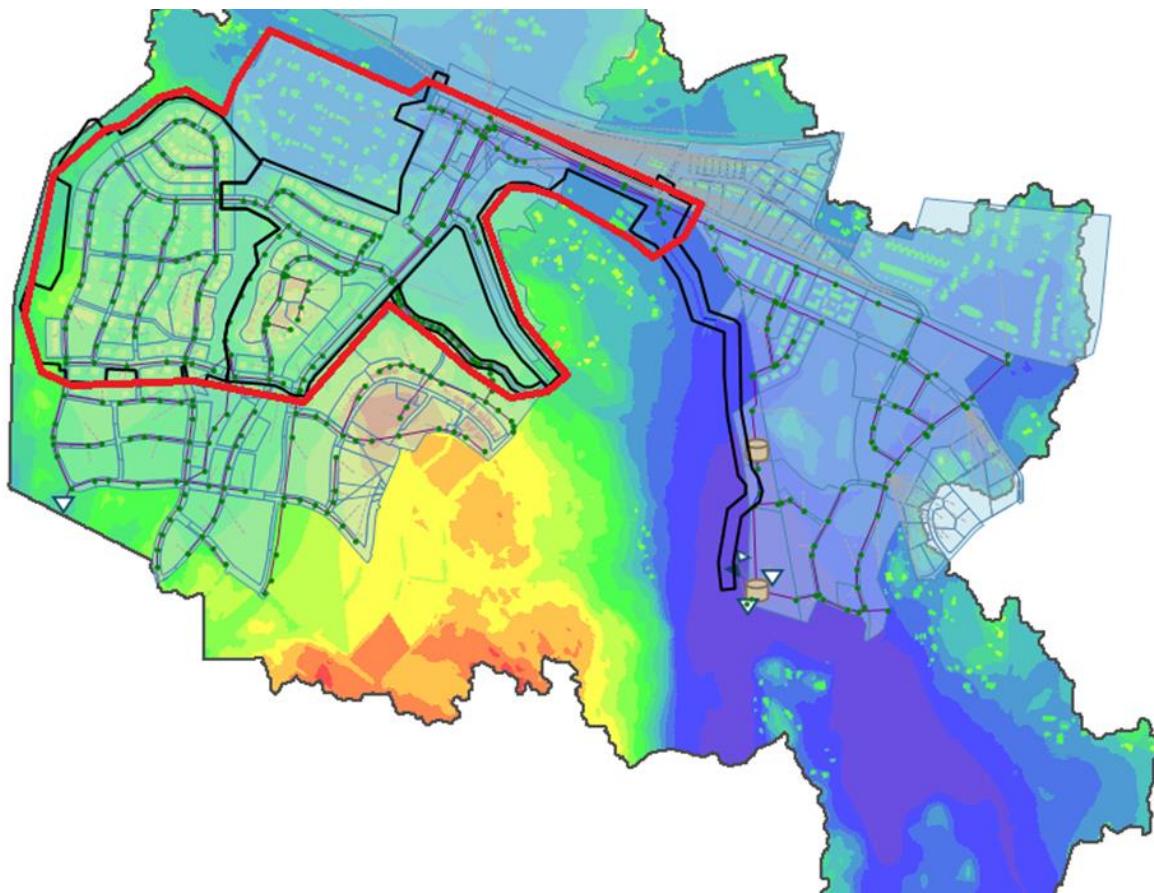


PM SKYFALLSMODELLERING

GUNSTA ETAPP 2.1



2023-01-26



PM SKYFALLSMODELLERING

Gunsta Etapp 2.1

Uppdragsnamn	Projektering och utredning av rinnflodsförutsättningar i Gunsta.
Uppdragsnummer	10321361
Författare	Cornelia Ny
Datum	2023-01-26
Ändringsdatum	
Granskad av	Kevin Daly
Godkänd av	Per Berglund

KUND

Uppsala kommun

KONSULT

WSP

Box 13033
402 51 Göteborg
Besök: Ullevigatan 19
Tel: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
wsp.com

KONTAKTPERSONER

Per Berglund, per.berglund@wsp.com
Cornelia Ny, cornelia.ny@wsp.com
Kevin Daly, kevin.daly@wsp.com

INNEHÅLL

1	Inledning	4
2	Bakgrund och syfte	4
3	Metod och förutsättningar	6
3.1	Beräkningsområde	6
3.2	Underlag	7
3.3	Höjdmodell	8
3.4	Ledningsnät	10
3.5	Regn och avrinning	10
3.6	Markinfiltration	12
3.7	Kalibrering och övriga förutsättningar	13
3.8	Beräkningsscenario	13
4	Resultat	14
4.1	Riktvärden och framkomlighet vid översvämning	15
4.2	Flödesvägar och vattendjup	15
5	Diskussion och Slutsatser	18
5.1	Gunsta etapp 2.1	18
5.2	Gunsta etapp 2.2	19
5.3	Bärby äng	19
6	Vidare arbete	21
7	Referencer	23

1 INLEDNING

I takt med pågående klimatförändring blir det allt vanligare med kraftiga regn och skyfall. Riskerna till följd av skyfall förväntas också öka då urbanisering leder en större andel hårdgjord yta vilket både ökar mängden avrinning och dess flödes hastighet. Avrinning vid skyfall behöver ges utrymme, både för flödesvägar och ytor som kan tillåtas magasinera vatten tillfälligt.

Enligt Boverkets riktlinjer (Boverket, 2018) behöver översvämningsrisken till följd av skyfall beaktas vid planläggning. Ny sammanhållen bebyggelse och bebyggelse med samhällsviktig verksamhet bör planläggas så att den årliga sannolikheten för översvämning är mindre än 1/100. Därtill behöver även effekten av ett framtida klimat under bebyggelsens förväntade livslängd beaktas. Nederbördens förväntad ökning är 20-30%, beroende på RCP-scenari (Länsstyrelsen Uppsala län, 2022).

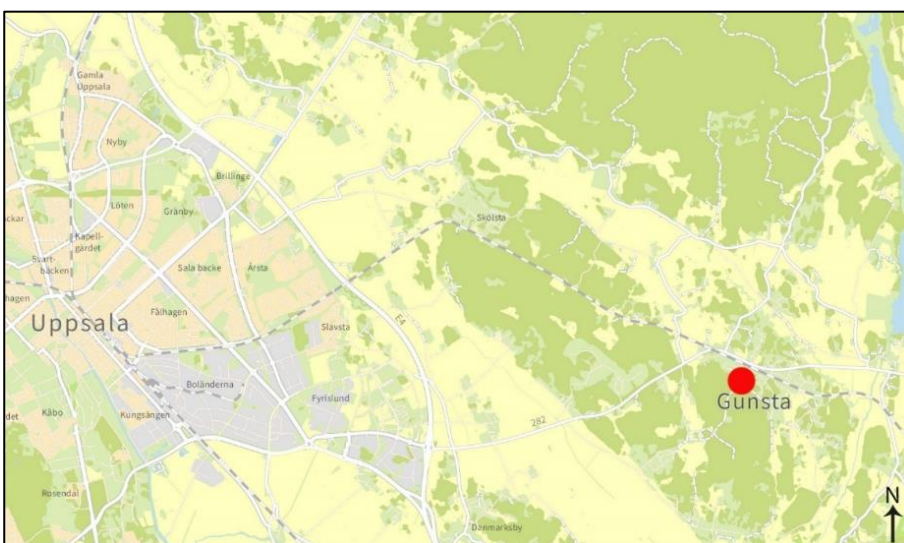
Med hjälp av skyfallsmodellering är det möjligt att kartlägga översvämningsområden och identifiera riskområden för skyfall. Skyfallsmodelleringen kan därmed tjäna som underlag vid planering för ny exploatering.

2 BAKGRUND OCH SYFTE

Södra Gunsta är ett nytt område som växer fram en mil öster om Uppsala, söder om det befintliga samhället Gunsta (se Figur 1). Här görs plats för 1 500 nya bostäder med tillhörande service i form av torg, förskolor, idrottsplatser, och grundskola. Bostäderna blir en blandning av flerbostadshus och småhus. Planläggningen av Södra Gunsta sker etappvis, uppdelat på 5 olika etapper (Figur 3). Utbyggnaden av området beräknas pågå cirka 15 år och samtliga etapper ska vara klara runt år 2035. Området består idag av ett kuperat område med skog och mindre våtmarker, samt ett låglänt öppet landskap (Uppsala kommun, 2022).

WSP har fått i uppdrag av Uppsala kommun att utföra en skyfallsmodellering som del i detaljplanearbetet för Södra Gunsta etapp 2, planområdets gräns visas i Figur 2.

