

Rogaland skyfallskartering

Uppdragsnr: 107 42 84 Version: 1 Datum: 2022-03-25



Uppdragsgivare: Stockholms Stad Exploateringskontoret Miljö & teknik
Uppdragsgivarens kontaktperson: Helena Sundin
Konsult: Norconsult AB, Hantverkaregatan 5K, 112 21 Stockholm
Uppdragsledare: Marta Juhlén
Teknikansvarig/handläggare: Martin Rosén
Biträdande handläggare: Lina Skilberg

1	2022-03-25	Sluthandling	L.S, M.S	A.A	M.J
0.1	2022-02-26	Granskningshandling	L.S. M.R	A.A	M.J.
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult. Beställaren har, om inte annat avtalats, endast rätt att använda och kopiera redovisat uppdragsresultat för uppdragets avsedda ändamål.

► Sammanfattning

I samband med framtagandet av detaljplan för Rogaland, del av Akalla 4:1, i Husby har det uppdragats att det finns översvämningsrisk vid extrema regn till följd av befintlig lågpunkt inom planområdet. På förekommen anledning har Norconsult fått i uppdrag av Exploateringskontoret Stockholms stad att ta fram en skyfallsutredning för att utreda skyfallssituationen i området och möjlig exploatering ur ett skyfallsperspektiv. Planområdet är beläget i Husby ca 12 km nordväst från centrala Stockholm.

Skyfallsmodellen har byggts upp med ett avrinningsområdesperspektiv i programvaran MIKE21, detta utifrån rekommendationer av MSB, Svenskt Vatten och Stockholms stad. För att modellera befintlig skyfallssituation har en laserscannad höjdmodell med upplösningen 1x1 m använts. Till modellen används ett konstruerat regntillfälle som motsvarar ett 100-årsregn med en timmes varaktighet, där förväntade förändringar i framtida klimat har tagits i beaktan genom att regnvolymen har multiplicerats med en klimatkoefficient på 1,25. För föreslagna exploatering har två olika strukturförslag undersökts. I det första strukturförslaget testades placering av tillkommande byggnader översiktligt tillsammans med befintlig höjdsättning för att undersöka hur planen påverkar skyfallssituationen. I det andra strukturförslaget simulerades satt struktur tillsammans med skyfallslösningar som utformades utifrån resultat ifrån tidigare simuleringar.

Resultatet visar att identifierat lågområde i planområdets norra delar översvämmas vid studerat 100-årsregn och får ett maximalt vattendjup upp emot 1 m. Inom planområdet avrinner vatten från ovanliggande slänt, från väst till öst, för att slutligen hamna i lågområdet eller på Hanstavägen där det också återfinns en stor flödesväg. I de södra delarna av planområdet rinner vattnet främst längs med gång- och cykelbanan mot en lågpunkt som ligger längst söderut i planområdet.

I och med den föreslagna utformningen av planområdet innebär det att Kvarter A och B placeras i befintligt lågområde. Som lösning har två skyfallszoner utformats för att kunna omhänderta vattnet. Utformningen på kvartersmark var inte fastställd under arbetet men det har antagits att alla innergårdar lutar bort mot fasad så att vattnet kan avrinna mot Hanstavägen. Det har också antagits att innergårdar kan omhänderta dagvatten enligt åtgärdsnivån om 20 mm genom fördröjning och/eller avledning till ledningsnätet. Resultatet visar att vatten mot fasad kan med goda möjligheter undvikas genom ovan föreslagna höjdsättning för kvartersmark och med föreslagna skyfallslösningar. Föreslagna exploatering förvärrar inte heller situationen för befintliga byggnader, med undantag för befintlig byggnad i planområdet södra del. Där blir det ett ökat vattenflöde längs med gång- och cykelbanan vilket bidrar till att maximala vattendjupet ökar med ca 0,1 m mot fasad jämfört med befintlig situation. För att förhindra att maximala vattendjupet ökar vid fasad föreslås att gång- och cykelbanan breddas för att öka flödeskapaciteten. Vattnet avrinner fortsatt mot den befintliga lågpunkt som ligger i söder. Resultatet visar att exploateringen inte påverkar vattennivån i lågpunkten.

Den fortsatta utformningen av allmän platsmark och kvartersmark är viktig för att säkerställa att vattnet kan avrinna mot föreslagna skyfallslösningar.

Ansvarsfrågan gällande skötsel av åtgärderna för skyfall och dagvattenhantering behöver klargöras tillsammans med SVOA.

Innehållsförteckning

1	Inledning	6
1.1	Befintlig situation	7
1.2	Föreslagen exploatering	8
1.3	Underlag	9
2	Områdesförutsättningar	10
2.1	Marknivåer	10
2.2	Geoteknik	11
2.3	Förorenade områden	12
2.4	Resultat från Stockholms stads skyfallskartering (2018)	13
2.5	Befintligt dagvattenledningsnät	14
3	Myndigheters rekommendationer och bestämmelser gällande skyfallshantering	16
3.1	Planering av ny bebyggelse	16
3.1.1	<i>Olika lagars rådighet</i>	17
3.1.2	<i>Skyfall och vikten av samverkan</i>	17
3.2	Skyfall och klimatförändringar	18
4	Skyfallsteori	19
4.1	Definitioner av skyfall	19
4.2	Återkomsttid	19
4.3	Skyfall och dagvatten	20
4.3.1	<i>Skyfall och ledningsnätets kapacitet</i>	20
5	Skyfallsmodell	21
5.1	Beräkningsförutsättningar	21
5.2	Modellområde	22
5.3	Modellerade scenarier	22
5.4	Terrängmodell	23
5.4.1	<i>Befintliga förhållanden</i>	23
5.4.2	<i>Föreslagen utformning</i>	24
5.5	Utformning av skyfallsåtgärder	24
5.6	Nederbörd	30
5.7	Markens råhet	31
5.8	Infiltration	31
5.9	Osäkerheter i skyfallsmodellen	32
6	Resultat	33
6.1	Befintligt förhållanden	33
6.1.1	<i>Maximala flödesvägar till området</i>	34
6.1.2	<i>Maximala vattendjup för befintliga förhållanden</i>	35

6.1.3	Stående vattenvolymer från skyfallsmodelleringen, efter 1 timme regn och ytterligare 5 timmar rinntid	36
6.2	Framtida förhållanden med strukturförslag 2	37
6.2.1	Flödesvägar för framtida förhållanden	37
6.2.2	Maximala vattendjup för framtida förhållanden	38
6.2.3	Stående vattenvolymer för framtida förhållanden, efter 1 timme regn och ytterligare 5 timmar rinntid	41
6.2.4	Möjliga konsekvenser för framkomlighet och fara för liv	42
6.2.5	Skötsel av skyfallsåtgärder	42
7	Skyfallsåtgärder vid mindre regn	43
8	Slutsatser och rekommendationer	46
9	Referenser	47

Bilaga 1A Befintligt maximalt flöde

Bilaga 1B Befintligt maximalt vattendjup

Bilaga 1C Befintligt djup vid slut av regn

Bilaga 2A Strukturförslag 1 - maximalt flöde

Bilaga 2B Strukturförslag 1 - maximalt vattendjup

Bilaga 2C Strukturförslag 1 - djup vid slut av regn

Bilaga 3A Strukturförslag 2 - maximalt flöde

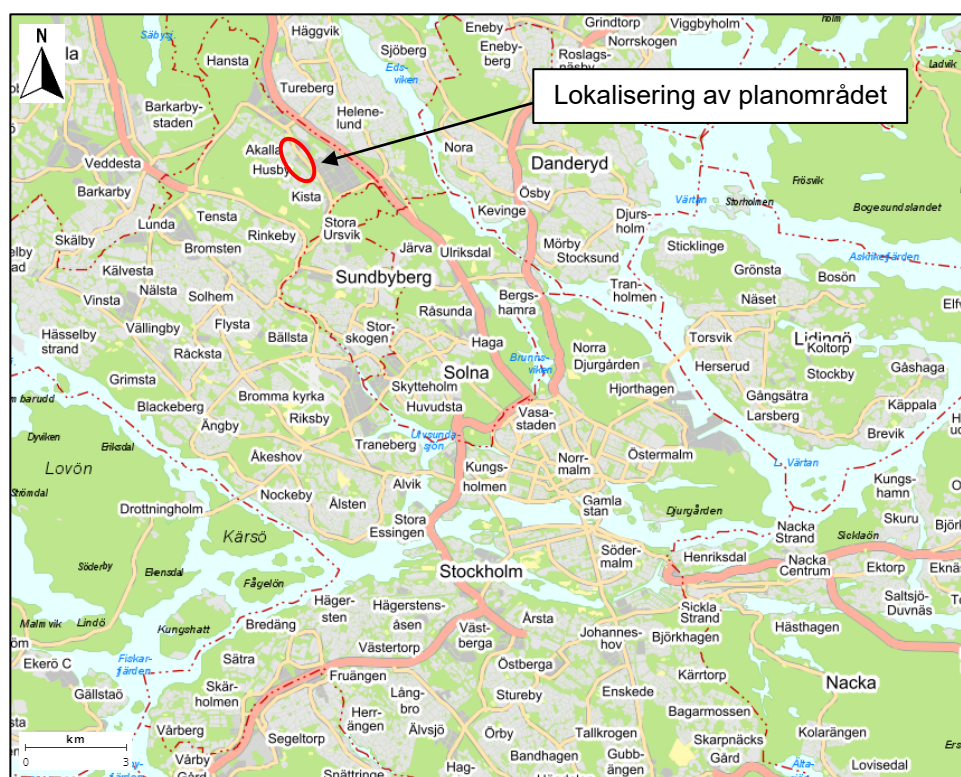
Bilaga 3B Strukturförslag 2 - maximalt vattendjup

Bilaga 3C Strukturförslag 2 - djup vid slut av regn

Bilaga 3D Strukturförslag 2 – skillnad i vattendjup

1 Inledning

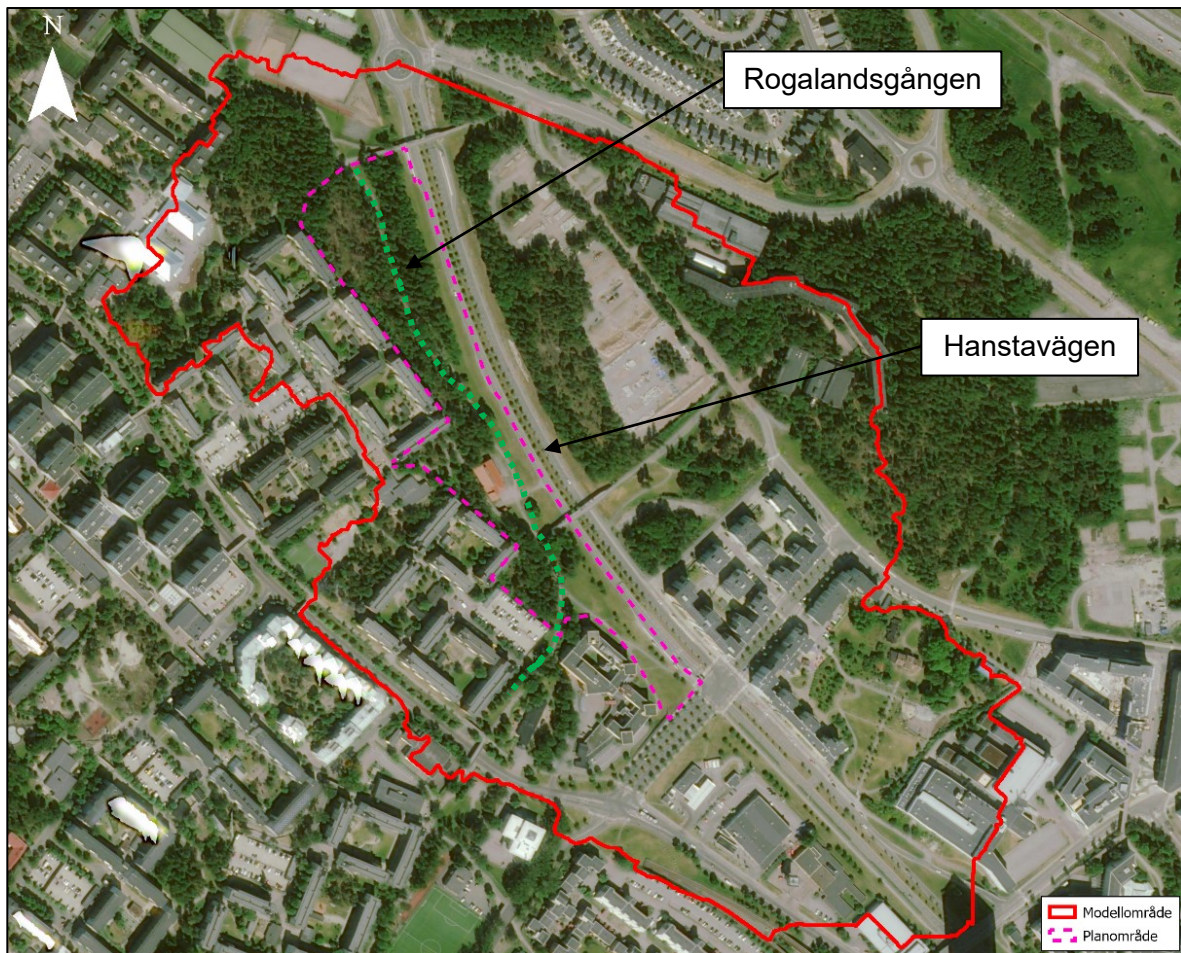
I planområdet Rogaland, del av Akalla 4:1, i Husby har det i samband med detaljplanearbetet uppdragats att det finns översvämningsrisk vid extrema regn. På förekommen anledning har Norconsult fått i uppdrag av Exploateringskontoret Stockholms stad att ta fram en skyfallsutredning. Planområdet som är ca 4,4 ha stort är beläget i Husby ca 12 km från centrala Stockholm, se Figur 1:1. Syftet med utredningens inledande delar var att utreda befintlig skyfallssituation, lågpunkter och avrinningsvägar för att ligga till grund för arbetet med strukturen inom planområdet. Därefter utreddes möjliga skyfallslösningar och eventuella konsekvenser som planen har på intilliggande mark.



Figur 1:1. Karta över Stockholm tillsammans med planområdets ungefärliga placering (Stockholms Stad, 2021).

1.1 Befintlig situation

I dagsläget består planområdet till största del av grönytor och skog, se Figur 1:2. Inom planområdet finns även gångvägar samt en byggnad. Rakt igenom planområdet går också en gång- och cykelväg kallad Rogalandsgången.



