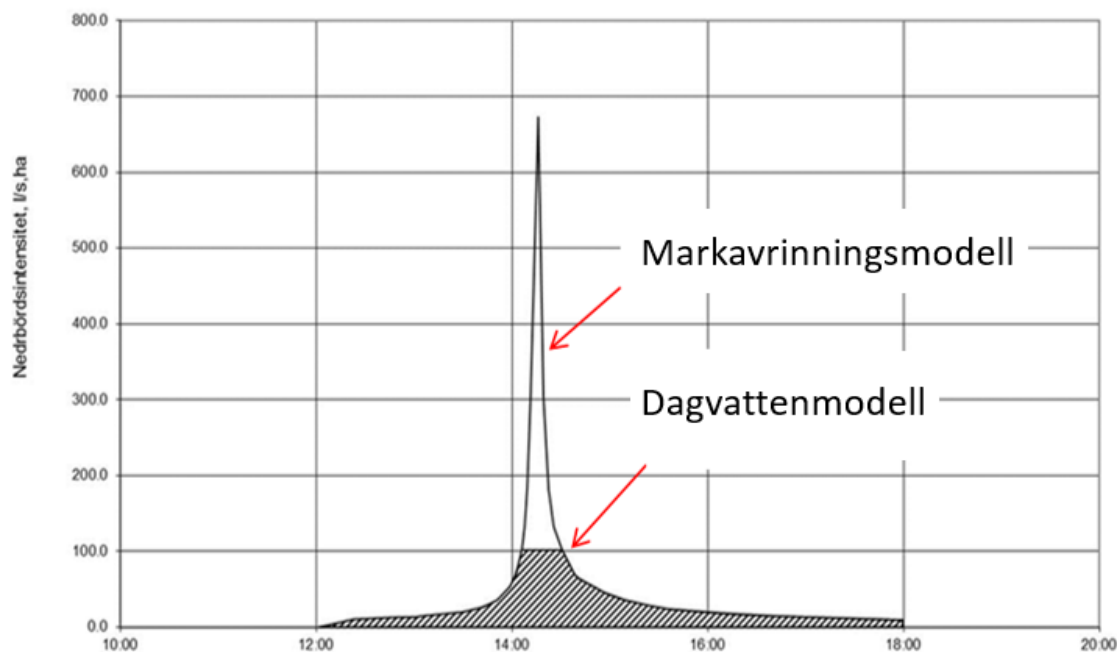
## Appendix A.3 Regnbelastning

Inom ramen för projektet har fem olika regnhändelser studerats. Fyra av dem beskrivs av ett fiktivt regn som dimensionerats utifrån vald återkomsttid 5-, 100-, 200- och 500-årsregn. Det sista scenariot bygger på en verklig regnhändelse som motsvarar det regn som föll över Gävle kommun 2021.

### Appendix A.3.1 Fiktiva regn med förutbestämd återkomsttid

De fiktiva regnen bygger på så kallade CDS-regn som har en central regntopp och en total varaktighet på 6 timmar. CDS-regn innebär att regnvolymer är statistiskt korrekta för alla varaktigheter inom regnet, i detta fall från 5 minuter upp till 6 timmar. För att beakta effekterna av klimatförändringar har en klimatfaktor på 1,3 adderats till samtliga regn.

I beräkningarna har både markavrinnings- och dagvattenmodellen belastats med nederbörd där avrinningen sker på ytan och i ledningsnätet parallellt. Som utgångspunkt har dagvattenmodellen belastats med ett 5-årsregn på hårdgjorda ytor, vilka antas ledas till ledningsnätet. I markavrinningsmodellen belastas därmed hårdgjorda ytor (som antas leda till ledningsnätet) med differensen mellan studerat regn och ett 5-årsregn. Övriga ytor belastas med hela regnet. I Figur 7-2 illustreras principen för hur det belastande regnet fördelas mellan markavrinningsmodell och dagvattenmodell på hårdgjorda ytor. I de områden där hydraulisk modell för ledningsnätet saknas har motsvarande avdrag från regnvolymer gjorts med skillnaden att volymen inte inkluderas i beräkningarna.