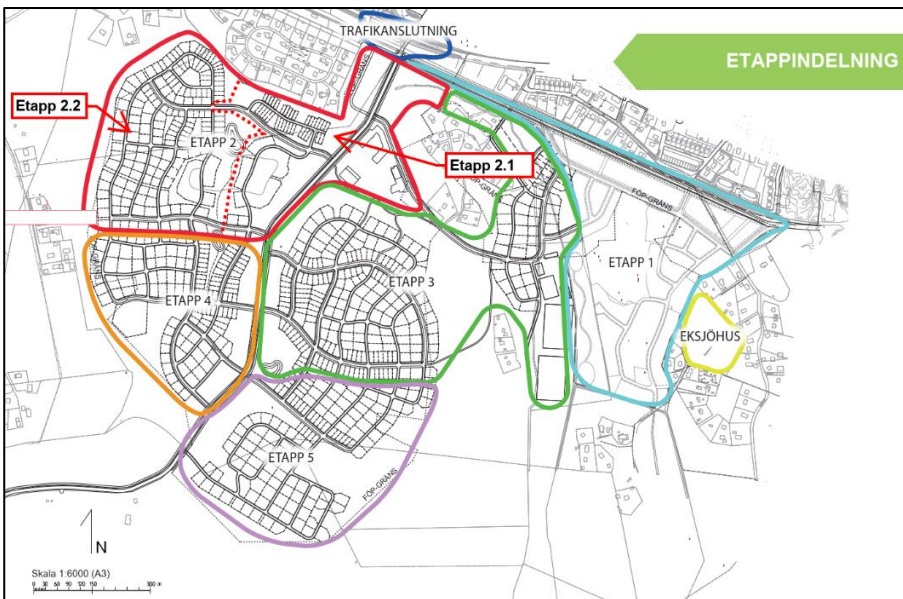
Etapp 2 innehåller cirka 470 bostäder i en blandning av flerbostadshus, stadsvillor, kedjehus, radhus och villor och är i sin tur uppdelad i två delar, etapp 2.1 och etapp 2.2 (Figur 3). I området finns det en tomt avsatt för en skola, en fullstor idrottshall samt två förskolor. Närmast infarten från länsväg 282 planeras ett torg med plats för livsmedel och handel. Det planeras även ett parkstråk i området (Uppsala kommun, 2022). Södra Gunstads ungefärliga utformning kan ses i översikt bilden i Figur 4, där är även centrumbebyggelsen och skolan som planeras i etapp 2.1 markerade.



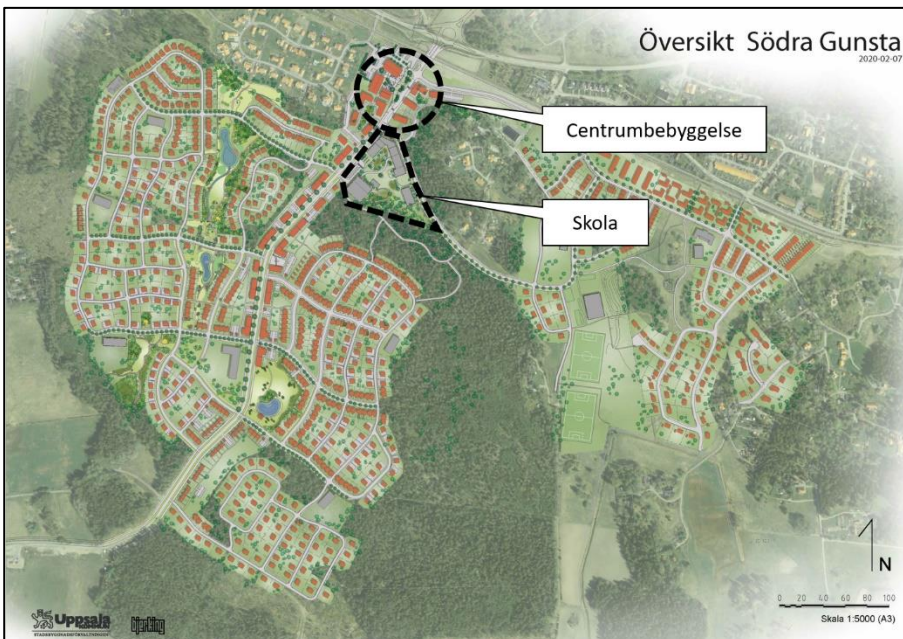
Figur 1 Översiktskarta, Gunsta markerad med röd prick (Uppsala kommun, 2022).



Figur 2 Ungefärlig gräns för planområdet Södra Gunsta etapp 2 är markerad med röd linje (Uppsala kommun, 2022).



Figur 3 De olika etapperna på exploateringsområden i Gunsta (Uppsala kommun, 2022).



Figur 4 Översiktsbild över det planerade området Södra Gunsta (Uppsala kommun, 2022).

Syftet med denna skyfallsmodellering är att undersöka hur exploateringen i Gunsta riskerar att påverka området för Gunsta etapp 2 samt det befintliga bostadsområdet Bärby äng (Figur 2) vid ett skyfallstillfälle med 100-årsregn. Resultatet från modelleringen ska visa vilka ytor som riskerar att översvämmas vid ett klimatanpassat 100-årsregn, med utgångspunkt i ett framtida scenario där exploateringen av Gunsta etapp 2 är färdigställd. Viss hänsyn har även tagits till exploateringen av uppströms liggande etapp 3 och 4 (Figur 3) där antaganden gjorts utifrån underlag på förprojektering av gator och VA samt uppgifter från fördjupad översiktsplan.

Utifrån resultaten analyseras framkomligheten vid skyfall samt risker för skador på planerad och befintlig bebyggelse. Framför allt ligger fokus på etapp 2.1 då det för denna pågår projektering och framtagande av förfrågningsunderlag för allmän platsmark. Resultaten som berör etapp 2.2 är viktig input i samband med att planarbetet fortsätter i etapp 2.2 och hänsyn behöver tas till rinnvägar och områden med risk för marköversvämning.

3 METOD OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Det har skapats en kopplad 1D-2D-modell med det hydrauliska beräkningsprogrammet MIKE+. En kopplad modell innebär att modellen beräknar nivå- och flödesförhållanden på ytan såväl som i dagvattenledningar till följd av nederbörd, samt att kommunikation kan ske mellan de två delmodellerna det vill säga att vatten både kan strömma från ytmodellen (2D) till ledningsnätsmodellen (1D) och vice versa. Modellen består således av två delmodeller, en 1D-modell för hydrauliska beräkningar i ledningsnätet samt en 2D-modellmodell för beräkningar av flöden över markytan.

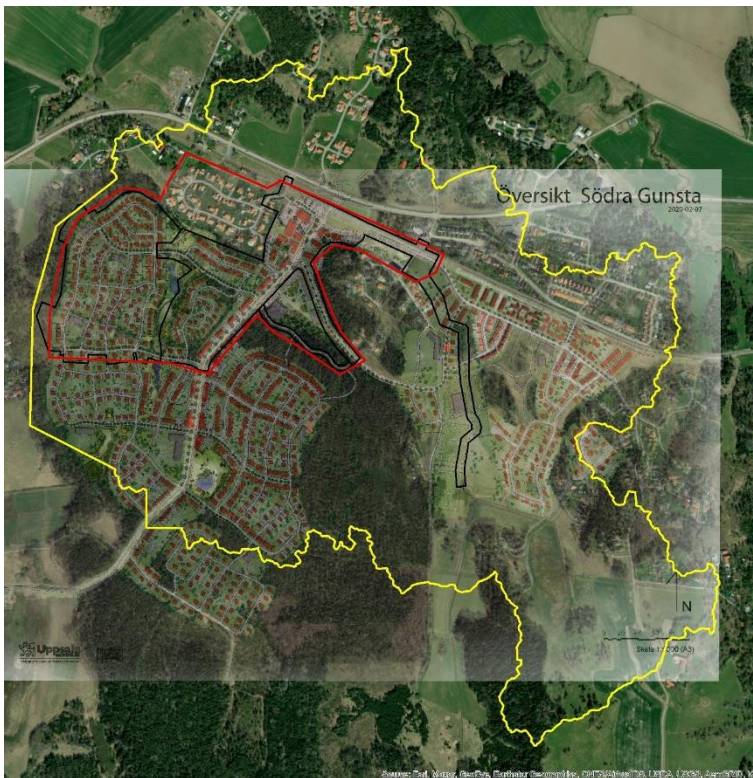
2D-modellens indata består av en terrängmodell som beskriver modellområdets topografi, regnbelastningen över olika ytor, en fil som beskriver råhet för olika marktyper, samt en fil som beskriver markens infiltration baserad på markanvändning och SGU jordartskarta (Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2022).

För 1D-modellen består indata av projekterade dagvattennät i etapp 2, relationshandlingar från etapp 1 och förprojekterade ledningar i etapp 3 och 4, samt underlag på befintliga ledningar från Uppsala Vatten. Det förekommer också ett par järnvägstrummor där underlag saknats och indata bygger på antaganden och observationer i fält. Även 1D-modellen har indata som beskriver regnbelastningen, där underlaget består av hur stor hårdgjord yta som avleds till olika delar av ledningsnätet och belastande regn.

Beräkningar har gjorts för ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25, vilket motsvarar medelvärdet av nederbördens förväntade ökning (Länsstyrelsen Uppsala län, 2022). Regnet är ett CDS-regn (se Avsnitt 3.6) med 6 h varaktighet. Regnbelastningen har fördelats mellan 1D- och 2D-modellen, baserat på ledningsnätets kapacitet, så att den totala summan motsvarar det framtida 100-årsregnet. Detta beskrivs närmare i avsnitt 3.5.

3.1 BERÄKNINGSOMRÅDE

Beräkningsområdet i skyfallsmodellen är det område som bedöms påverka det aktuella utredningsområdet och har tagits fram i GIS utifrån det naturliga och tekniska avrinningsområdet. Då avsikten är att utreda effekterna specifikt för Gunsta etapp 2 och befintlig bebyggelse i Bärby äng är det dessa två områden som utgör utredningsområdet, se Figur 5.



Figur 5 Översikt över beräkningsområde markerad med gult och ungefärligt utredningsområde med rött.