Figur 1:2. Befintlig markanvändning. Planområdet (markerat i rosa) består till största del av skog, öppna gräsytor samt en gång- och cykelbana (Rogalandsgången markerat i grönt) samt byggnad. Resterande del av modellområdet (markerat i rött) har fler byggnader och hårdgjorda ytor. Rakt igenom modellområdet går Hanstavägen.

Modellområdet för den hydrauliska modellen har tagits fram med avrinningsanalys i GIS, vilket står beskrivet i avsnitt 5.2. I Figur 1:2 redovisas modellområdet samt planområde som består till viss del av skog och öppna ytor men har desto fler byggnader, parkeringar och övriga hårdgjorda ytor. Rakt igenom modellområdet går Hanstavägen. På motsatt sida av planområdet, österut, pågår arbete med planen för Odde 1 m.fl. men skyfallsutredningen för Finlandsgatan visar att vatten från denna plan ej riskerar att påverka Rogaland varför denna ej arbetats in i skyfallsmodellen (Tyréns AB, 2020).

I avsnitt 2.1 redovisas marknivåer inom modellområdet.

1.2 Föreslagen exploatering

Framtida exploatering innebär att sex nya kvarter med bostäder samt en förskola ska anläggas med tillhörande gårdsytor. I Figur 1:3 redovisas den framtida gestaltningen för Rogaland, de rödmarkerade områdena motsvarar de ytor som i framtiden kommer bestå av kvartersmark. Gestaltningen har under projektets gång ändras något då tidigare kvarter centrerat i mitten av planområdet har ersatts med parkmark (tidigare kvarter D).

På allmän plats planeras en gång- och cykelväg att anläggas längs Hanstavägen. Även Rogalandsgången kommer ändra utformning då den kommer placeras annorlunda för att ge plats åt de nya kvarteren och ha en annorlunda höjsättning för att kunna avleda vatten till skyfallsytorna. Övriga ytor inom allmän platsmark kommer bestå av parkmark med gångvägar, där delar av parkytorna ska kunna omhänderta dagvatten vid ett skyfall. Natur- och skogsmark väster om Rogalandsgången bevaras.



Figur 1:3. En skiss över planområdets framtida gestaltning. De rödmarkerade områdena redovisar framtida kvartersmark med byggnader. Resterande områden kommer vara allmän platsmark (Urbio, 2021).

1.3 Underlag

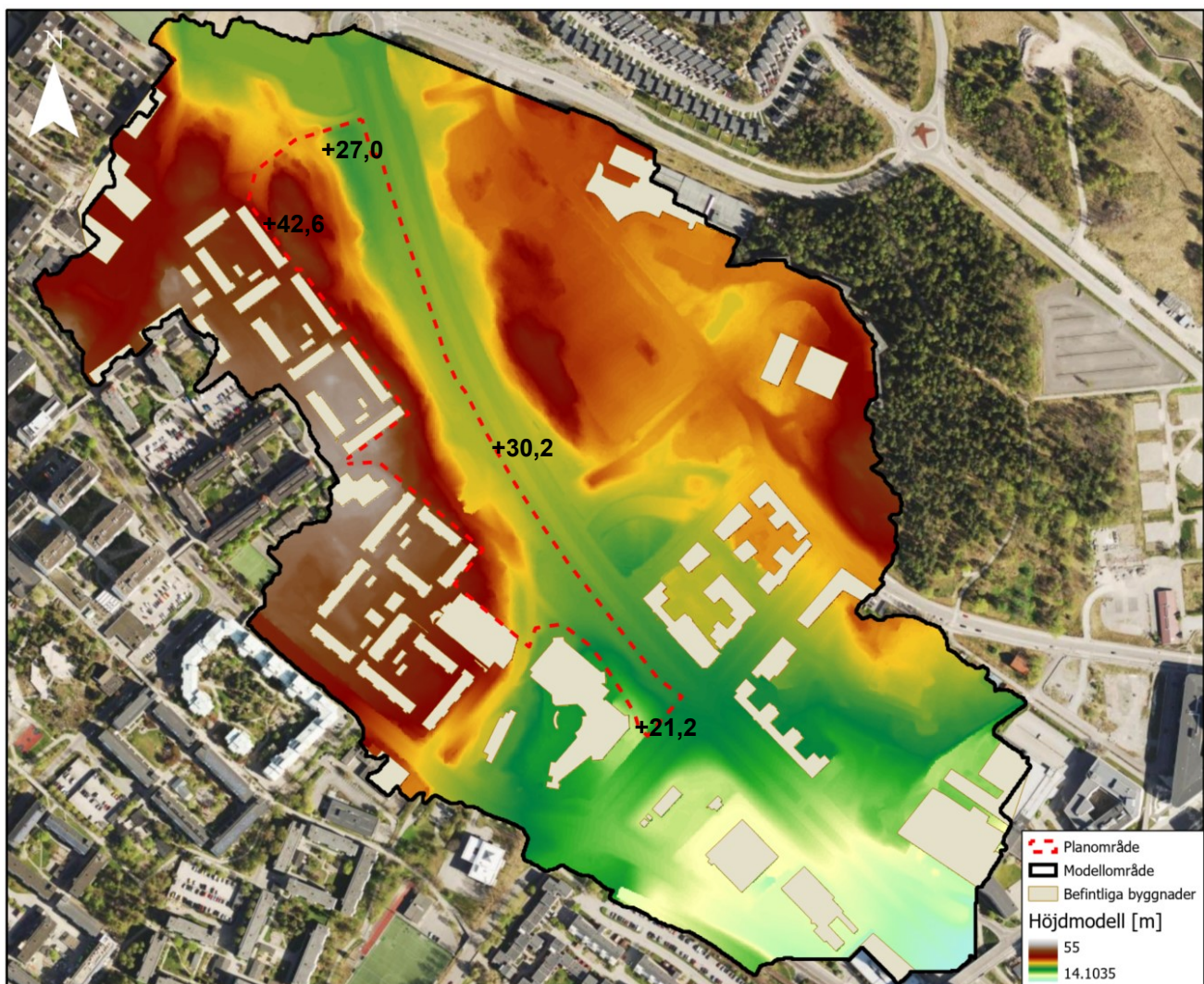
Följande underlag har erhållits ifrån Stockholm stad (om inte annat anges) och använts i projektet:

- Laserscannat höjddata, i las, erhållen 2021-04-22
- Baskarta, i dwg, erhållen 2021-04-28
- Skisser strukturförslag 1, i dwg, erhållen 2021-05-27
- Skisser strukturförslag 2, i dwg, erhållen 2021-11-09
- Utformning Rogalandsgången och skyfallsytor, i dwg, Urbio, erhållen 2021-12-14
- Skisser/gestaltning av skyfallsytor, i png, Urbio, erhållen 2022-03-21
- Programhandling Kv. Rogaland, i pdf, Urbio, Mars 2022
- Höjdsättning gång- och cykelbana Hanstavägen, i tif, Tyréns, erhållen 2022-01-14

2 Områdesförutsättningar

2.1 Marknivåer

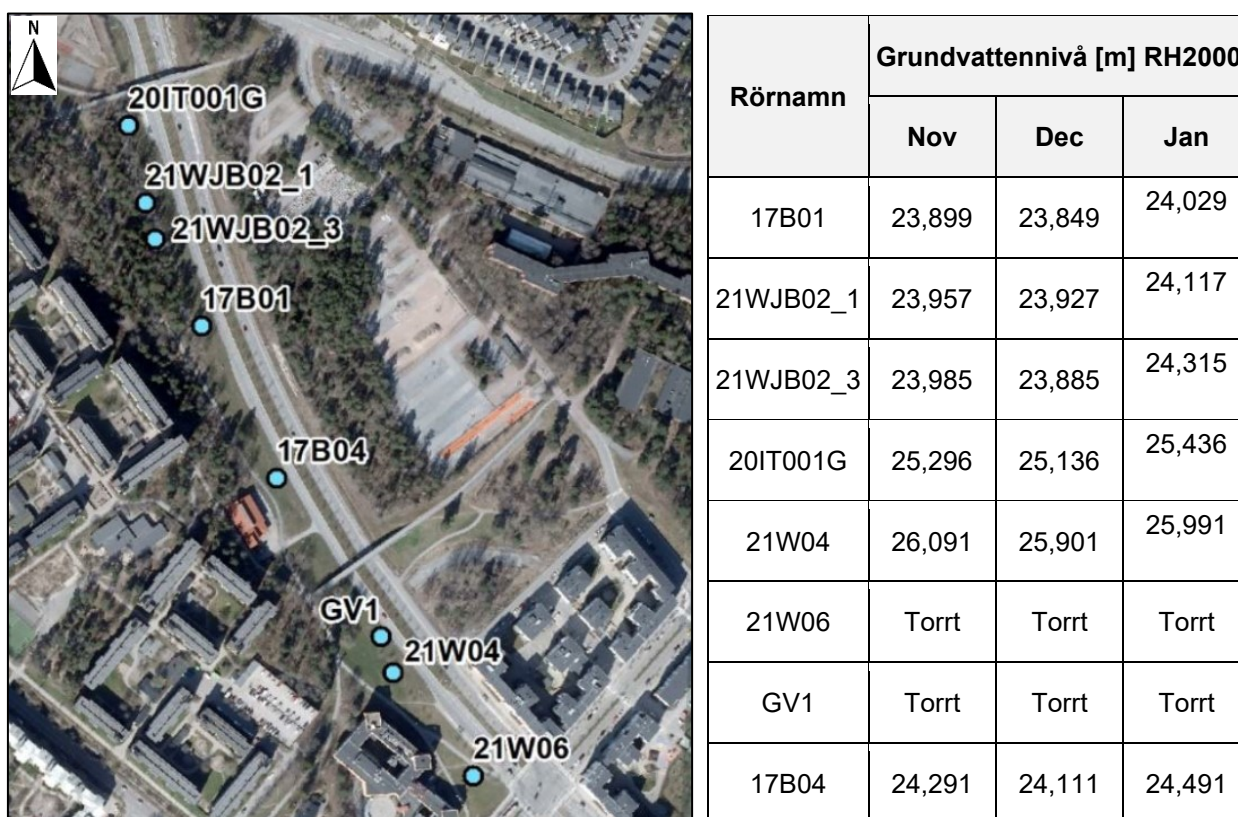
Markhöjder från bearbetad laserscanning för modellområdet till Rogaland redovisas i Figur 2:1. Genom området går Hanstavägen som är ett tydligt lågstråk dit planområdet lutar mot. Planområdets västra delar består av en höjd. Lägsta punkterna i planområdet är i de norra och sydligaste delarna.



Figur 2:1. Markhöjder från bearbetad laserscanning för modellområdet till Rogaland. Hanstavägen är ett tydligt lågstråk genom området.

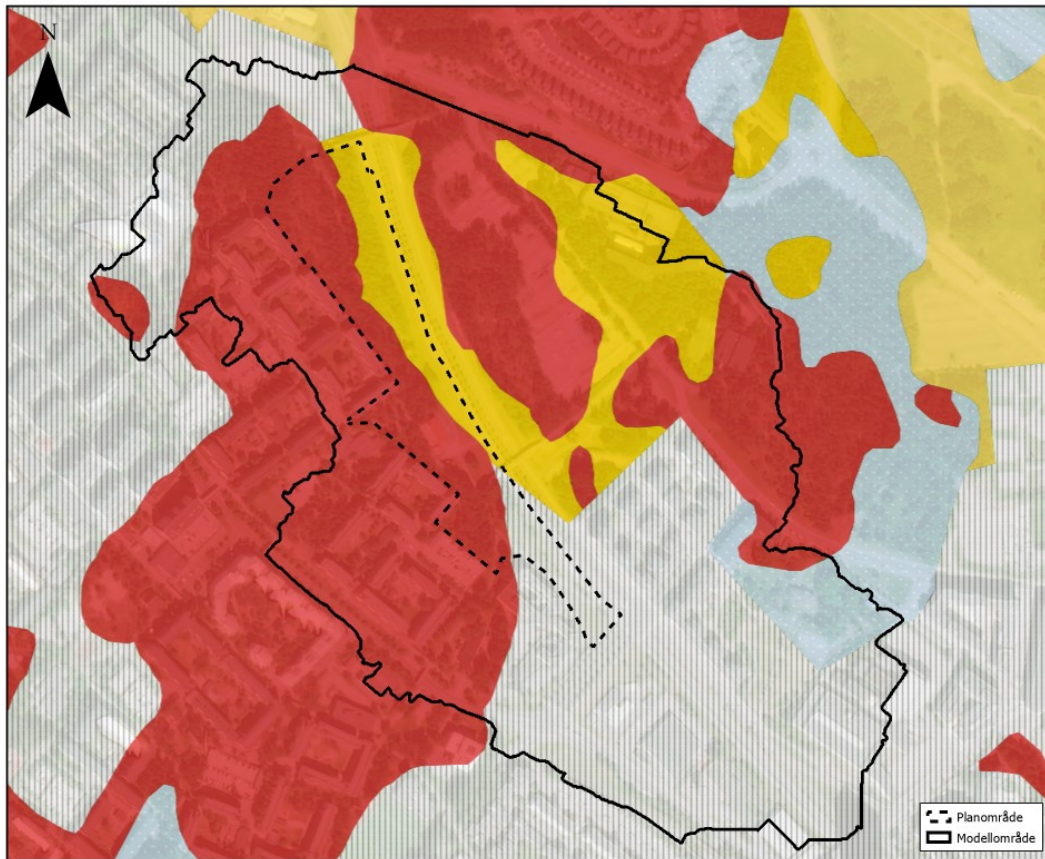
2.2 Geoteknik

I november 2021 utförde WSP provtagning inom planområdet med syfte att utreda förekomst av eventuella föroreningar i jord och vatten. Det skedde och inmätning av befintliga grundvattennivåer mellan november 2021 och januari 2022. Nya grundvattenrör installerades på tre ställen. Totalt mättes grundvattennivån på åtta ställen då det fanns befintliga grundvattenrör på området. I Figur 2:2 redovisas provtagningsplatser och uppmätta nivåer. Generellt ligger grundvattennivån mellan ca 2-6 m under marknivån, djupast för provpunkterna 17B01 och 17B04 och grundast för provpunkt 21W04 och 20IT001G (WSP, 2022). Nivåerna måste emellertid mätas in under en längre tid då de varierar under de olika årstiderna.



Figur 2:2. Grundvattenrör som har provtagits under perioden november 2021 till januari 2022. Uppmätta grundvattennivåer redovisas i tabellen till höger.