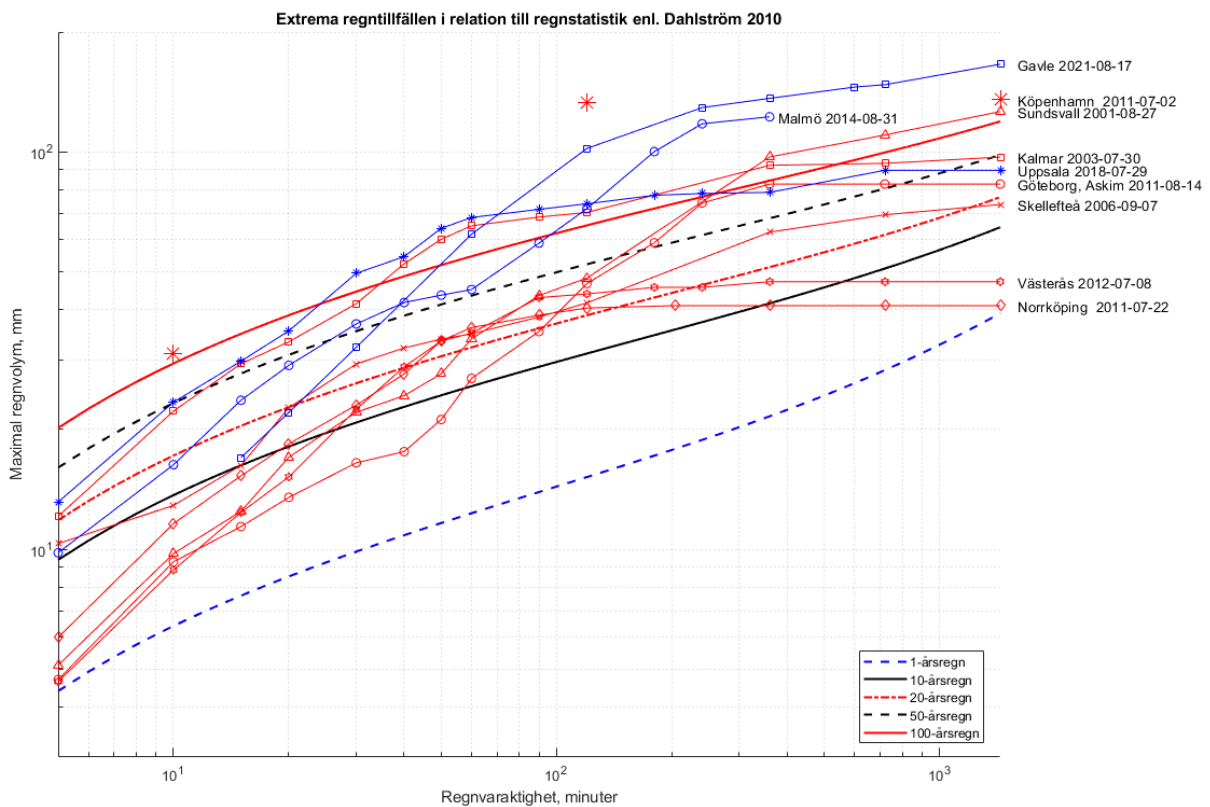


**Figur 7-2 Principiell illustration av hur studerat regn fördelas över hårdgjorda ytor i markavrinningsmodell och dagvattenmodell. I områden utan koppling till ledningsnätet exkluderas den del av regnet som antas kunna hanteras av ledningsnätet från beräkningarna.**

Enbart den mest intensiva 30-minutersperioden och efterföljande regn har studerats med modellen, då intensiteten för förregnet är lägre än bedömd kapacitet för både ledningsnät och markens infiltrationsförmåga. Förregnets volym har inkluderats i markmagasinet, vilket innebär att den tillgängliga magasinskapaciteten minskats med motsvarande volym. Hela regnförloppet har studerats med dagvattenmodellen medan kopplingen modellerna emellan är gjord vid starten av den mest intensiva 30-minuters perioden.

Sommaren 2021 föll ett kraftigt skyfall över Gävle, som ledde till omfattande skador på staden. Regnet har byggts upp utifrån SMHI:s öppna data som mätts i mätstationen Gävle A. Mätserien bygger på data som mätts upp var 15 min. Hela regnet varade från 2021-08-17 03:00 till 2021-08-18 15:00, med en totalvolym på 167,8 mm. Den centrala delen beräknades vara mellan 2021-08-17 12:00 och 2021-08-18 06:15 med volymen 148,7 mm.

I Figur 7-3 visas en jämförelse mot tidigare kända skyfall i relation till regnstatistik enligt Dahlström 2010.



**Figur 7-3 Jämförelse extrema regntillfällen i relation till regnstatistik enligt Dahlström 2010.**