Beräkningsområdet och utredningsområdet har olika utbredning. Exempelvis ingår området för etapp 3 och 4 i beräkningsområdet men inte i utredningsområdet eftersom dessa bidrar till avrinningen både ytledes och via ledningsnätet till etapp 2. Området för etapp 1 och befintlig bebyggelse norr om järnvägen är med i beräkningsområdet eftersom dessa påverkar kapaciteten i nedströms dagvattennät och därmed har betydelse för möjligheten avleda dagvatten från etapp 2. Området för Bärby äng ligger i direkt anslutning till etapp 2 och Bärby ängs möjlighet till ytledes avrinning är beroende av projekterade marknivåer i etapp 2 samt eventuella dämning.

Beräkningsresultat som ligger utanför utredningsområdet ska inte betraktas som giltiga resultat utan är en biprodukt utan giltighet.

3.2 UNDERLAG

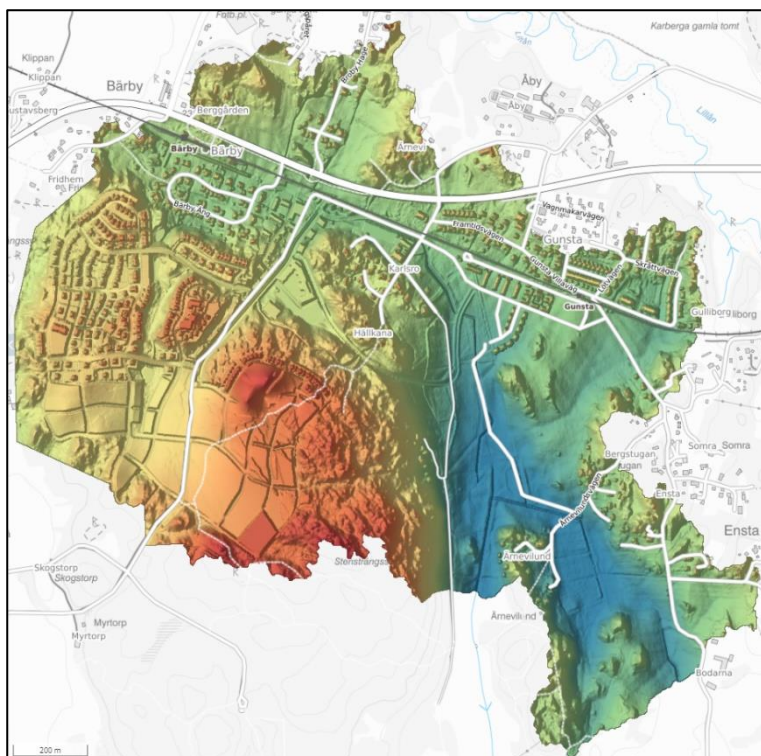
Följande underlag har använts vid skyfallsmodelleringen:

- a) Höjddata framtaget skyfallsanalys i Scalgo 2021-07-01, Gunsta_ALL_20210630_Ärnevilundsvägen.tif
- b) Indata till höjdmodell (se avsnitt 3.3)
- c) Markanvändning
- d) Nationella marktäckedata (NMD) Naturvårdsverket 2021-11-25
- e) Befintliga vägar från Nationella vägdatan (NVDB) på webb
- f) Placeringar av ytterligare byggnader
- g) Ungefärliga marknivåer på kvartersmark
- h) Projekterade marknivåer för gatan
- i) Föreslaget dike
- j) Jordarter 1:25 000 – 1:100 000 SGU, 2022-06-07
- k) 1D-modell framtagen för dimensionering av nytt ledningsnät

3.3 HÖJDMODELL

Den höjdmodell som använts i beräkningen presenteras i Figur 6 och bygger på den höjddata som togs fram till Scalgo-analysen av framtida Gunsta 2021-07-01 (WSP, 2021). Denna har sedan uppdaterats med 3d-projekterade vägar och diken samt viss interpolation av markhöjder från landskapsritningar för fastigheter i etapp 2.1, dessa finns listade i Tabell 1.

Då höjddata från 2021 tog hänsyn till förprojekterade vägar i etapp 3 och 4, men blivande kvartersmark hade behållit befintliga marknivåer, bildade fickor som kunde hålla stora mängder vatten. Detta är inte i enlighet med vad man kan förvänta sig efter färdig utbyggnad av Södra Gunsta. I stället är det rimligt att anta att kvartersmarken höjdsätts så att den kan avrinna ytledes till gatemark i händelse av skyfall. För att hantera detta i modellberäkningen har kvartersmark mellan gatemark i etapp 3 och 4 (uppström om etapp 2) höjts så att dessa nivåer ligger högre än kringliggande gata.



Figur 6 Höjdmodell som använts i 2D-modellen, åskådliggjort med hjälp av Scalgo Live.

Tabell 1 DWG-filer som använts för att uppdatera höjdmodell med projekterade vägar, diken och vissa marknivåer.

Fil	Datum
C-01-P-01.dwg	2022-11-07
C-01-P-02.dwg	2022-11-07
L-31-V-01_yta.dwg	2022-11-07
T-30-V-01.dwg	2022-11-07
T-30-V-02.dwg	2022-11-07
T-30-V-05.dwg	2022-11-07
20220126 punkthus_L-30-P-01.dwg	2022-11-08

Mindre justeringar av höjdmodellen har även gjorts manuellt med hjälp av Scalgo Live. Platser där justeringar gjorts är markerade i Figur 8. Det gäller bland annat områden där det skapats oavsiktliga

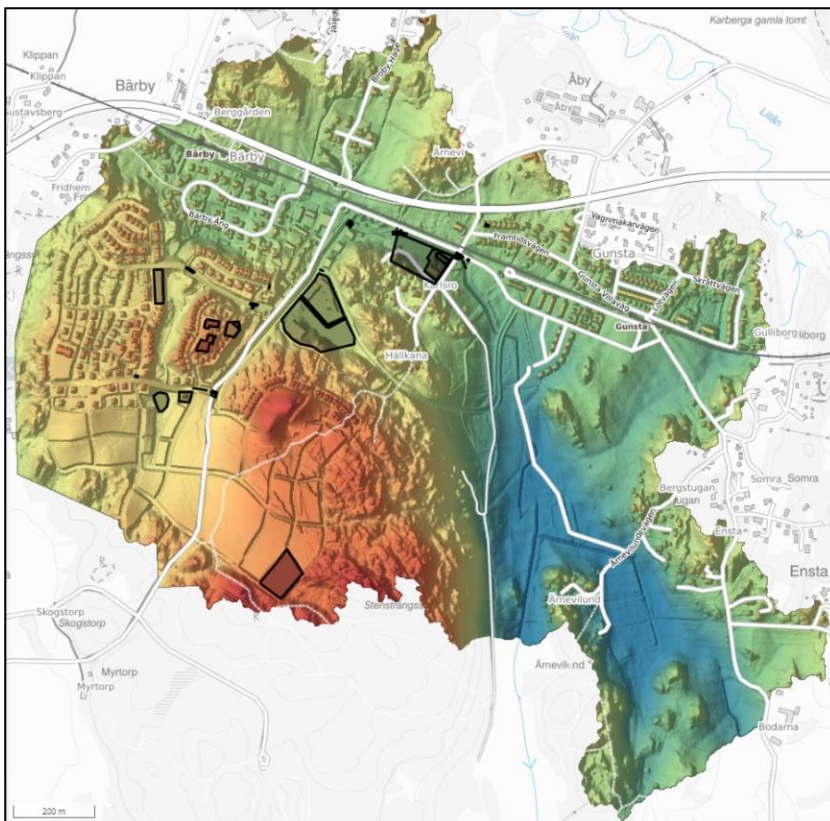
lågpunkter som magasineras vatten, samt vissa vägkorsningar där övergångarna mellan data importerade från olika underlag har behövts jämnas ut.

Därtill har ett par större justeringar gjorts på höjddata, varav en av dem gäller skolan (skolans placering visas i Figur 4). I de inledande beräkningarna togs ingen hänsyn till framtida marknivåer på skolans fastighet. Då skolbyggnaden är placerad i områdets lägsta punkt kom den att fungera som ett dämme som resulterade i att en stor vattenvolym magasineras mot fasaden. Fastigheten förväntas projekteras med hänsyn till risken för skyfall och därmed justerades av marknivåerna grovt genom att lyfta markytan så att den kunde avvattnas till gatan utanför (beskrivs i bilaga A).

Den andra justeringar gäller den höjddata (framtagen 2021) som markmodellen är baserad på. Höjddatan har kommit att bli inaktuell på vissa platser och en plats av betydelse för skyfallskarteringen är fastigheten ÅRNEVI 3:10. Här har marknivåerna höjts och en ny byggnad uppförts (Figur 7) och 2D-modellen har justerats för att bättre motsvara förutsättningarna.



Figur 7 Flygfoton som visar förändringar på fastigheten Årnevi 3:10 hämtade från Google Earth, till vänster från juni 2020 och till höger från april 2022 (Google Earth, 2023).



Figur 8 Platser i höjddata som modifierats manuellt med hjälp av Scalgo Live markerade med svart.

3.4 MARKANVÄNDNING

Underlag för markanvändning har rangordnats enligt:

1. Uppgifter om Södra Gunsta exploatering
2. Befintliga hus, hämtat från Lantmäteriet
3. Befintliga vägar hämtat från Trafikverkets Nationella vägdatatabas (NVDB)
4. Befintlig markanvändning hämtat från Naturvårdsverket Nationella marktäckedata (NMD)

Markanvändningen har delats upp i tre kategorier och ansatts Mannings M enligt följande (Figur 9):

- A. Byggnader, vägar, hårdgjord ytan (exempelvis parkering eller torg), Mannings M: 50
- B. Områden med bebyggelse, dike eller öppen mark), Mannings M: 20
- C. Natur och skogsområden), Mannings M: 5



Figur 9 Mannings M ansatta utifrån markanvändning.