Enligt SGU:s jordartskarta består de lägre belägna delarna i terrängen inom planområdet av glacial lera och fyllning och de högre belägna områdena består delarna av urberg, se Figur 2:3. Inom modellområdet finns även inslag av morän. Infiltrationskapaciteten inom planområdet bedöms på de flesta ställen som låg.



Figur 2:3. Jordartskarta över modellområde. Området består främst av urberg (rött), glacial lera (gult), fyllning (randigt, vitt) samt ett mindre område med sandig morän (prickigt, ljusblå).

2.3 Förorenade områden

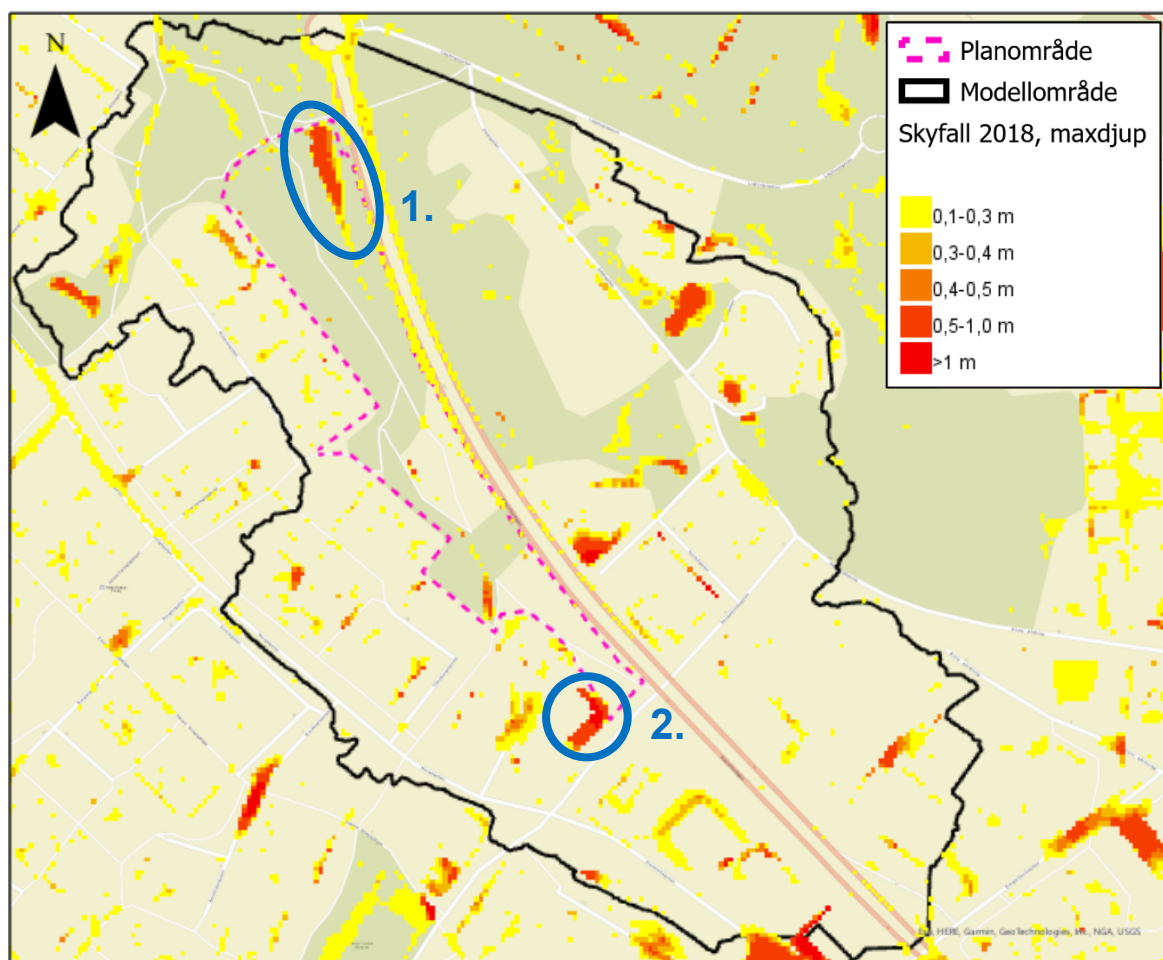
Enligt WSP:s markundersökning så förekommer generellt inga förhöjda halter av undersökta föroreningarna (metaller, organiska ämnen, PFAS etc.) i varken jord eller grundvatten. Samtliga uppmätta halter underskrider Naturvårdsverkets generella riktvärden för känslig markanvändning. Fler provtagningar av grundvattnet krävs dock för att verifiera eller avfärda uppmätta halter. I en provpunkt överskred dock halten krom MRR (Mindre än ringa risk) (WSP, 2022).

Det finns inga uppgifter om att det skulle finnas några potentiellt förorenade områden inom planområdet enligt Länsstyrelsens EBH-karta (2021).

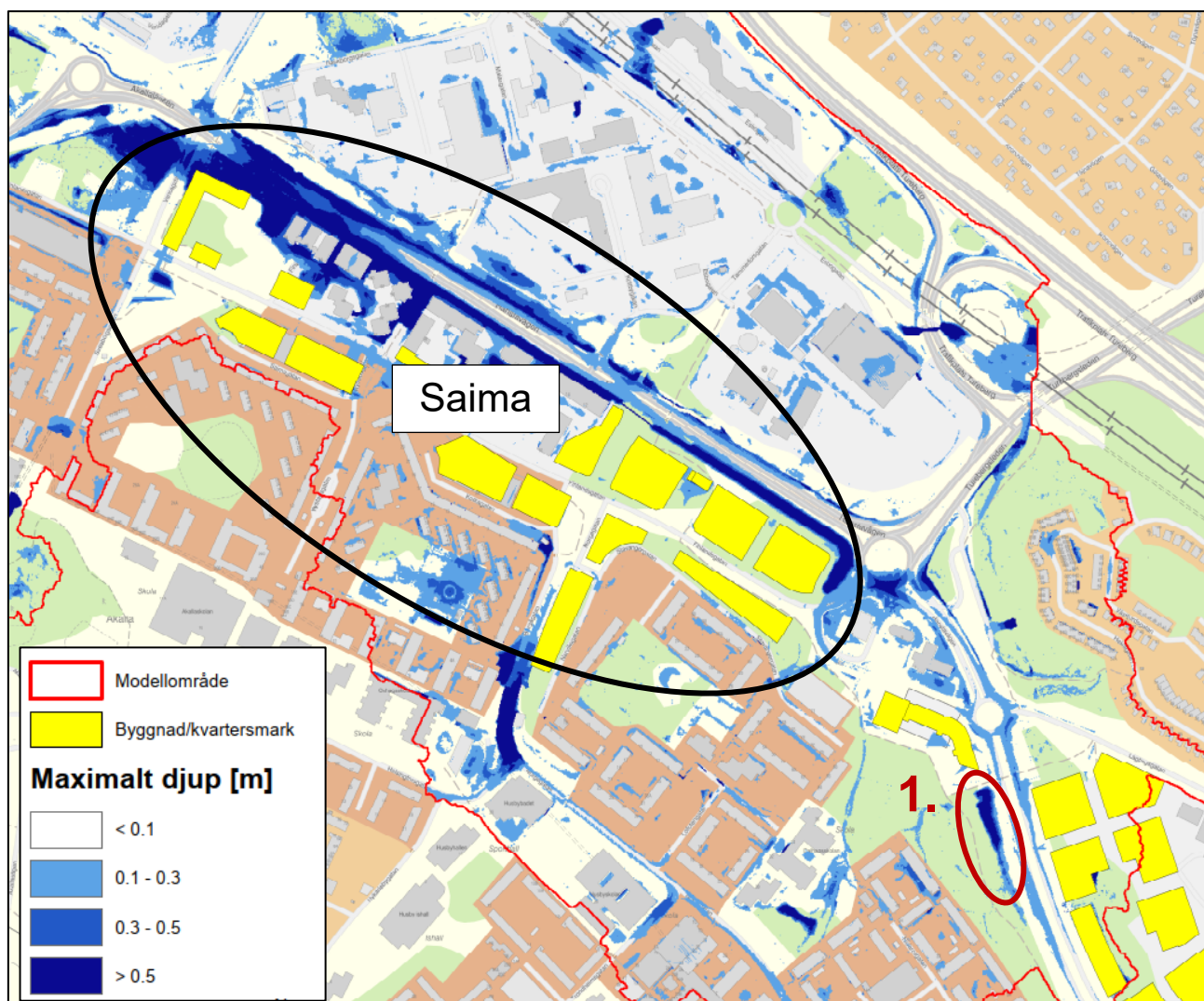
2.4 Resultat från Stockholms stads skyfallskartering (2018)

Stockholms stads skyfallskartering visar att det finns ett instängt lågområde i norra delen av planområdet där vatten ansamlas vid ett klimatanpassat 100-årsregn, se nr 1 i Figur 2:4. Djupet i lågpunkten är upp till 1 m vilket bekräftas av skyfallskarteringen för området Saima vilket är beläget nordväst om Rogaland, se Figur 2:5 (Tyréns AB, 2020). Placering av Kvarter A och B är i anslutning till den lågpunkt varvid det vore olämpligt att bygga inom området utan att omhänderta den volym vatten som ansamlas i lågpunkten vid ett 100-årsregn. Detta för att inte öka det vattenflöde som rinner ut på Hanstavägen och på så sätt inte påverka befintliga byggnader.

Vid de södra delarna finns likaså en lågpunkt med vattendjup över en meter, se nr 2 i Figur 2:4. Denna lågpunkt ligger utanför planområdet men det är ändå viktigt att inte förvärra översvämningssituationen för befintlig byggnad vid lågområdet.



Figur 2:4. Vattendjup karta från Stockholms stads skyfallskartering (2018). Det går att identifiera två betydande lågpunkter i eller i anslutning till planområdet (1. och 2.).



Figur 2:5. Resultat från skyfallskartering för området Saima som är markerat i svart (Tyréns AB, 2020). Saima är beläget nordost om Rogaland och lågpunkt 1 i Figur 2:4 finns i modellområdets sydöstra delar (se nr 1.).

2.5 Befintligt dagvattenledningsnät

Generellt avrinner dagvatten inom planområdet ytligt från väst till öst mot Hanstavägen. Längs med Hanstavägen finns rännstensbrunnar som är anslutna till det befintliga dagvattenledningsnätet och som avleder dagvattnet till dagvattentunneln Järvatunneln. Enligt SVOA finns det kapacitetsutmaningar inom området. Vid placering av framtida skyfallsytor bör möjligheten till infiltration och grundvattennivåer utredas närmre. Avtappning från framtida skyfallsanläggningar bör inte överskrida det dagvattenflödet som idag uppkommer vid ett 10-årsregn.

Vid platsbesök upptäcktes en mindre ledning under gång- och cykelvägen som ligger norr om den norra lågpunkten (nr 1 i Figur 2:4). Ledningen var utformad så att den skulle leda vatten till lågpunkten, där det vid platsbesöket fanns en vattenspegel. Den var vid tillfället mycket igensatt av bland annat löv och kapaciteten bedömdes som starkt begränsad, se Figur 2:6. Det beslutades därför att inte ta med ledningen i modellen.



Figur 2:6. En ledning under gång- och cykelbanan som ligger norr om lågpunkt nr 1 (se Figur 2:3). Ledningen ska leda vatten till lågpunkten men kapaciteten bedömdes mycket begränsad till följd av igensättning.

Vid lågpunkten i söder hittades också en rännstensbrunn, se Figur 2:7. Denna såg också ut att vara delvis igensatt och kan antas ha en mycket starkt begränsad kapacitet. Vid ett eventuellt skyfall kommer brunnen med största sannolikhet bli helt igensatt och inte kunna tappa av lågpunkten.



Figur 2:7. Rännstensbrunn vid den södra lågpunkten precis utanför planområdet. Foto: Norconsult.

3 Myndigheters rekommendationer och bestämmelser gällande skyfallshantering

3.1 Planering av ny bebyggelse

Stockholms Länsstyrelse rekommenderar att hantering av översvämningsrisker till följd av skyfall ska göras med utgångspunkt från de ställningstaganden som angetts för skyfallshantering i översiktsplanen (Länsstyrelsen i Stockholms län och Västra Götalands Län, 2018). Det ska också säkerställas att den placering av byggnader som föreslås är lämplig bland annat med avseende på skyfallsrisker. Kommunen kan exempelvis styra markanvändningen så att låglänta områden reserveras för mångfunktionella ytor som kan översvämmas exempelvis i form av park eller naturmark där skyfallsproblematik föreligger. Ytor som är belägna på högre höjder kan på motsvarande sätt reserveras för bebyggelse. Länsstyrelserna betonar att kommunen i planbeskrivningen behöver förtydliga hur översvämningsrisken har hanterats genom att:

1. Redovisa hur detaljplanen förhåller sig till risken för översvämningsrisk. Det kan exempelvis göras baserat på den kommunövergripande skyfallskartering som kommunen tagit fram. Vid behov kan ett mer detaljerat underlag behöva tas fram. Exempelvis en mer detaljerad skyfallskartering baserat på en markmodell med minst 2x2 m upplösning som eventuellt kopplas till ledningsnätet i utredningsområdet för bättre noggrannhet.
2. Redovisa konsekvenser av den föreslagna exploateringen för områden med förekommande översvämningsrisk tillsammans med de riskreducerande åtgärder som föreslagits.
3. Redovisa vilka eventuella risker som inte hanterats i detaljplanen och varför.

Länsstyrelserna hänvisar även till Boverkets planbestämmelsekatalog, se Utdrag 1 från Boverkets planbestämmelsekatalog som säger att det är olämpligt att bebygga lågpunkter och avrinningsstråk med undantag för pelarkonstruktioner.