Kategori A med Mannings M=50 är centrumområdet med torg, parkering, återvinning och teknisk anläggning samt planerade hus och vägområde i Södra Gunsta, och befintliga vägar och hus. Befintliga vägar är hämtade från NVDB, om uppgift på vägbredd funnits tillgänglig har denna nyttjats, i annat fall har antagande om vägbredd gjorts baserat på typ av väg. Befintliga hus är hämtade från Lantmäteriet.

Kategori C med Mannings M=5 är skog och natur, ingen öppen mark. Detta är hämtat från Naturvårdsverkets Nationella marktäckedata (NMD)

Kategori B Mannings M=20 inkluderar allt övrigt, så som områden med bostadsområden, park och öppen mark med mera.

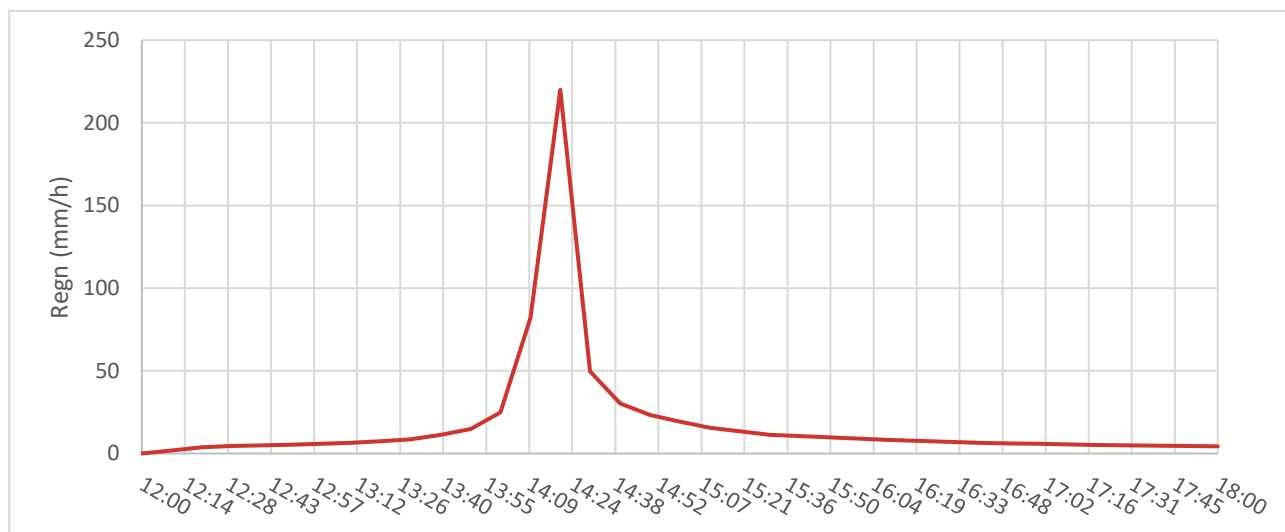
3.5 LEDNINGNÄT

1D-modellen är uppbyggd med befintliga ledningar enligt underlag från Uppsala Vatten 2021, relationshandlingar från Etapp 1, projekterade ledningar i etapp 2.1 och förprojekterade ledningar i kommande etapper. I 1D-modellen är från början framtagen för dimensionering av nya ledningar i etapp 2.1. denna modell har importerades till skyfallsmodellen och i samband med importen har öppna diken, dammar och trummor raderats. I stället har öppna diken integrerade i höjdmodellen och trummor lagts till i 2D-modellen. Dammarna är belägna tillräckligt långt nedströms för att inte ha betydelse för skyfallsmodelleringens beräkningsresultat i utredningsområdet.

3.6 REGN OCH AVRINNING

Skyfallsmodelleringen har utförts för ett 100-årsregn med en klimatfaktor på 1,25 och en varaktighet på 6 timmar (Figur 10). Regnet har simulerats som ett CDS-regn (Chicago Design Rain). Ett CDS-regn är ett designregn som består av flera blockregn med varierande intensitet och varaktighet för en viss återkomsttid. Ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 motsvarar enligt dagens klimatscenarier ett skyfall i ett klimat som kan

tänkas råda år 2100. Totalt regnvolym för ett 100-årsregn med 6 timmes varaktighet och en klimatafaktor på 1,25 är 106 mm enligt Dahlström (2010). Figur 10 visar CDS-regnets regnintensivt som en funktion av tiden.

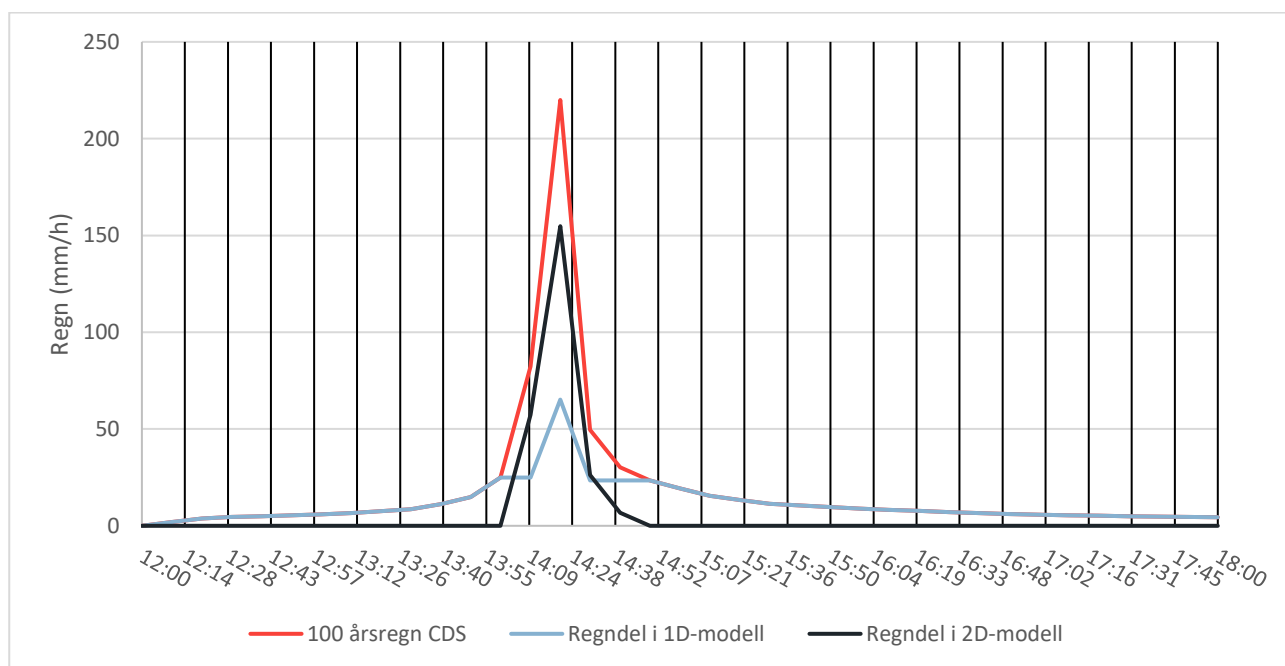


Figur 10 Graf som visa regnintensitet vid 100-årsregn med klimatafaktor 1,25, CDS-profil och 6h varaktighet.

I skyfallsmodellen har markanvändningen differentierats beroende på om en yta är hårdgjorda eller ej samt om det avvattnas till ledningsnätet. För dessa hårdgjorda områden har regnbelastningen fördelats mellan 1D-modellen och 2D-modellen, så att 1D-modellen belastas med allt regn med intensitet upp till vad som motsvarar toppflödet i samband med ett 20-årsregn inklusive klimatafaktor. Att det ska motsvara toppflödet vid ett 20-årsregn beror på att detta varit dimensioneringskriteriet för ledningsnätet i Gunsta etapp 2, det vill säga att ledningsnätet ska ha kapacitet att avleda ett 20-årsregn utan att trycknivån i ledningsnätet överstigen marknivån. Resterande regnvolym belastar 2D-modellen över de hårdgjorda ytorna.

För övriga ytor ligger hela regnbelastningen i 2D-modellen.

Figur 11 visar hur ett regnbelastningen vid CDS-regn som appliceras över hårdgjorda ytor fördelas i 1D- respektive 2D-modellen.



Figur 11 Uppdelningen av framtida 100-årsregnet (rött) så som det fördelas över hårdgjorda ytor i 1D- respektive 2D-modelldelen (grått respektive svart). Icke hårdgjorda ytor belastas med hela framtida 100-årsregnet i 2D.