PLANBESTÄMMELSEKATALOGEN

Boverkets Planbestämmelsekatalog innehåller alla kända exempel på planbestämmelser som Boverket och tidigare motsvarande centrala myndigheter har rekommenderat i allmänna råd eller särskilda vägledningar. En av de viktigaste parametrarna för att skydda byggnader från skador till följd av ett skyfall är att höjdsätta marken eller byggnaden i sig. Höjdsättning är också möjligt att använda för att trygga vägar som behöver vara framkomliga. Även befintliga avrinningsstråk över kvartermark kan behållas med hjälp av höjdsättning i plankartan. Nedan exemplifieras planbestämmelser som kan användas för att skydda bebyggelse mot översvämningsrisker till följd av skyfall:

- Mark som ej får bebyggas. I princip är det olämpligt att bebygga lågpunkter och avrinningsstråk, med möjligt undantag för byggnation på pelarkonstruktioner. Skyfallsvägar ska därför vara fria från byggnation. (4 kap. 5 §)
- Markens höjd över nollplanet ska vara [höjd:decimaltal] m (4 kap. 5 § 1 st 2 p)
- Dagvattendike med en bredd av [bredd:decimaltal] meter och ett djup av [djup:decimaltal] meter [text] (4 kap. 5 § 1 st 2 p)

- Översvämningsyta (4 kap. 8 § 1 st 2 p)
- Vall med en höjd av [höjd:decimaltal] meter över anslutande marknivå (4 kap. 12 § 1 st 1 p)
- Anlagd våtmark med en yta av [yta:decimaltal] kvadratmeter (4 kap. 5 § 1 st 2 p)
- Endast källarlösa hus (4 kap. 16 § 1 st 1 p)
- Byggnaden ska utformas och utföras så att naturligt översvämnande vatten till nivån +00 inte skadar byggnaden (4 kap. 16 §)
- Markytan får inte hårdgöras (4 kap. 16 §)
- Damm. Största djup är [djup:decimaltal] meter [text] (4 kap. 5 § 1 st 2 p)
- Dagvatten ska avledas till [utforande:text] (4 kap. 16 § 1 st 1 p)
- Det krävs marklov, om kommunen har bestämt det i detaljplanen, för markåtgärder som kan försämra markens genomsläpplighet. (9 kap. 12 § 3 p)

All hänvisning till PBL 2010:900.

Utdrag 1. Från Boverkets Planbestämmelsekatalog.

Enligt Boverkets riktlinjer ska ny bebyggelse utföras med en sannolikhet för översvämning vid skyfall varje år på maximalt 1/100 och därmed återkomsttid på regn på över 100 år, se Tabell 1 (Boverket, 2020). Med utgångspunkt av detta har även Stockholm valt 100-årsregn som lägsta säkerhetsnivå vid planering av ny bebyggelse. En högre säkerhetsnivå används för samhällsviktig verksamhet

Tabell 1. Boverkets riktlinjer gällande ny bebyggelse med avseende på översvämning (Boverket, 2020).

Konsekvensklass	Årlig sannolikhet för översvämning Sjöar, vattendrag och hav	Årlig sannolikhet för översvämning Skyfall
Ny sammanhållen bebyggelse och samhällsviktig verksamhet	Beräknad högsta nivå/ Beräknat högsta flöde (1/10 000)	1/100
Samhällsfunktioner och bebyggelse av mindre vikt	1/200	1/100
Enklare byggnader, garage, båthus	-	-

Förutom Länsstyrelsen och Boverket påpekar även Stockholms stads dagvattenstrategi att staden har som krav att vara utformad så vatten kan avledas utan skador (Stockholms stad, 2015). Detta innebär bland annat att sekundära avrinningsvägar på markytan och översvämningssytor ska identifieras och verifieras så att skador minimeras.

3.1.1 Olika lagars rådighet

Vid planering av skyfall- och klimatanpassningsåtgärder är det viktigt att klargöra ansvarsfrågan för olika typer av regnflopp. Förenklat reglerar Plan och bygglagen (PBL) och Lagen om allmänna vattentjänster, LAV, tillsammans normala regn och skyfall med en lägre återkomsttid än 10 år för ny och befintlig bebyggelse inom detaljplan och verksamhetsområde för dagvatten. Lagrummen hanterar således inte större skyfall för befintlig bebyggelse och utanför detaljplanelagt område och verksamhetsområde för dagvatten i ett avrinningsområde (Svenskt Vatten, 2018). Kommunen eller VA-huvudmannen ska dock alltid vara beredd att ta ställning till om det kan finnas behov av att utvidga verksamhetsområdet med hänsyn till skyddet för människors hälsa eller miljö inom kommunens gränser (Svenskt Vatten, 2016).

3.1.2 Skyfall och vikten av samverkan

En stor svårighet med att hantera skyfall i framtidens städer är att många av de yttre förutsättningarna så som höjdsättning och placering av byggnader, redan är beslutade och byggda. En ytterligare komplicerande faktor är att den lagstiftning som finns inte är skriven med skyfall och hållbar dagvattenhantering i åtanke. En avgörande faktor för att nå framgång i det skyfallsförebyggande arbetet är därför samverkan i samhällsbyggnadsprocessen, speciellt då ingen part har egen rådighet över skyfallshanteringen (Svenskt Vatten, 2018).

3.2 Skyfall och klimatförändringar

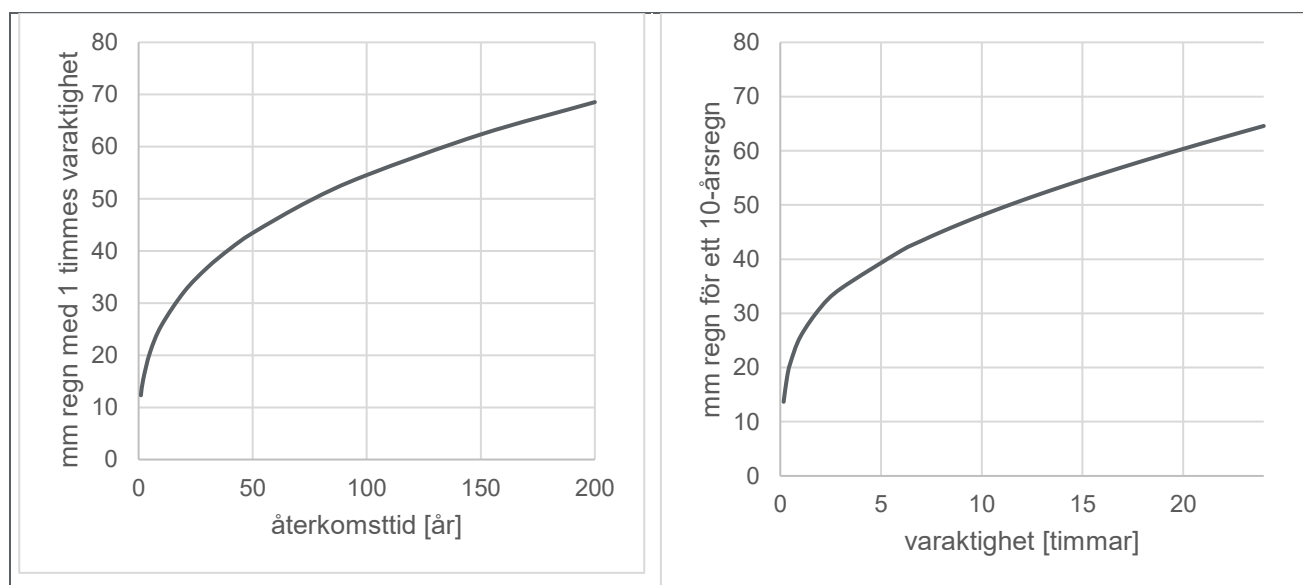
Förändringar i nederbördsmängd är att förvänta till följd av ändringar i klimat. Storleken på de förväntade förändringarna i nederbörd är beroende av vilka åtgärder som vi ansätter för att minska andelen växthusgaser i atmosfären. Svårigheten blir därmed att uppskatta vilket framtidsscenario som är mest troligt med avseende på växthusgasutsläpp och kompenserande åtgärder. Förväntade förändringar beror också på vilket regn som studeras. De största förändringarna i intensiv nederbörd förväntas för skyfall med kort varaktighet, mindre än en timme (MSB, 2017; Svenskt Vatten, 2016).

Vedertagen praxis är att utgå från klimatscenariot RCP 4.5. För RCP 4.5, uppskattas ett regn med 100-års återkomsttid bli 20–30 % mer kraftfullt (Svenskt Vatten, 2018) där den större procentsatsen hänger ihop med kortare varaktigheter (MSB, 2017). Det innebär i att ett regn som i dag betraktas som ett 100-årsregn kommer att inträffa oftare i framtiden. Om regnintensiteten exempelvis ökar med 25 % till slutet av seklet skulle det innebära att sannolikheten för ett befintligt 100-årsregn fördubblas (MSB, 2017). 25% ökning(faktor 1,25) är också det som valts i denna skyfallsutredning.

4 Skyfallsteori

4.1 Definitioner av skyfall

Enligt Svenskt Vatten (2018) finns det i dag ingen bra definition för skyfall i urbana miljöer. Den gängse definitionen som SMHI har tagit fram, att ett nederbördstillfälle kan klassas som ett skyfall om intensiteten överstiger 50 mm/timme eller 1 mm/minut (MSB, 2017), är inte anpassad för urbana miljöer (Svenskt Vatten, 2018). I en urban miljö är det istället den totala tiden under vilket ett regn med en viss intensitet faller, den så kallade regnvaraktigheten, som är av stor betydelse för markavrinningen menar Svenskt Vatten (2018). Det beror på att den volym som ett skyfall ger upphov till är beroende av regnvaraktigheten. Sambandet kan åskådliggöras med så kallade volym-varaktighetskurvor, se figur 4:1. I detta exempel jämförs regn med en timmes varaktighet för olika återkomsttider med 10-årsregn med olika varaktigheter och visar att regnvolymen ökar med en högre regnvaraktighet. Ett exempel på detta är regnet som föll i maj 2021 där det föll 58 millimeter på 24 timmar över Botkyrka och Södertälje (SVT, 2021). Det motsvarar ungefär ett 10-årsregn men om samma volym hade fallit under en timme motsvarar detta ungefär ett 100-årsregn. En av orsakerna till de stora översvämningarna är att stora delar av ledningsnätet är kombinerat spillvatten och dagvatten vilket generellt har lägre kapacitet än rena dagvattennät, se även avsnitt 5.3.1.



Figur 4:1. Vänstra bilden: hur regnmängd varierar med återkomsttiden för ett regn med 1 timmes varaktighet. Högra bilden: hur regnmängden varierar med varaktigheten för ett regn med 20 års återkomsttid (Svenskt vatten, 2011).

4.2 Återkomsttid

Begreppet återkomsttid kan vidare illustreras som en riskfaktor. Den återkomsttid som väljs för att dimensionera ett avrinningssystem speglar också den bakomliggande risken som samhället tar med avseende på skyfall (Svenskt Vatten, 2018). Sannolikheten för att ett regn med en viss återkomsttid ska inträffa eller överträffas är $1/\text{återkomsttiden}$ för varje enskilt år, oberoende av när händelsen inträffade senast.

4.3 Skyfall och dagvatten

Avrinningsförloppen vid normala regn och skyfall ser olika ut. Vid mer vanliga regn är volymen liten och huvuddelen hanteras i grönytor eller i ledningsnät. Vid extrema regn eller skyfall fylls ojämnheter i marken snabbt upp och ledningsnät går fulla vilket gör att en stor del av vattnet rinner ytledes mot större lågpunkter och recipienter (Svenskt Vatten, 2018).

Skyfall i Sverige inträffar i stor utsträckning under juli och augusti då grundvattennivåerna generellt sett är låga. Detta gör att gröna ytor har en viss infiltrationskapacitet som beror på de underliggande jordarterna (MSB, 2017).

För att bland annat öka infiltrationsmöjligheterna kan kommunerna jobba med planbestämmelser som reglerar minsta andel infiltrationsvänliga ytor eller största tillåtna andel hårdgjort. Planbestämmelserna är nödvändiga för att minska ytavrinningen och dagvattenföroreningar vid mer vanliga regn.

4.3.1 Skyfall och ledningsnätets kapacitet

Vid stora skyfall har studier visat att uppskattningsvis endast en femtedel av den totala regnvolymen hanterades i ledningsnätet (SMHI, 2014). Att dimensionera ledningsnät för att hantera skyfallsvolymer med långa återkomsttider är därför inte ekonomiskt försvarbart ur ett samhällligt perspektiv.

På motsvarande sätt är det ofta inte heller lämpligt eller rekommenderat att hantera skyfall enbart i underjordiska magasin. Förutom själva utmaningen med att få allt vatten att flöda till magasinet vid ett skyfallstillfälle vilket i sig kräver återkommande skötsel, är underjordiska lösningar ofta betydligt dyrare att sköta och anlägga än öppna lösningar. Öppna lösningar går dessutom att ge en multifunktionell användning som exempelvis parker, fotbollsplaner mm och kan även bidra till ekosystemtjänster. På så sätt kan anläggningen nyttjas även vid tillfällen när det inte regnar väldigt intensivt vilket är i linje med Stockholms stads dagvattenstrategi (Stockholms stad, 2015).