3.7 MARKINFILTRATION

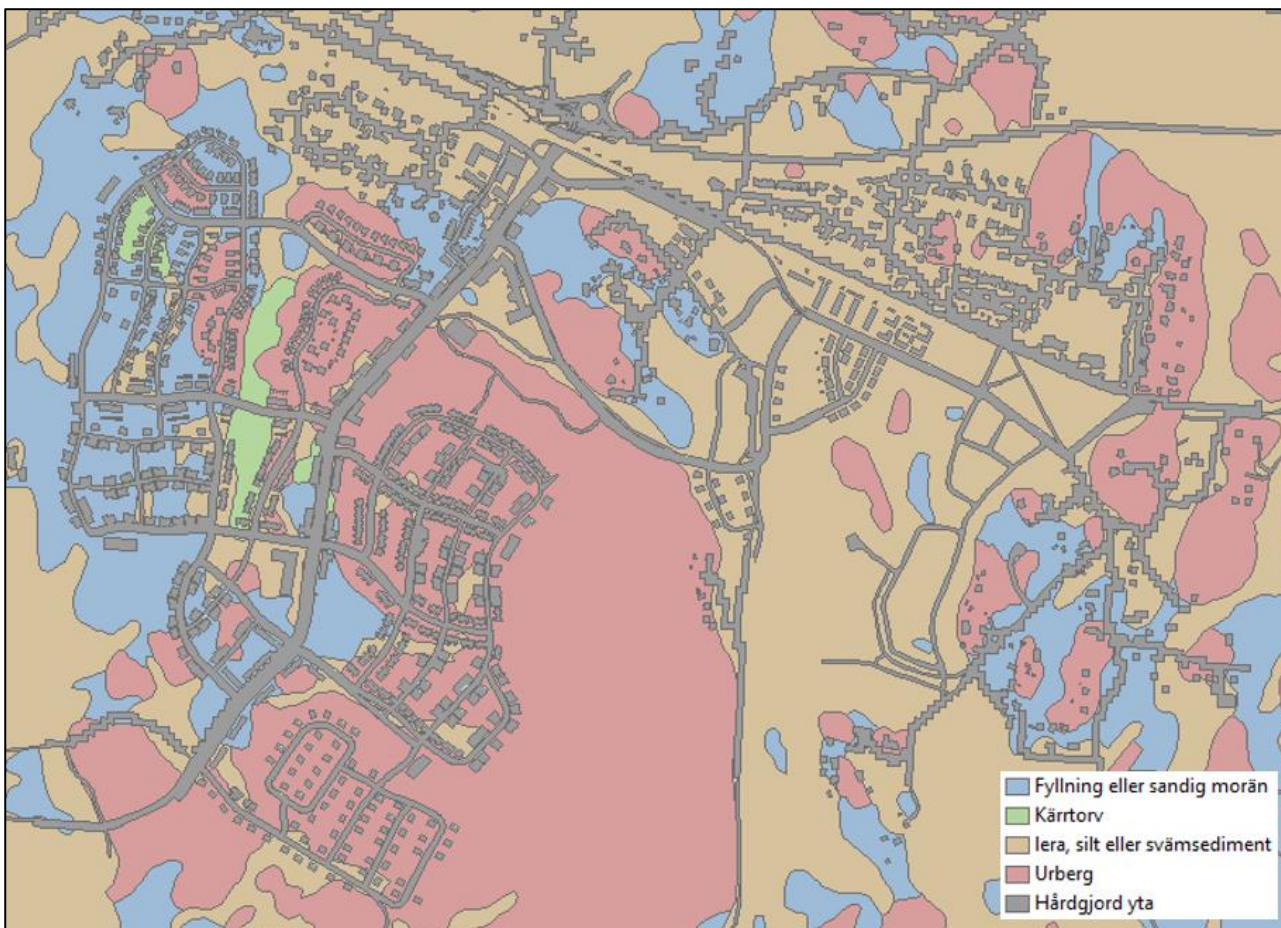
En del av regnet som faller på grönytor och andra permeabla ytor infiltrerar ner i markens jordlager i stället för att avrinna på markytan. Detta kan ske till dess att marken är vattenmättad.

Infiltrationshastigheten är beroende av jordens hydrauliska konduktivitet, vilket innebär att olika jordarter är olika effektiva när det kommer till att infiltrera regnvatten. Sand har en hög konduktivitet och dränerar bort vatten snabbare än till exempel lera som kan vara mycket tät. Ju intensivare regn desto mindre andel av regnet har möjlighet att infiltrera. Även grundvattennivå har betydelse för möjligheten att infiltrera, om grundvattennivå är nära markytan är finns mindre tillgängligt utrymme för ytterligare vatten i jordlagret. I modellen har dock ingen hänsyn tagits till grundvattennivåer. Det beror på att skyfall nästan uteslutande inträffar under juli och augusti då grundvattennivåerna generellt sett är låga (MSB, 2017).

För att ta hänsyn till markens förmåga att infiltrera dagvatten har en infiltrationsmodul använts i modellen. Infiltrationsmodellen bygger på följande antaganden som visas i Tabell 2 för permeabla ytor. För hårdgjorda ytor sker ingen infiltration. Figur 12 visar karta över vilka ytor som antas hårdgjorda och jordartskarta i områden som antas vara permeabla.

Tabell 2 Ansatta infiltrations- och läckagehastigheter (mm/h) och initialt vatteninnehåll för olika jordarter under permeabla ytor, (Kretslopp och vatten, 2021)

Jordart enligt SGU jordartskarta	Infiltrationshastighet [mm/h]	Läckagehastighet [mm/h]	Djup på infiltrationszon [m]	Porositet	Initialt vatteninnehåll [%]
Glacial lera	3,6	0,36	0,3	0,4	45
Gyttjeler (eller lergyttja)	3,6	0,36	0,3	0,4	45
Postglacial lera	3,6	0,36	0,3	0,4	45
Svämsediment, ler/silt	3,6	0,36	0,3	0,4	45
Kärrtorv	18	1,8	0,3	0,4	40
Fyllning	36	3,6	0,3	0,4	30
Sandig morän	36	3,6	0,3	0,4	30
Urberg	36	0,036	0,3	0,4	20



Figur 12 Karta som visar vilka ytor som antas hårdgjorda samt jordartskarta i områden som antas vara permeabla.

3.8 KALIBRERING OCH ÖVRIGA FÖRUTSÄTTNINGAR

Modellen är inte kalibrerad då denna avser att beskriva en framtida situation. Övriga förutsättningar som används i modellen presenteras i Tabell 3.

Tabell 3 Övriga förutsättningar i modellen.

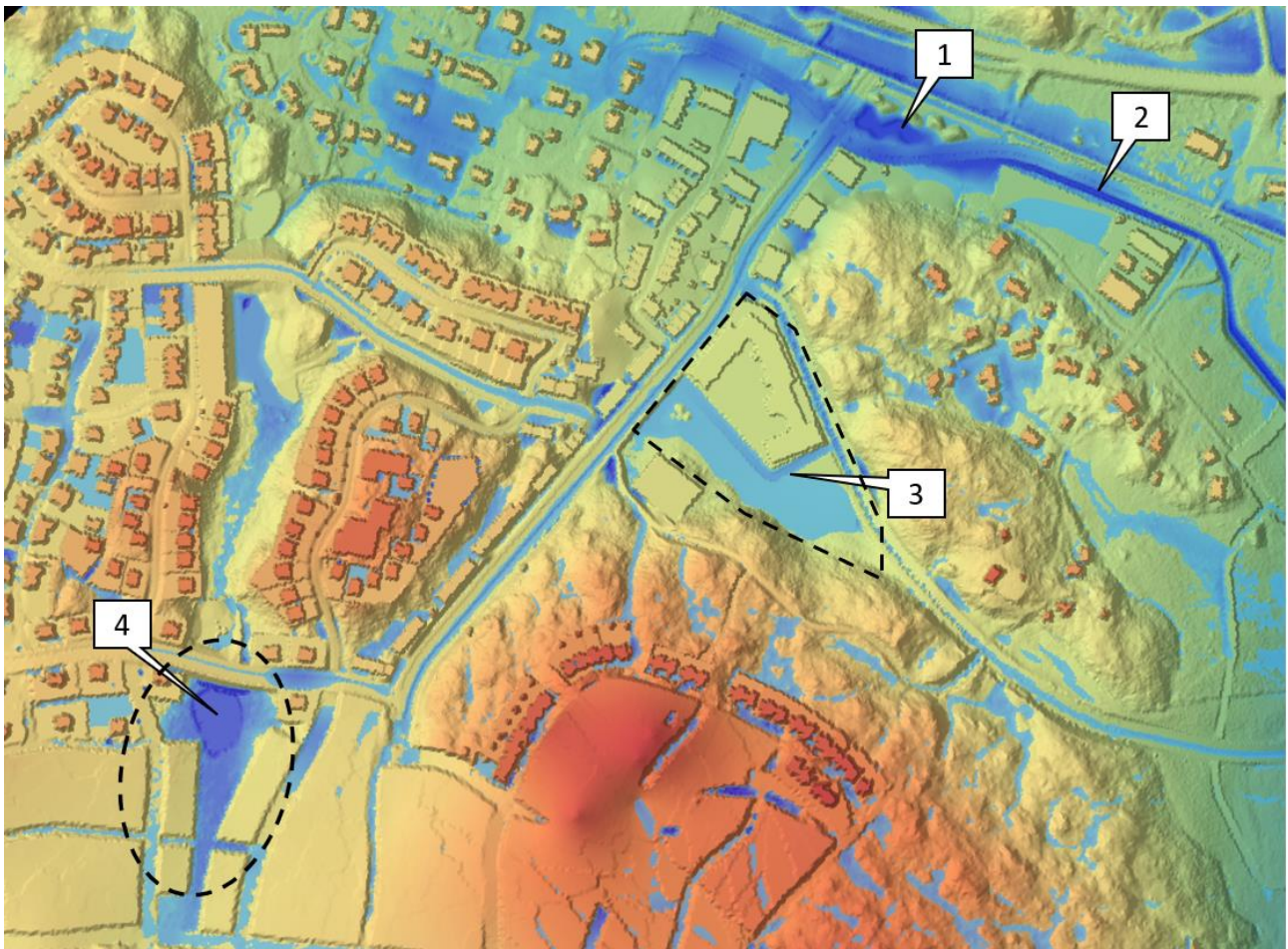
Parameter	Kategori	Värde
Eddy viscosity	Constant	0,2 m ² /s
Initial conditions	Uniform water level	0 m

3.9 BERÄKNINGSSCENARION

Skyfallsmodelleringen har utförts för ett scenario: Efter exploatering av samtliga 5 etapper i södra Gunsta för ett framtida 100-årsregn.