5 Skyfallsmodell

5.1 Beräkningsförutsättningar

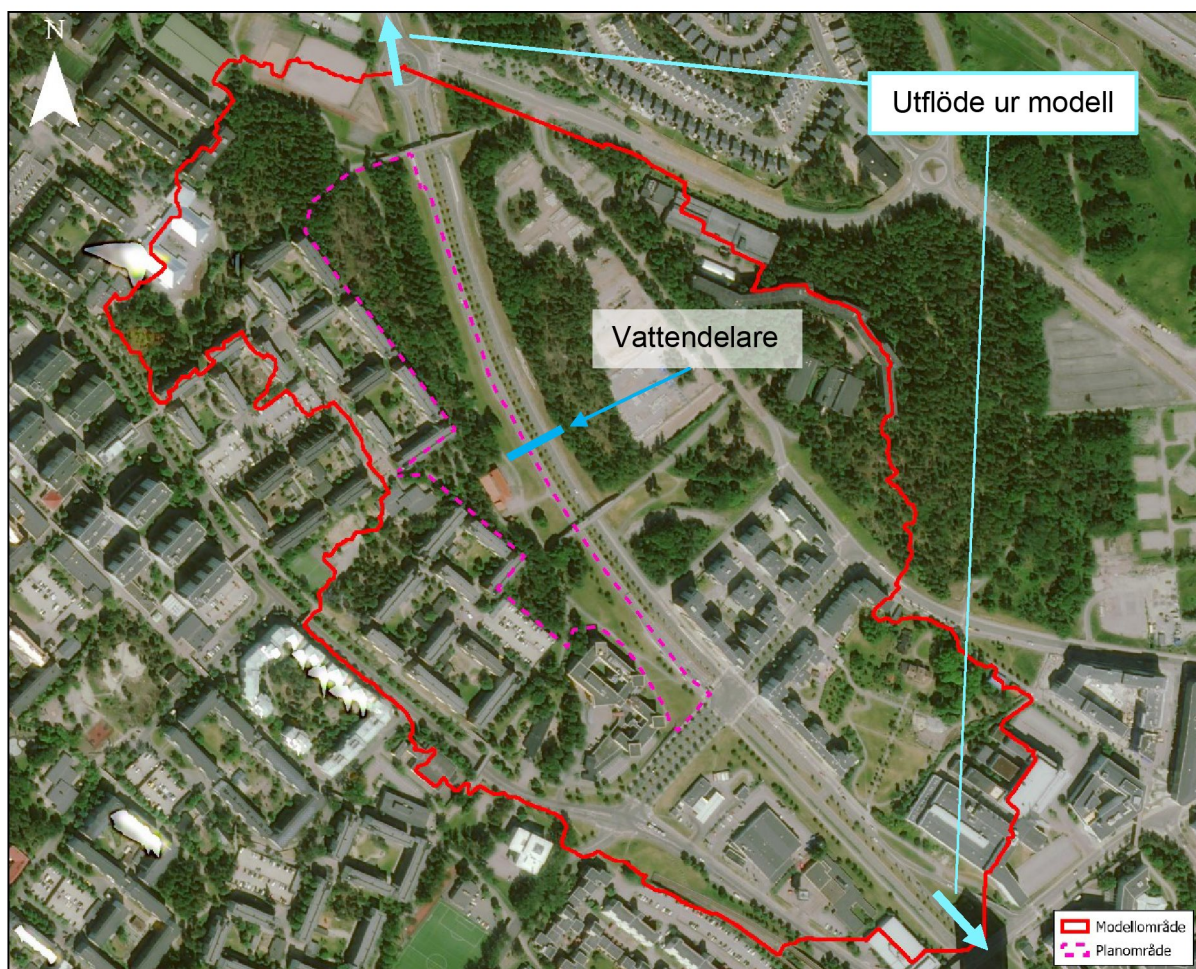
Det är omöjligt att förutsäga när eventuella skyfall kommer drabba ett visst område och hur kraftiga dessa kommer vara. Det är däremot möjligt att analysera planområdets sårbarhet för ett skyfall, vilket är huvudsyftet med den här utredningen.

Skyfallskarteringen har genomförts med en tvådimensionell hydraulisk modell som byggts upp i programvaran MIKE 21. Skyfallsförloppet i modellen beräknas genom att lösa Navier-Stokes ekvationer som bygger på bevarandet av massa och rörelsemängd.

Skyfallskarteringen grundas på riktlinjer, rekommendationer och vägledning från Svenskt Vattens publikation P110 (Svenskt Vatten, 2016) i kombination med Länsstyrelsens rekommendationer (Länsstyrelserna, 2018) och Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps, MSBs, rapport *Vägledning för skyfallskartering* (MSB, 2017).

5.2 Modellområde

Modellområdet motsvaras av avrinningsområdet till planområdet samt intilliggande områden som planområdet riskerar påverka, se Figur 5:1. Det har tagits fram med avrinningsanalys av laserscannat höjddata. Vatten flödar ut ur modellområdet längs Hanstavägen. Då det finns en vattendelare på vägen (ungefär i höjd med planområdets mitt) finns två utlopp ur modellen.



Figur 5:1. Modellområde för den hydrauliska modellen. Området motsvaras av avrinningsområdet till planområdet och de områden i anslutning till planområdet som kan påverkas av förändringar i planen och skyfallshantering där. Vatten flödar ut ur modellområdet längs Hanstavägen.

5.3 Modellerade scenarier

De scenarier som har utretts för Rogaland är befintligt och framtida förhållanden, där två olika strukturförslag har utretts för den framtida detaljplanen. I strukturförslag 1 testades placering av byggnader översiktligt tillsammans med befintlig höjdsättning för att undersöka hur planen påverkar skyfallssituationen. I det andra strukturförslaget simulerades den slutgiltiga strukturen, strukturförslag 2, tillsammans med skyfallslösningar som togs fram utifrån resultat ifrån tidigare simuleringar. Förutom höjdsättning av skyfallslösningar justerades

också Rogalandsgången med ny placering och höjdsättning. I avsnitt 5.4.2 redovisas föreslagen utformning som användes vid simulering av strukturförslag 2.

5.4 Terrängmodell

För varje skyfallsscenario har en terrängmodell byggts upp för att efterlikna topografin i området som modellerats. Större genomledningar såsom gång och cykeltunnlar och viadukter har tagits med i modellen för att tillåta vatten att flöda igenom. Det underlag som använts för de olika scenarierna redovisas i Tabell 5:1. Underlaget som använts finns redovisat i mer detalj i avsnitt 5.4.1 - 5.4.2.

Tabell 5:1. Utredda scenarier som har modellerats.

Scenario	Underlag	Datum	Simulerat regn	Resultat datum
Befintliga förhållanden	Befintlig laserscanning, byggnader upphöjda 2 meter, justering för broar och underfarter	2021-04-22	100-årsregn med klimatkfaktor 1,25 och varaktighet 1 h, 10-årsregn avdrag för ledningsnätet	2021-05-17
	Höjdmodell för befintliga förhållanden		100-årsregn med klimatkfaktor 1,25 och varaktighet 1 h, 10-årsregn avdrag för ledningsnätet och för kvartersmarkens dagvattenhantering	2021-06-09
Strukturförslag 1	Strukturförslag 1, dwg	2021-05-27		
Strukturförslag 2	Landskap med skyfallsparker, diken mm, dwg	2021-12-14	100-årsregn med klimatkfaktor 1,25 och varaktighet 1 h, 10-årsregn avdrag för ledningsnätet och för kvartersmarkens dagvattenhantering	2022-01-28
	Gata, dwg	2022-01-14		

5.4.1 Befintliga förhållanden

Terrängmodellen för befintliga förhållanden baseras på laserscannat höjddata med 1x1 meter upplösning, erhållet 2021-04-22. Gränserna för modellerna har anpassats till gränserna för det topografiska delavrinningsområdet i vilket den studerade detaljplanen ingår i. Byggnader i modellen (erhållna från Fastighetskartan) har höjts upp från omgivande terräng för att möjliggöra avrinning och rinnvägar kring dessa.

5.4.2 Föreslagen utformning

För att kunna lösa skyfallsproblematiken har höjdmodellen för föreslagen utformning tagits fram i flera steg där samordning gjorts med Stockholms stad och övriga tekniker. Endast modelluppbyggnad och resultat för simulering av strukturförslag 2 redovisas i denna rapport.

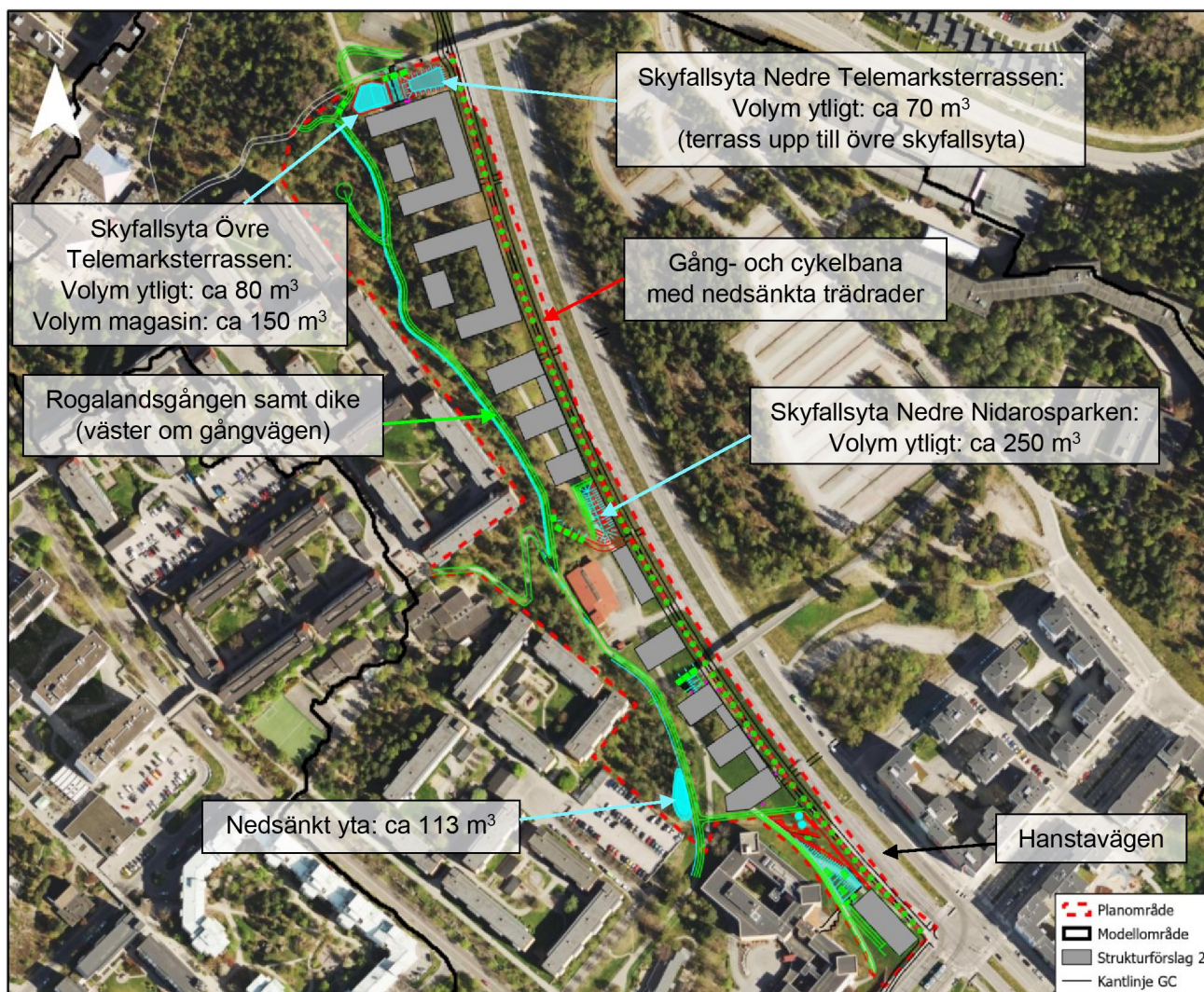
Projekterade marknivåer vid parker och vägar inom planområdet har använts tillsammans med befintlig laserscanning för att skapa en höjdmodell över framtida förhållanden. Underlaget i höjdmodell redovisas i Tabell 5:1. Ny höjdsättning har använts för skyfallslösningarna, nya gång- och cykelvägen längst med Hanstavägen samt Rogalandsgången med tillhörande dike, se Figur 5:2. Höjdmodellen har skapats med programvarorna AutoCAD Civil 3D och ArcGIS pro.

5.5 Utformning av skyfallsåtgärder

För att inte försämrat skyfallssituationen jämfört med idag samt skydda föreslagna byggnader har ett antal skyfallsåtgärder tagits fram för att sammanlagt fördröja de 650 m³ som krävs inom den norra delen av planområdet. Utformning och höjdsättning av skyfallsytorna har tagits fram tillsammans med Landskapsarkitekter från Urbio och har integrerats i skyfallsmodellen. Diket längs med Rogalandsgången, som löper parallellt med föreslagen bebyggelse, kommer vid skyfall kunna avleda vatten till skyfallslösningarna. I den södra delen av planområdet krävs ingen skyfallsåtgärd för att kompensera för den nya exploateringen.

De framtagna skyfallslösningarna redovisas plan i Figur 5:2 och är:

- Telemarksterrasen (fördröjning ca 150 m³ + 150 m³)
- Nedre Nidarosparken (fördröjning ca 250 m³)
- Nedsänkt yta i södra delen (fördröjning ca 113 m³)
- Nedsänkta trädtrader längs med Hanstavägen
- Dike längs Rogalandsgången



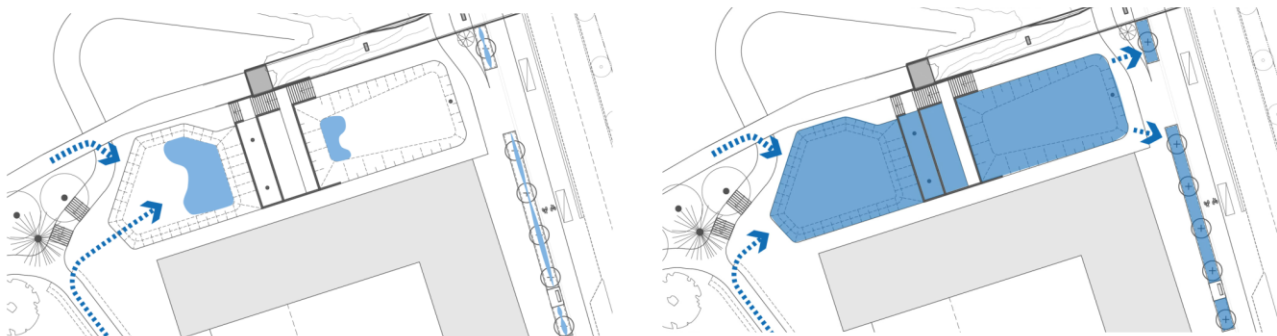
Figur 5:2. Föreslagen utformning inklusive ett flertal skyfallsytor: en i norr, en mitt i planområdet och en försänkning söderut. Längs med Hanstavägen planeras en ny gång- och cykelbana med nedsänkta trädrader.

Längst i norr ligger Telemarksterrassen som består av två nedsänkta gräsytor, en övre och en nedre, som binds ihop med terrasserade planteringar, se Figur 5:3. För att inte skapa ett för stort vattendjup i den övre ytan finns kassettmagasin i botten av denna så att det maximala djupet uppgår till 0,5 meter.



Figur 5:3. Skyfallsterrassen, den övre till vänster och den nedre till höger. Skyfallsterrassernas gräsytor utformas med delar som är djupare för att ytorna ska kunna rymma mer vatten (Urbio, 2022).

Vid normala regn fördröjs vatten i den övre terrassen och i regnbäddar. Vid skyfall, när vattendjupet i ytan överstiger 20 cm regn, leds vatten via bräddavloppet till kassettmagasinet för att sedan fylla den övre terrassen tills den svämmas över och fyller på den nedre dammen. Slutligen avrinner vattnet mot trädrad vid Hanstavägen, se Figur 5:4. Fördröjning av skyfall sker alltså i de båda skyfallsytorna samt i kassettmagasinet i anslutning till den övre skyfallsytan. Den nedre terrassens lägsta nivå föreslås vara ca + 27,8 m.

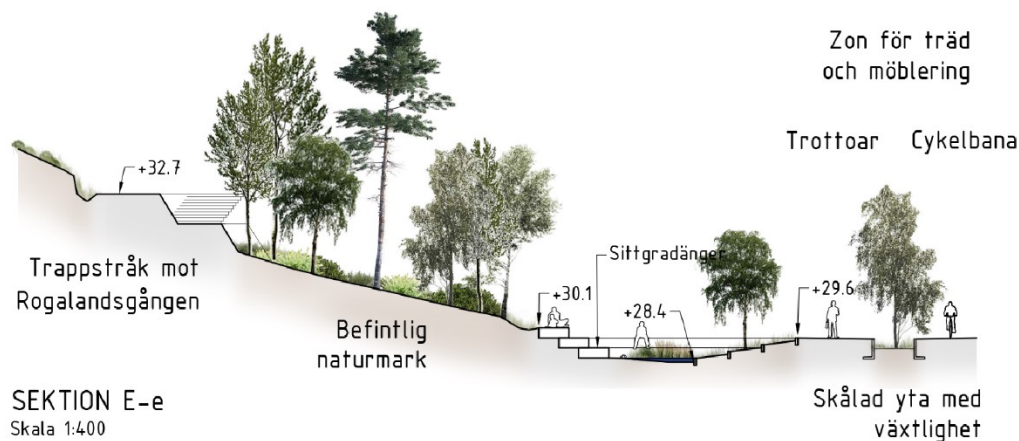


Telemarksterrassen vid fördröjning av normala regn. Vatten samlas i huvudsak i den övre dammen. Den nedre dammen fördröjer endast regnvatten som kommer uppifrån.

Telemarksterrassen vid händelse av skyfall. Den övre dammen svämmas över och vatten rinner på bred front över de terrasserade planteringarna ner till den nedre dammen och till slut vidare mot trädraden och Hanstavägen.

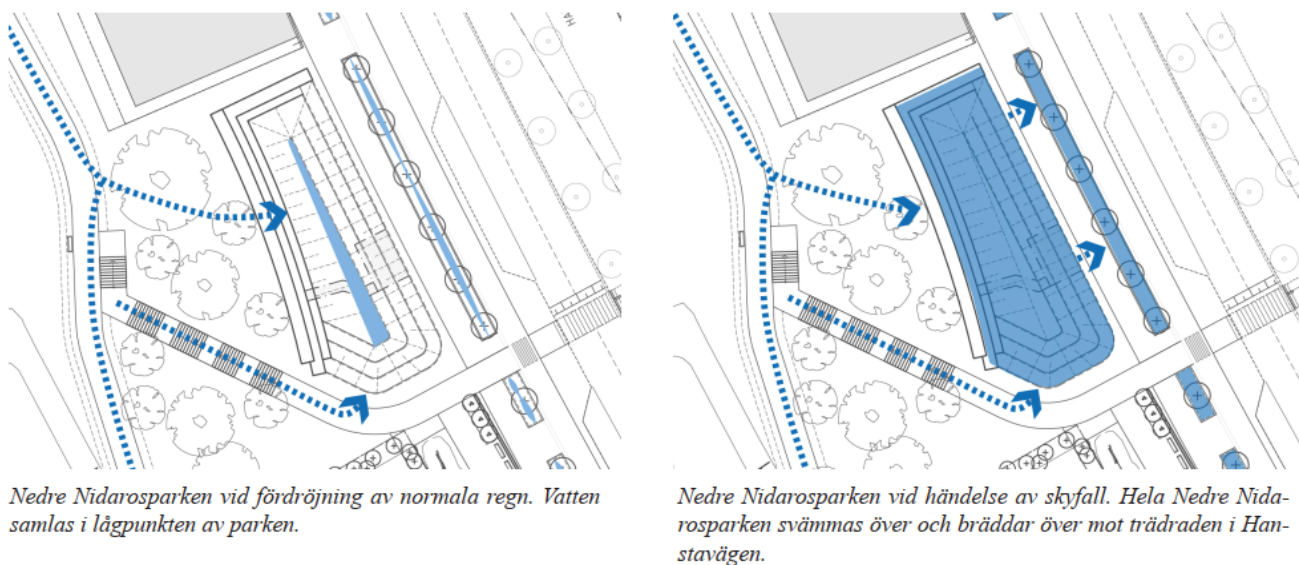
Figur 5:4. Beskrivning av avrinning till Telemarksterrassen (Urbio, 2022).

I mitten av planområdet ligger en till skyfallsyta i Nedre Nidarosparken. Ytan är skålad och har sittgradänger som kan nyttjas då det inte är skyfall, se Figur 5:5. Ytans botten föreslås att anläggas på en nivå om ca +28,4 m.



Figur 5:5. Förlag på utformning Nedre Nidarosparken. I lågpunkten där vatten samlas även vid vanliga regn, planteras lättskötta buskar och perenner för att undvika lerig och geggig mark (Urbio, 2022).

Vattnet avleds ned till skyfallsytan via naturslänt och trappa, och ytan är utformad för att kunna omhänderta både små och stora regn. På samma sätt som i Telemarksterrassen så avleds vatten via ett bräddavlopp till ledningsnätet när vattendjupet i yta överstiger 20 cm. Vid ett skyfall klarar dock ej ledningsnätet att leda bort vatten och hela ytan kommer att fyllas och bräddas mot Hanstavägen, se Figur 5:6.

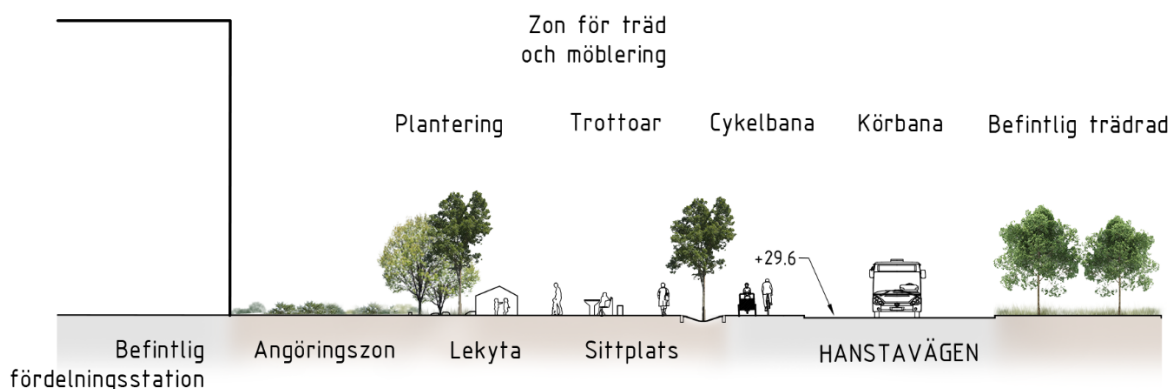


Figur 5:6. Beskrivning av avrinning till Nedre Nidarosparken (Urbio, 2022).

Skyfallslösningarna Telemarksterrassen och Nedre Nidarosparken har utformats så att de tillsammans kan omhänderta större delen av det vatten som annars skulle ansamlats i den befintliga lågpunkten som byggs bort. Utifrån delavrinningsområden har det beräknats att ca 280 m³ kan fördröjas i Telemarksterrassen och 250 m³ Nedre Nidarosparken. Ytterligare en del av vattnet som faller på området inom kvartersmark kommer att omhändertas enligt Stockholms stads åtgärdsnivå.

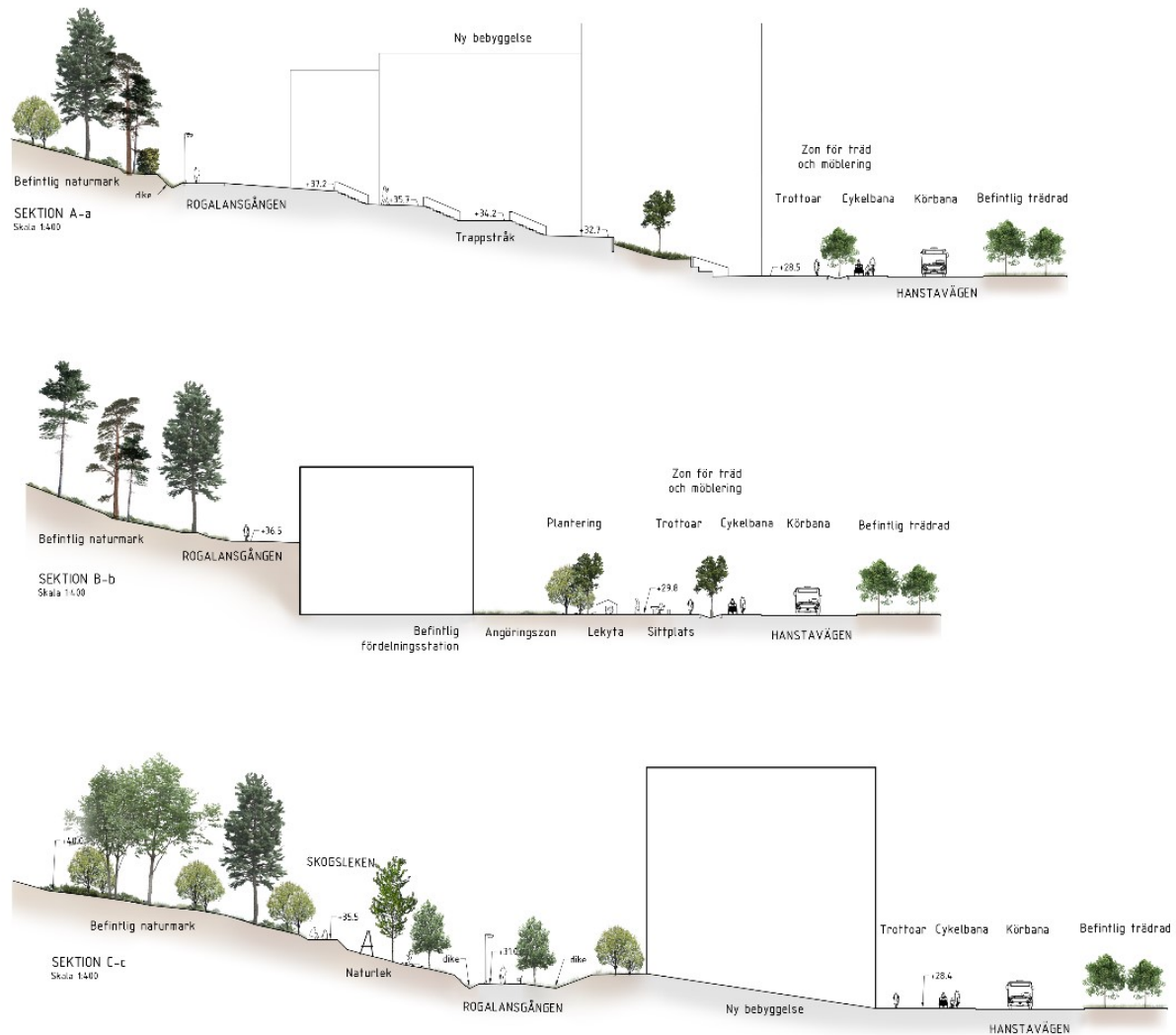
Medelvärde av grundvattennivån utifrån utförda grundvattenmätningar är ca + 25 m i närheten av Telemarksterrassen. För Nedre Nidarosparken ligger nivån på ca + 24 m. Det har också beräknats värden för höga återkomsttider utifrån olika återkomsttider då det finns för lite tillgängliga data. Resultatet från analysen visar att med en återkomsttid på 50 år så kan grundvattennivån i närheten av Telemarksterrassen uppgå till ca + 27 m och för Nedre Nidarosparken ca + 26,1 m. Båda dessa nivåer ligger under föreslagna botten nivåer på skyfallsytorna. WSP rekommenderar i sin utredning att om det finns behov av att anlägga schaktbotten nivåer som understiger de beräknade höga grundvattennivåerna så rekommenderas en utredning av mottryck och stabilitet (WSP, 2022).

Trädraderna längs med Hanstavägen kommer också kunna fördröja och avleda dagvatten samt en del av skyfallsvattnet, se Figur 5:7. Trädraden utformas som en nedsänkt yta mellan trottoar och cykelbana, och regnvatten leds till träd och planteringar. För trädraden utanför Nedre Nidarosparken kommer nedsänkningen att ha raka kanter medan den för resterande områden kommer att vara svagt skålad.



Figur 5:7. Sektion över Hanstavägen och gång- och cykelbanan. Den nedsänkta trädraden ligger mellan trottoar och cykelbana (Urbio, 2022).

Vatten från slänterna i väster leds till skyfallsytorna via ett dike längs Rogalandsgången, se Figur 5:8. Diket har en bredd på 0,9 meter, djup 0,3 meter och släntlutning 1:3.



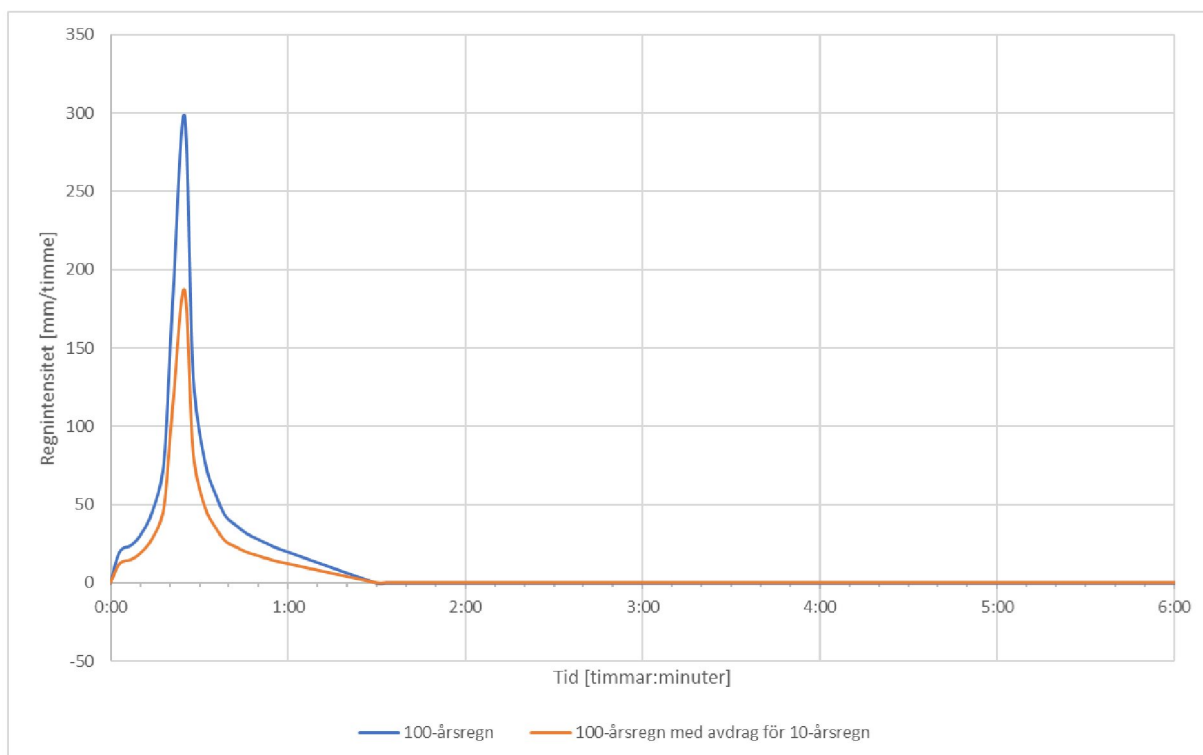
Figur 5:8. Utformning av dike längs Rogalandsgången som leder vatten till skyfallsytor. Diket har en bredd på 0,9 meter, djup 0,3 meter och släntlutning 1:3.