De skyfallsåtgärder som inkluderats i scenariot efter exploatering består av (se Figur 12):

1. Torrdammar/nedsänka ytor
2. Öppet dike österut från centrum som inte begränsas av trummor
3. Justerad höjdsättning vid skola för att motsvara förväntade skyfallsåtgärder för skolfastigheten
4. Framtida parkområde i etapp 4 ges utrymme att fördröja delar av avrinningen från etapp 3, 4 och 5 (motsvarande 0.15 km²) vid ett 100-årsregn



Figur 13 Skyfallsåtgärder inkluderade i beräkningsscenario: 1. Torrdammar/nedsänka ytor, 2. Öppet dike österut, 3. Justerad höjdsättning vid skola, 4. Framtida parkområde i etapp 4

4 RESULTAT

Resultatet från skyfallsmodelleringen redovisas som två GIS-skikt:

- **Beräknat maximalt vattendjup.** Högsta beräknade vattendjup för varje beräkningscell under hela simuleringen. Det finns ingen tid kopplats till skiktet och maximalt vattendjup uppnås inte vid exakt samma tidpunkt överallt.
- **Beräknad maximal vattenhastighet.** Högsta beräknade vattenhastighet för varje beräkningscell under hela simuleringen. Det finns ingen tid kopplat till resultatet och maximal flödes hastighet uppnås inte vid exakt samma tidpunkt överallt.

Analysen är gjord med *flexible mesh* i hög upplösning med avsikten att återge flödesvägarna så korrekt som möjligt. Det kan dock finnas trösklar och passager i terrängen som inte kommit med i höjdmodellen både till följd av avsaknad av data och då det rör sig om befintliga strukturer som är alltför små för att kunna återges, till exempel vid kantsten. Dessa eventuella trösklar och passager kan påverka översvämningens utbredning. Därutöver finns det osäkerheter kopplade till infiltration i marken.

Det är också viktigt att poängtera att resultaten från skyfallsmodelleringen bara redovisar marköversvämningar till följd av skyfall och inte de översvämningar som sannolikt skulle uppkomma i källare och liknande utrymmen till följd av överbelastade avloppssystem.

Se nästa avsnitt (5) för en diskussion och analys av resultaten.

4.1 RIKTVÄRDEN OCH FRAMKOMLIGHET VID ÖVERSVÄMNING

Generellt sett ökar olägenheter/skadorna samt påverkan på framkomligheten med ett stigande vattendjup, men även vattnets hastighet har visat sig ha betydelse. Ett högt vattenflöde kan utgöra fara för människor då de både riskerar att föras med i forsande vatten eller träffas av bråte och andra lösa föremål.

Vägar som översvämmas kan bland annat innebära att räddningsfordon och ambulanser inte kan ta sig fram. Tabell 4 visar riktvärden för vattendjup kopplat till framkomligheten på vägar.

En metod som presenteras i *Vägledning för skyfallskartering* (MSB, 2017) utvecklad av DEFRA¹ i 2006 kan användas för att värdera den direkta faran för människoliv utifrån beräknade vattendjup och flödeshastigheter. Klassgränser för bedömning visas i Tabell 5.

Tabell 4 Riktvärden för risker kopplat till vattendjup.

Vattendjup	Bedömd konsekvens
0,1–0,3 meter	Besvärande framkomlighet
0,3–0,5 meter	Risk för skada. Ej möjligt att framföra vanliga motorfordon, större utryckningsfordon klarar vattendjup upp till 0,5 meter (Stockholms Brandförsvär, 2019)
>0,5 meter	Stora materiella skador, risk för hälsa och liv

Tabell 5 Bedömningsvärde = $(V+C)*D$ där V =max hastighet, D =max vattendjup, C =koefficient (0,5) (MSB, 2017).

Klassgränser för $(V+C)*D$	Bedömd fara
< 0,75	Ingen fara
0,75 – 1,25	Fara för vissa
1,25 – 2,50	Fara för de flesta
> 2,50	Fara för alla

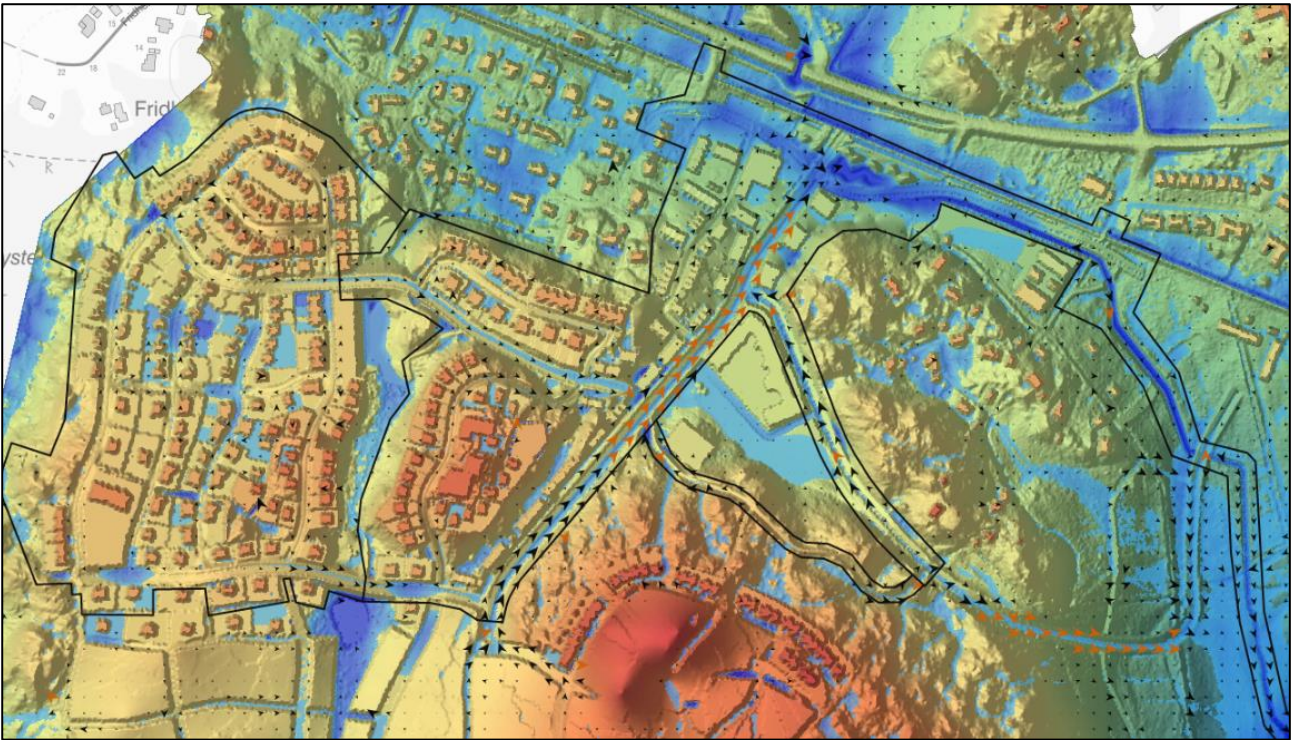
4.2 FLÖDESVÄGAR OCH VATTENDJUP

Figur 14 visar en översikt över beräkningsresultatet, med marköversvämningar i blått och pilar som visa flödesriktning, i och kring planområdet för Gunsta Etapp 2 vid ett 100-årsregn med klimatkoefficient 1,25, efter exploatering.

Figur 15 och Figur 16 visar översikter på beräknad högsta vattendjup och beräknad högsta flödeshastighet.

I Figur 17 finns en översikt över den värderade direkta faran för människoliv, där värderingen är gjord enligt metoden utvecklad av DEFRA beskriven i föregående avsnitt.

¹ Department for Environment, Food and Rural Affairs, Storbritannien



Figur 14 Översikt av beräkningsresultat. Blå områden visar marköversvämning. Pilar visar flödesriktning och pilars storlek är relaterad till flödes hastigheten. Orange pilar visar flödes hastigheter på över 2 m/s. Åskådliggjort med hjälp av Scalgo Live.



Figur 15 Högsta beräknade vattendjup.



Figur 16 Högsta beräknade flödes hastighet.