5.6 Nederbörd

Vid skyfallskartering används olika typer av konstruerade regntillfällen. Dessa bygger på intensitets-varaktighetssamband som gäller för hela Sverige då regionala skillnader antas vara små för extrema nederbördstillfällen.

För att ta hänsyn till framtidens klimat används, som tidigare beskrivet, en klimatkfaktor på 1,25 enligt rekommendationer från Svenskt Vatten P110 (Svenskt vatten, 2016).

Skyfallskarteringen över Rogaland har genomförts för ett 100-årsregn med en timmes varaktighet, vilket har valts utifrån modellområdets storlek och rinntid i området. För att säkerställa att allt vatten hunnit rinna till respektive lågområden har modellen sedan tillåtit köra ytterligare 5 timmar utan regn. Regnet som använts är ett så kallat "designregn" av CDS-typ vilket består av flera blockregn med olika varaktigheter och intensiteter för den valda återkomsttiden, Figur 5:9 (Svenskt vatten, 2011). En förenkling görs gällande ledningsnätets kapacitet där nätet antas klara intensitet motsvarande regn med 10-minuters varaktighet med en återkomsttid på 10 år. Avdrag har därför gjorts på ytor som antas vara kopplade till ledningsnätet, i detta fall vägar, byggnader och hårdgjorda ytor såsom parkeringar.



Figur 5:9. CDS-regn som använts i skyfallskarteringen med 100 års återkomsttid. Blå linje visar regnets fulla intensitet. Orange linje visar intensiteten efter att avdrag gjorts för ledningsnätets kapacitet och används på ytor som antas vara ansluta till ledningsnätet.

5.7 Markens råhet

När vatten rinner över en yta uppstår energiförluster till följd av friktion mellan vatten och markytan. Hur stor denna förlust blir beror till stor del på markens råhet och påverkar vattnets utbredning, djup och hastighet. Råheten beskrivs med Mannings tal, M. Ett högt värde på M motsvarar låg friktion medan lägre värden motsvarar högre friktion mellan vattnet och markytan. I MSB:s vägledning rekommenderas att som minst ange skillnad mellan infiltrerbara (M = 2) och ogenomträngliga ytor (M = 50). I detta fall lades också grusytan in.

För att bestämma markens råhet för olika ytor användes grundkartan tillsammans med ortofoto. Lokala justeringar har även gjorts i samband med uppbyggnad av modellen för att undvika modellinstabiliteter. Värden som använts i skyfallskarteringarna presenteras i Tabell 5:2.

Tabell 5:2. Värden på Mannings tal som använts i skyfallskarteringen för olika ytor. Ytorna har klassats utifrån fastighetskartan och ortofoto.

Yta	Mannings tal M
Naturmark/grönytor	2
Grusyta/mer hårdgjort	20
Hårdgjort inklusive tak och vägar	50

5.8 Infiltration

Markens infiltrationskapacitet styr hur mycket och hur snabbt vatten kan infiltrera genom markytan. I skyfallsberäkningarna har en infiltrationsmodul använts som tar hänsyn till markens porositet, magasinskapacitet, perkolation och initial vattenhalt. För information om jordarter i området har SGU:s jordartskarta använts. I den använda infiltrationsmodulen har det antagits att det översta jordlagret i bebyggda områden består av matjord eller uppluckrad jord med förhöjd infiltrationskapacitet. Värden som använts i skyfallskarteringen presenteras i Tabell 5:3..

Tabell 5:3. Värden som använts i infiltrationsmodulen för olika jordarter och beskriver infiltrationskapacitet, porositet, mäktighet, perkolation samt initial vattenhalt. Information om jordarter har hämtats från SGU.

Jordart	Infiltration (mm/h)	Porositet (-)	Mäktighet (m)	Perkolation (mm/h)	Vattenhalt (%)
Berg m tunt jordtäck	36	0,4	0,1	0,04	20
Morän	36	0,4	0,3	3,6	30
Lera	4	0,4	0,3	0,04	45
Hårdgjort	0	0,05	0,1	0	0

5.9 Osäkerheter i skyfallsmodellen

Skyfallsmodellering är förknippat med flera osäkerheter vilka behöver beaktas vid en tolkning av resultaten. Följande osäkerheter bedöms vara de mest betydelsefulla för skyfallsmodelleringen som gjorts för Rogaland.

Att göra ett schablonmässigt avdrag för ledningsnätets kapacitet är ett förenklat förfarande som medför vissa begränsningar. Dels är antagandet att klara en viss återkomsttid ett förenklat förfarande eftersom intensiteten med samma återkomsttid varierar beroende på varaktigheten. Interaktionen mellan markavrinning och uppfyllnad av ledningsnät samt igensättning av brunnar beaktas exempelvis inte. Kapaciteten på ledningsnätet kan även variera över området. Ju närmre det simulerade regnet ligger ledningsnätets kapacitet, desto större blir osäkerheten (MSB, 2017). Detta är relevant i detta fall där översvämningsrisken vid ett lågområde analyseras; eftersom det vid längre varaktigheter kombinerat med låg kapacitet eller igensatt ledningsnät kan leda till högre större vattenmängder än vid ett kortare, mer intensivt regn.

Skyfall inträffar vanligtvis lokalt och kan variera i både tid och rum (MSB, 2017). Den här variationen är inte möjlig att förutsäga och tas därför inte hänsyn till i skyfallsmodellen. Skyfall i Mike 21 simuleras istället förenklat genom att det regnar lika mycket i varje beräkningscell för varje tidssteg. Att skyfall med en lång återkomsttid dessutom är sällsynta till sin natur innebär också, som i det här fallet, att det inte finns några historiskt uppmätta episoder att relatera modelleringsresultaten mot. Dessutom gör klimatförändringar att regnmängden för en viss återkomsttid förändras.

Markens råhet, som beskrivs av Mannings tal, är en annan faktor som bidrar med osäkerhet. Markanvändningskategorier varierar mellan olika skyfallssimuleringar och flera värden förekommer i litteraturen. Osäkerheten från valet av markråhet är svår att kvantifiera men kan tänkas öka om för få markanvändningskategorier definieras i ett område med stora skillnader i markanvändning.

Infiltrationskapaciteten kan uppskattas med hjälp av SGU:s jordartskartor. Dessa är ofta väldigt generella och fångar generellt inte upp den stora variation som ofta förekommer i marken, speciellt i städer där marken kan vara uppluckrad och olika former av fyllnadsmassor kan förekomma. Det finns inte heller några referensvärden för olika jordarters infiltrationsförmåga i de vägledningarna som finns framtagna för skyfallskarteringar varför en känslighetsanalys kan vara särskilt motiverat.

Modellens upplösning bidrar med osäkerhet i skyfallskarteringar genom att "smeta ut" verkliga höjdskillnader till den cellstorlek som höjddatat baserats på. Det kan exempelvis innebära att regn fastnar på ställen där det i verkligheten skulle avrinna. För detaljerad åtgärdsplanering, som i det här fallet, rekommenderar MSB (2017) därför att upplösningen är minst 2x2 meter, varför upplösningen i denna utredning valts till 1x1 meter. Viktigt att beakta är att det finns faktorer som bidrar med större osäkerhet än modellens upplösning, exempelvis ledningsnätets kapacitet och markens infiltrationskapacitet (MSB, 2017).

Tidpunkten för nederbördstillfället påverkar också konsekvensbilden för ett skyfall. Om ett skyfall inträffar efter en tid med mycket regn där marken redan är mättad kan konsekvenserna bli värre i jämförelse med ett scenario där det finns magasiningskapacitet i marken, speciellt för ett område med genomsläppliga jordarter.

Vidare är det värt att påpeka att resultatkartorna för maximalt vattendjup visar ögonblicksbilder och inte hur länge olika platser översvämmas. Med avseende på risken för skador och olyckor är det betydligt värre att vatten står under en längre tid än om de endast inträffar under själva regntillfället där det troligtvis inte är lika hög trafikbelastning. Därför redovisas även resultat med stående vatten efter skyfallet, i detta fall 5 timmar efter regnets slut.

6 Resultat

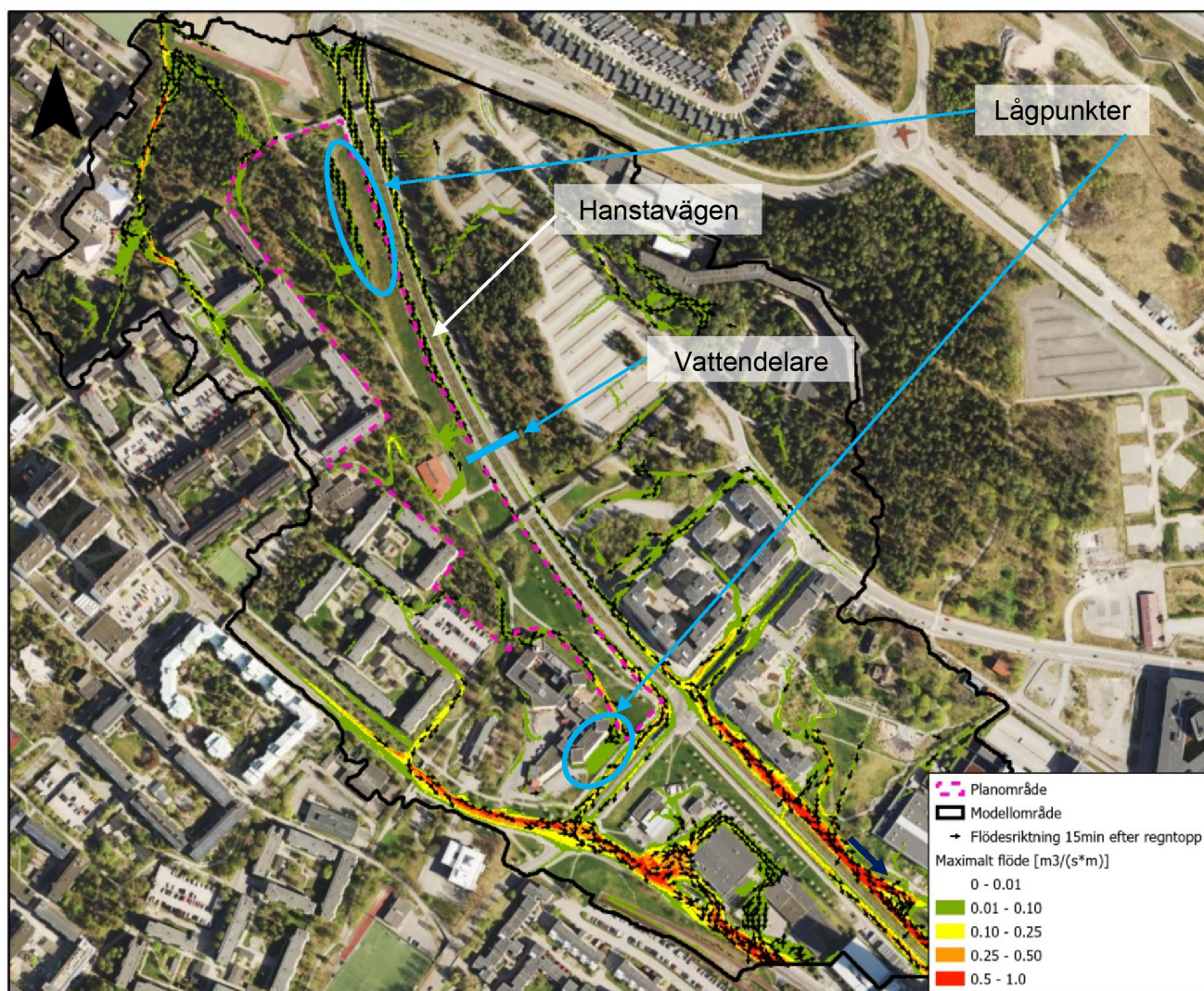
Skyfallskarteringen av Rogaland visar de översvämningar som beräknas uppstå till följd av studerat skyfall före och efter exploatering i området. Resultatet för befintlig situation redovisas i bilaga 1A-1C och för framtida förhållanden i bilaga 2A-2C och 3A-3D. Bilagorna visar maximalt vattendjup, vattenflöde och vattenhastighet under hela simuleringsperioden. De maximala värdena som presenteras behöver nödvändigtvis inte inträffa vid samma tidpunkt. Detta eftersom samma intensitet faller över hela modellområdet vid en given tidpunkt varför, beroende på topografi och friktion (Mannings M) leder till att maximala värden inträffar vid olika tidpunkter.

6.1 Befintligt förhållanden

I detta kapitel redovisas resultat från simulering av befintliga förhållanden med studerat 100-årsregn.

6.1.1 Maximala flödesvägar till området

I Figur 6:1 redovisas flödesvägar för ett 100-årsregn med varaktighet 1 h. Resultatet visar att det uppkommer stora flöden längs Hanstavägen, både åt söder och åt norr, då det finns en vattendelare i höjd med planområdets mitt. Genom planområdet rinner vatten främst från väst till öst till identifierade lågpunkter eller ut på Hanstavägen. Det finns också en tydlig flödesväg längs med Rogalandsgången som är den gång- och cykelbana som går igenom planområdet. I bilaga 3A redovisas maximalt flöde och flödesriktning.