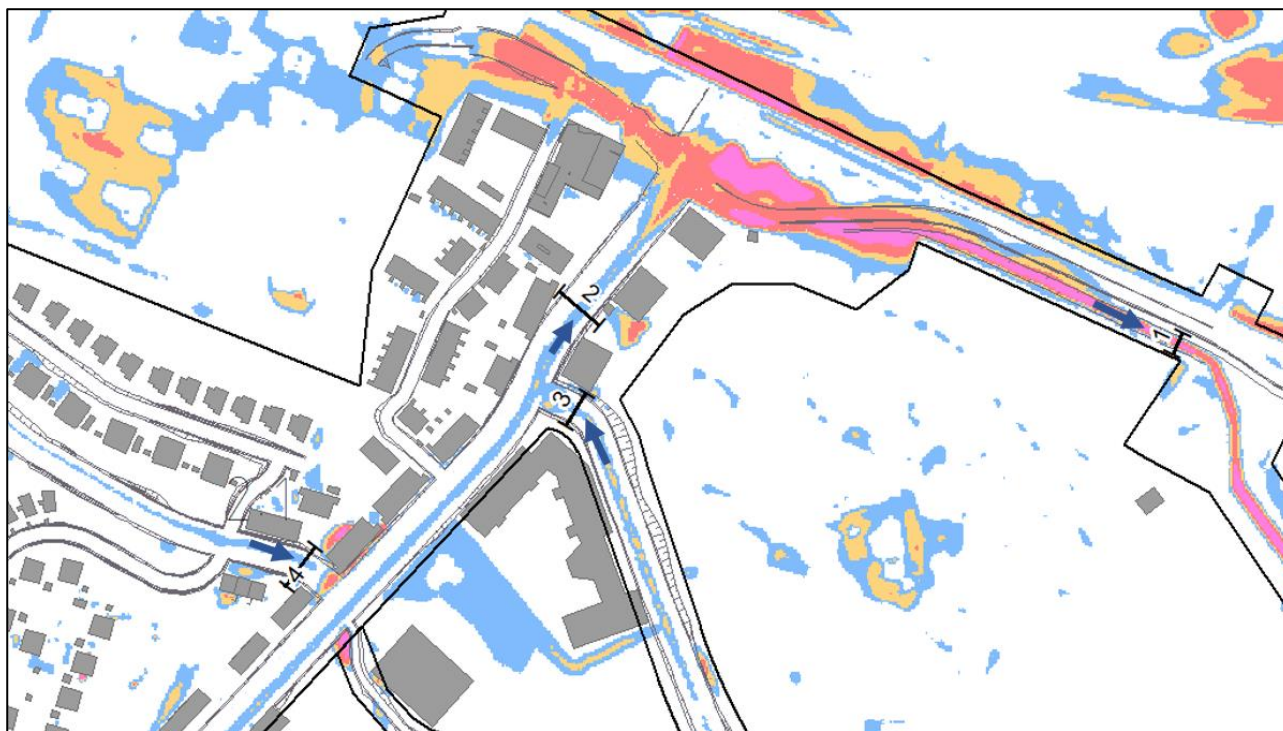


Figur 17 BEDÖMD FARA metod enligt DEFRA 2006

Beräknade maximala flöden har tagits fram för 4 sektioner, dessa presenteras i Tabell 6 och placering visas i Figur 18.

Tabell 6 Beräknade maximala flöden i fyra utvalda nyckelsektioner, se Figur 18.

Sektion	Beräknat maximalt flöde [m ³ /s]	Placering
1	4,6	Utgående dike via vilket översvämningen i centrumområdet avleds
2	3,8	Flöde utmed huvudgata
3	1,2	Flöde utmed en anslutande gata från öster
4	1,0	Flöde utmed en anslutande gata från väster



Figur 18 placering av sektioner där maximalt beräknats.

5 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

5.1 GUNSTA ETAPP 2.1

Södra Gunsta är kuperat och stora delar av framtida exploateringsområde kommer att avrinna ner mot den nya centrumbbyggnaden via huvudgatan i samband med ett skyfall och detta behöver kommun, räddningstjänst, verksamheter och boende vara förberedda på.

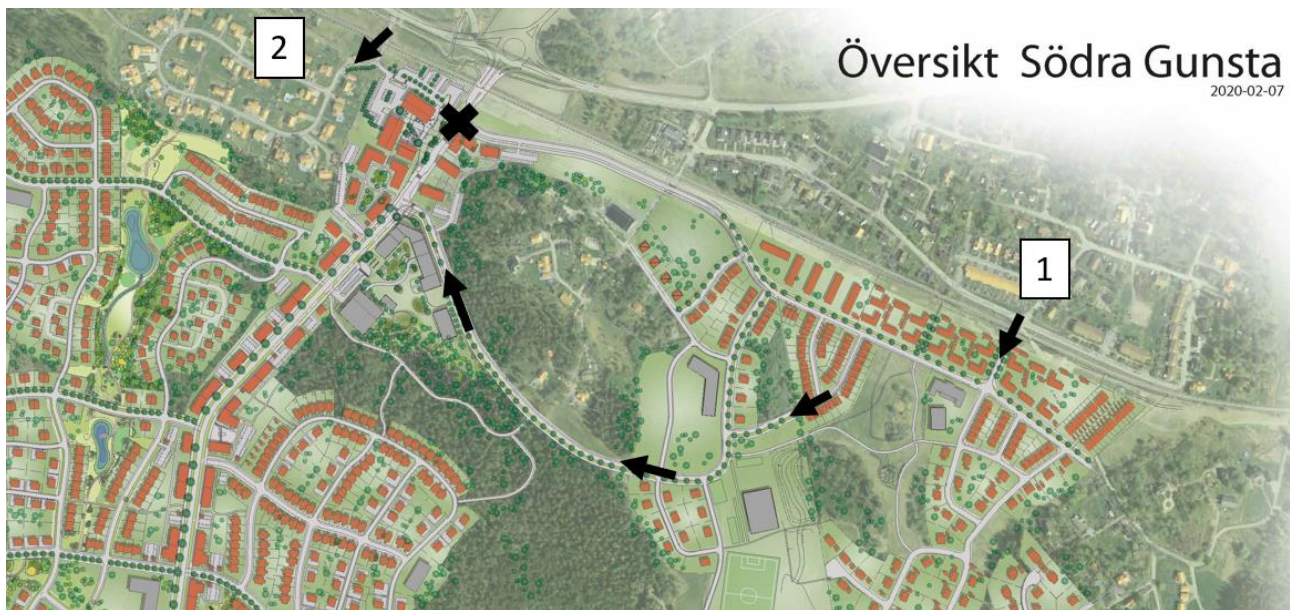
Huvudgatan fungerar som skyfallsled. Stora flöden rinner utmed huvudgatan och anslutande lokalgator mot centrum. För huvudgatan är det maximala flödet vid ett framtid hundraårsregn i storleksordningen beräknat till 3,8 m³/s och maximal flödeshastighet på upp till 3 m/s. I centrum planar marken ut och flödeshastigheten bromsas till följd av stående vattenmassor.

Den största marköversvämningen kan ses i på gatan som knyter Bärby äng till huvudgatan och i korsningen mellan dessa. Området är flack och instängt, och ytligt avledning sker först efter att vattnet dämmer till en nivå av ca +17,2.

I anslutning till korsningen har marknivåerna anpassats för att skapa utrymme för en översvämningsyta som magasineras en del av vattnet. Dammen fungerar som ett skydd mot översvämning av centrumbbyggnaden. När denna är fylld översvämmas centrumområdet. Volymen är på ca 275 m³. Detta kan jämföras med den högsta översvämningsvolymen i centrum som då är över 6000 m³. Åtgärden är viktig, men till begränsad hjälp vid ett framtida 100-årsregn.

Högsta beräknade vattennivå i centrumbbyggnaden är +17,8, det innebär ett vattendjup på delar av vägen på över 0,5 m vilket kan göra vägen i princip oframkomlig även för större utryckningsfordon. I händelse av att den lågt liggande korsningen (se (x) i Figur 19) blir ofarbar, kan räddningstjänsten ta vägen via Lötvägens korsning med järnvägen (se (1) i Figur 19) eller vägen Bärby ängs korsning med järnvägen (se (2) i Figur 19).

Utmed nya Hjulaxelvägen södra sida planeras ett dike som har till uppgift att avleda vattenmassorna från centrum. Dikessektion är ca 3,4 m², och dikets lutning endast ca 3 promille. Maximalt beräknade flöde i detta dike är 4,6 m³/s vid modellerat 100-årsregn.



Figur 19 Alternativa vägar för räddningstjänsten i händelse av att korsningen i Södra Gunsta centrum (x) blir ofarbar. (1.) Via Lötvägens korsning med järnvägen. (2.) Via vägen Bärby ängs korsning med järnvägen.

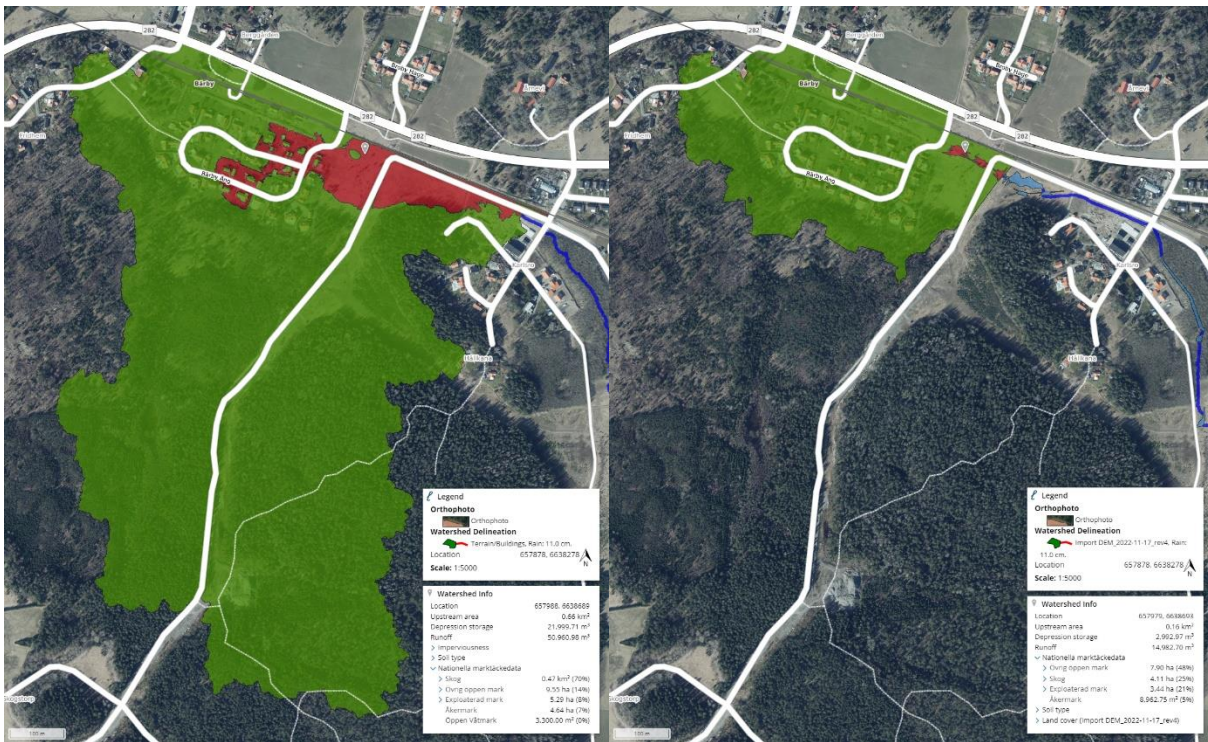
5.2 GUNSTA ETAPP 2.2

I Gunsta etapp 2.2 ansamlas vatten på flera av lokalgatorna med vattendjup på upp till 0,6 m. Detta till följd av att de förprojekterade gatorna inte har projekterats med ytliga rinnvägar. Genom att skapa utrymme mellan fastigheterna där marknivåerna anpassas så att ytliga rinnvägar bildas kan dessa översvämningar hanteras. Ett annat alternativ är att bygga upp och fylla ut fastigheter och gatumark så att lågpunkterna elimineras. Med medveten höjdsättning kan risken för översvämningar i etapp 2.2 hanteras.

5.3 BÄRBY ÄNG

Analysen på förbättrade fortsättningar för Bärby äng ur ett skyfallsperspektiv. Området Bärby äng har redan idag problem med återkommande översvämningar till följd av att det är ett instängt område utan möjlighet att avleda dagvatten ytledes. Detta innebär att ett skyfall idag skulle förväntas ge en kraftig översvämning i området. I samband med exploatering av Gunsta Etapp 2.1 förändras marknivåer vilket i sin tur minskar utbredningen av området i Bärby äng som ligger instängt.

Idag mynnar en ravin i södra kanten av Bärby äng. Bäckens i denna ravin kan generera stora mängder vatten i samband med ett skyfall. I samband med exploateringen av Gunsta etapp 2.1, förändras marknivåerna på så sätt att en väg anläggs som avskärma och leder om den ytliga avrinningen. I stället för att som idag ledas mot Bärby äng, kommer ytlig avrinning ske mot den planerade huvudgatan och ledas förbi öster om befintlig bebyggelse. Avrinningsområdet uppströms om Bärby ängs instängda område minskar med 50 ha i och med utbygganden av Södra Gunsta etapp 2 (Figur 20)



Figur 20 Till vänster: Befintligt avrinningsområde. Till höger: Avrinningsområde efter exploatering av Södra Gunsta etapp 2. (Scalco Live)



Figur 21 Utbredning av instängt område markerat med grönt. Till vänster visas befintlig situation och till höger är framtida. (Scalco Live)

Bärby äng ligger i ett instängt område. Att ett område ligger instängt innebär att det ligger i en svacka i terrängen utan möjlighet för vatten att avrinna ytlede. Det instängda områdets utbredningen kommer att minska tack vare att nya marknivåer i centrumbebyggelsen planeras vara lägre än idag och att ett nytt dike anläggs som leder österut. I Figur 21 kan en jämförelse göras mellan befintlig och framtida situation, instängda områden är markerade med grönt.

Vid kraftiga flöden, som till exempel i samband med beräknat framtida 100-årsregn, då utgående dikets kapacitet överskrids, riskerar dagvatten att dämma i östra delen av Bärby äng vilket syns beräkningsresultatet.

Översvämningen som kan ses i beräkningsresultatet i södra delen av Bärby äng är ett resultat av detta område även fortsättningsvis kommer att ligga instängt och alltså inte har möjlighet att avleda dagvatten på annat sätt än via pumpning.

6 BEGRÄNSNINGAR OCH VIDARE ARBETE

Som tidigare nämnts i detta PM förekommer begränsningar i modellen. En modell är en förenklad bild av verkligheten vilket därmed alltid medför antaganden och begränsningar. Det är därför viktigt att vara medveten om vilka begränsningar som finns och i vilka avseenden vidare arbete kan utveckla en modell.

6.1 BEGRÄNSNINGAR

Nedan är en kortfattad lista över begränsningarna i modellen, dessa är tidigare beskrivna i avsnitt 3. *Metod och förutsättningar*

- Grova antaganden vad gäller marknivåer i uppströms områden i etapp 3 och 4.
- Antagande som rör järnvägstrummor där underlag saknats och bygger observationer i fält. Dessa trummor ansluter tekniska avrinningsområden från järnvägens norra sida.
- Marknivåer på skolfastigheten
- Marknivåer i anslutningar mellan projekterade vägar
- Den gamla höjdmodellen stämmer inte riktigt ny placering av vägar och hus i etapp 2. I den har även antaganden gjorts för marknivåer på kvartersmark väg då uppgifter saknas.
- Marknivåerna på Ärnevi 3:10 har justerats manuellt för att bättre återge dagens situation än. Detta på grund av att byggarbeten utförts sedan markmodell skapades från underlag 2020.
- Markanvändningen stämmer i inte alltid med höjdmodellen till följd av att ingångsdata har olika datum och att områdets planerade utformning har förändrats över tid. Detta syns tydligast för placering av byggnader. Bedömningen är att det inte är av betydande vikt vad gäller skyfallsanalysen i centrumområdet, utan främst påverkar modellens stabilitet och beräkningstid.
- Antaganden för markinfiltrationen kan ha ganska stor betydelse för hur mycket vatten som i modellen försvinner ner i marken och vad som avrinner och bidrar till flöden och beräknad översvämning.

6.2 VIDARE ARBETE

Då mycket av framtida marknivåer, markanvändning och placering av hus bygger på antaganden är det lämpligt att uppdatera och anpassa modellen i samband med att även etapp 2.2 planeras. Nuvarande beräkningsresultat visar problemområden i etappen som går att åtgärda med genomtänkt höjdsättning. Det samma gäller framtida etapper 3, 4 och 5, här är antagandena grova och i princip hela dagvattenvolymer i ett framtida 10-årsregn "fastnar" i den framtida parken och i viss mån på lokalgatorna. Här kommer att krävas en medveten höjdsättning som säkrar möjligheten att hantera ett skyfall utan att det avledning mot centrumbebyggelsen i Gunsta etapp 2.1.

Analyser bör också göras för konsekvenserna vid större skyfall än ett framtida 100-årsregn. Sannolikheten för att ett 100-årsregn ska inträffa någon gång under 100 år är 63%. Sannolikheten för att ett 1000-årsregn ska inträffa någon gång på 100 år är 10 %. Flera av de skyfall som drabbat Sverige de senaste åren har överstigit 100-årsregn. Det hittills kraftigaste är skyfallet över Gävle 2021 där det kom över 160 mm på ett dygn, varar 101 mm regn kom på två timmar.

Denna skyfallsanalys undersöker inte konsekvenserna i området öster om etapp 2 och nedströms eftersom så väl projekterade som befintlig (och inmätt) marknivåer med öppna dammar och diken saknas. Att uppdatera framtida modell med detta är viktigt för att utreda förutsättningarna att exploatera detta område i etapp 3.

I anslutning till centrumbebyggelsen i etapp 2 finns det en snart färdigbyggd trafikplats, vid framtida uppdatering av skyfallsmodellen kan det vara lämpligt att uppdatera modellen med hänsyn till detta. Planerade marknivåer bedöms inte påverka avrinningsområdet mot centrum utan vattendelaren mot norr kommer att vara kvar och där med förväntas det inte ha nämnvärd betydelse för nuvarande beräkningsresultat.

7 REFERENCER

- Boverket. (2018). *Tillsynsvägledning avseende översvämningsrisker, Rapport 2018:8*.
- Dahlström, B. (2010). *Regnintensitet – en molnfysiologisk betraktelse*. Svenskt Vatten.
- Google Earth. (den 23 01 2023). *Google Earth*.
- Kretslopp och vatten. (2021). *Modelldokumentation av Strukturplansmodeller - Dokumentation av Skyfallsmodeller uppsatta 2020*. Göteborgs stad.
- Länsstyrelsen Uppsala län. (2022). *Klimat- och sårbarhetsanalys för Uppsala län*. Länsstyrelsen Uppsala län.
- MSB. (2017). *Vägledning för skyfallskartering - Tips för genomförande och exempel på användning*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).
- Sveriges geologiska undersökning (SGU). (2022). *Jordarter 1:25000 - 1:100000*. Hämtat från SGUs kartvisare: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html>
- Uppsala kommun. (den 06 12 2022). *Södra Gunsta, etapp 2*. Hämtat från uppsala.se: <https://www.uppsala.se/bygga-och-bo/samhallsbyggnad-och-planering/detaljplaner-program-och-omradesbestammelser/hitta-detaljplaner-och-omradesbestammelser/2016/sodra-gunsta-etapp-2/>
- WSP. (2021). *Gunsta - Skyfall analys i Scalgo*.

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 55 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Vi planerar, projekterar, designar och projektleder olika uppdrag inom transport och infrastruktur, fastigheter och byggnader, hållbarhet och miljö, energi och industri samt urban utveckling. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP Sverige AB
Box 13033
402 51 Göteborg
Besök: Ullevigatan 19

T: +46 10-722 50 00
Org nr: 556057-4880
wsp.com