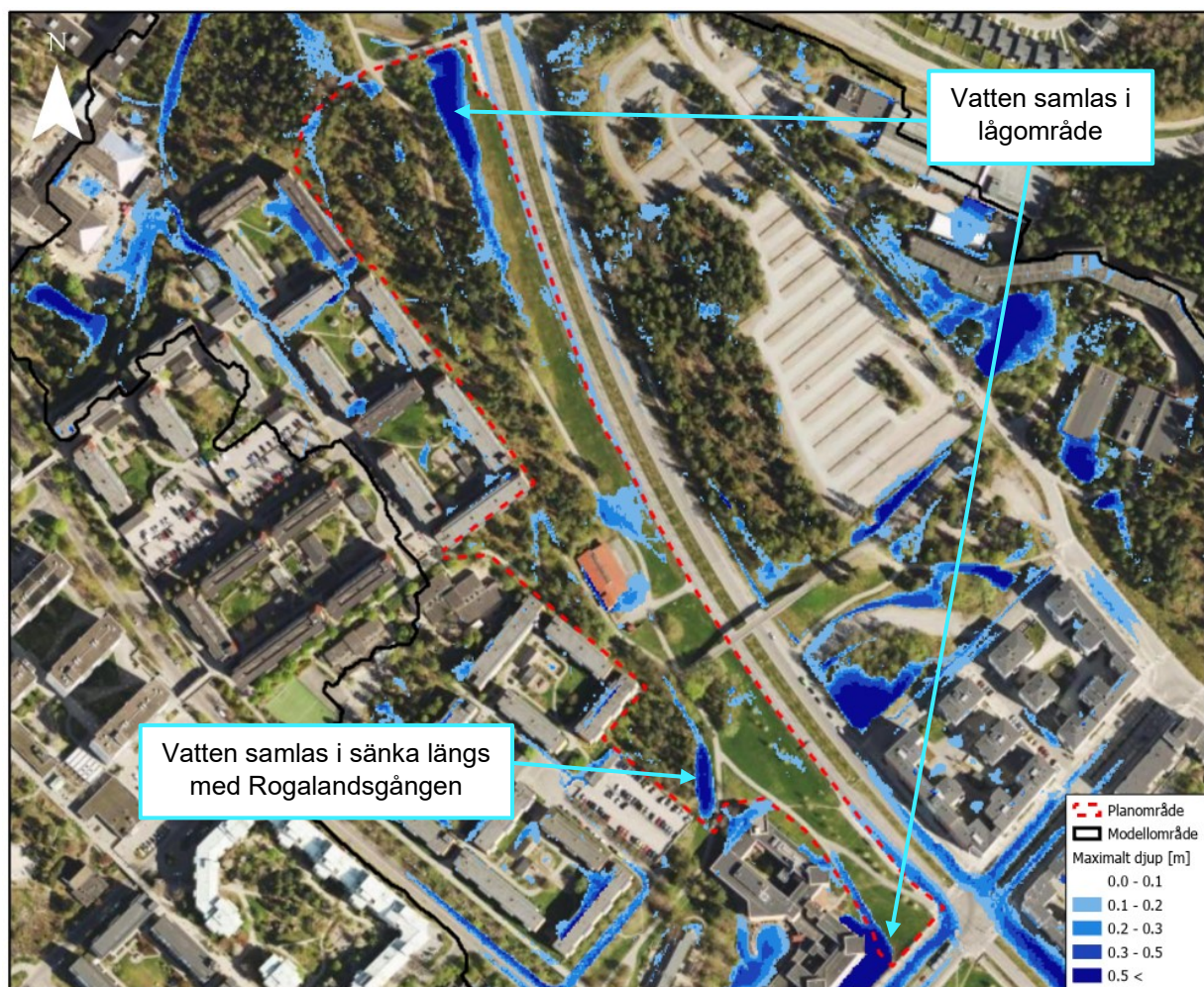


Figur 6:1. Maximala flöden för befintliga förhållanden, rinnpipor markerat i mörkblått. Vatten rinner generellt längs med Hanstavägen, både söder och norrut då det finns en vattendelare mitt på vägen.

6.1.2 Maximala vattendjup för befintliga förhållanden

Maximala vattendjup är inte en ögonblicksbild utan visar det maximala vattendjupet som uppstår i varje enskild cell under hela simuleringen. Figur 6:2 visar att det undersökta 100-årsregnet skulle kunna orsaka översvämningssituationer för Kvarter A och B, vilket stämmer väl överens med Stockholms stads skyfallskartering. Vattendjupet i lågpunkten blir upp till en meter.

Längs med Rogalandsgångens södra delar fylls en lågpunkt med vattendjup upp till 0,8 m. Även den lågpunkt som ligger allra längst söderut i planområdet får stora vattendjup vid undersökt 100-årsregn.



Figur 6:2. Beräknade maximala vattendjup från skyfallskarteringen före exploatering.

6.1.3 Stående vattenvolymer från skyfallsmodelleringen, efter 1 timme regn och ytterligare 5 timmar rinntid

I Figur 6:3 redovisas stående vatten ca 5 timmar efter att modellregnet har slutat. Vattnet ansamlas främst i redovisade lågpunkter. I den norra lågpunkten står ca 655 m³. Denna volym vatten riskerar att tryckas ut på Hanstavägen som en konsekvens av planerad exploatering och rinna norrut. Därför måste volymen omhändertas vid föreslagen exploatering för att inte påverka befintliga byggnader nedströms negativt.

I de södra delarna ansamlas ca 113 m³ vatten i den nedsänkning som finns intill Rogalandsgången. Vid höjdsättning av planområdet och Rogalandsgången är det viktigt att antingen inte bygga bort lågpunkten alternativt skapa samma fördröjning som lågpunkten för att inte riskera att vatten skadar nedströms byggnader.



Figur 6:3. Stående vatten för befintliga förhållanden efter 1 timme regn och ytterligare 5 timmar rinntid. Inom planområdet ansamlas en stor mängd vatten i lågpunkterna i planområdets södra och norra delar.

6.2 Framtida förhållanden med strukturförslag 2

Nedan följer en beskrivning av resultatet av simuleringarna för strukturförslag 2 vilka även finns presenterade i bilagorna 3A-3D. Vilka förändringar och åtgärder som gjorts för att hantera skyfall framgår av avsnitt 5.3.

6.2.1 Flödesvägar för framtida förhållanden

Efter föreslagen exploatering är flödesvägarna i stora drag densamma vid simulerat 100-årsregn jämfört med befintliga förhållanden, se Figur 6:4. I de norra delarna av planområdet avrinner vattnet dock i första hand till planerade skyfallsytor. Det går också att se en tydlig flödesväg längs med föreslagna nedsänkta trådrader vid gång- och cykelbana längs med Hanstavägen.

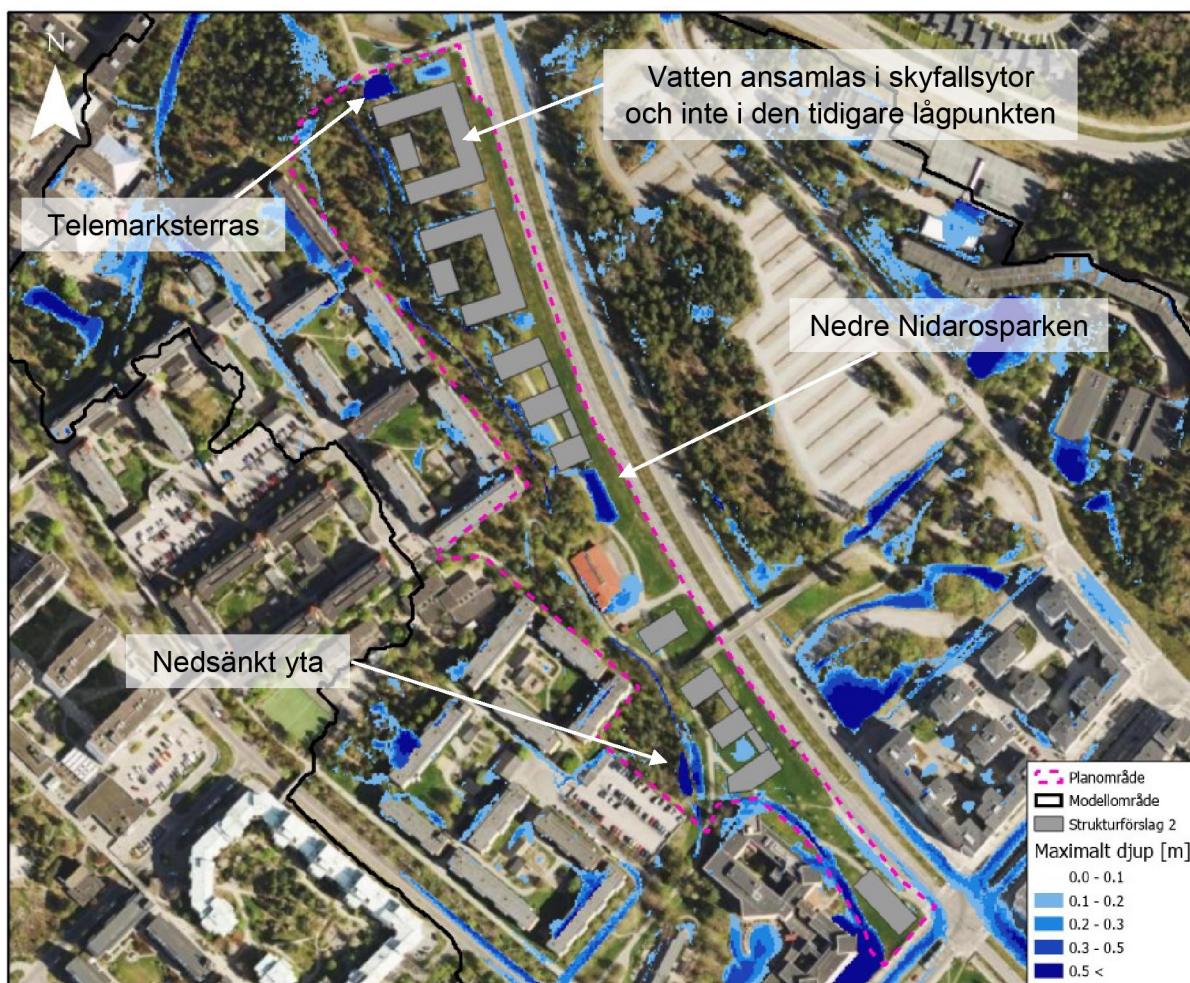
På gång- och cykelbanans södra delar, mellan kvarter E och F, ökar dock flödet något till följd av ändrad höjdsättning.



Figur 6:4. Maximala flöden för framtida förhållanden. Vattnet inom planområdet rinner generellt från väst till öst och slutligen mot Hanstavägen. Vattenflödet går generellt i samma riktning som i befintliga förhållanden men blir mer koncentrerat i föreslagna trådrad längst gång- och cykelbana längs Hanstavägen.

6.2.2 Maximala vattendjup för framtida förhållanden

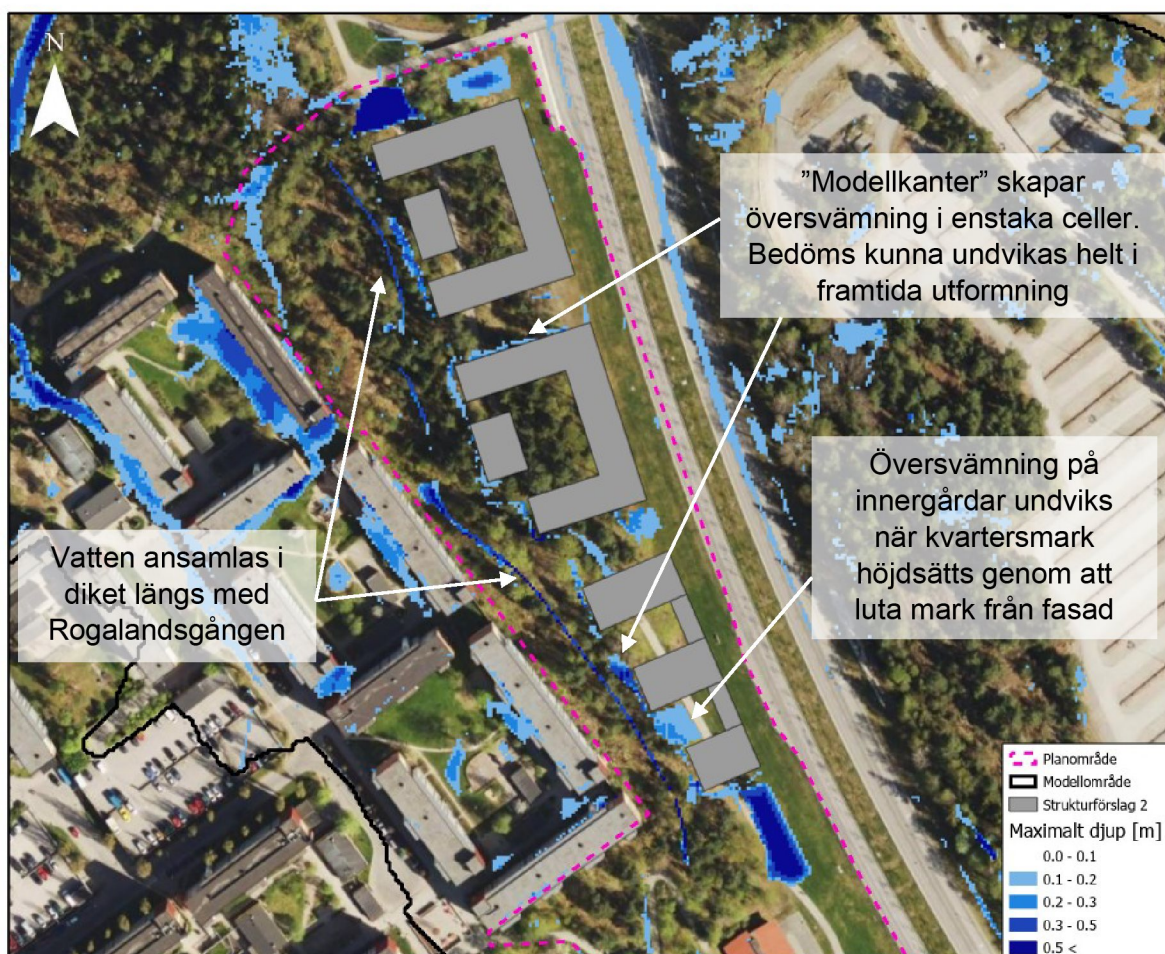
Vid simulerat 100-årsregn visar resultatet att vattnet som tidigare hade runnit till den befintliga lågpunkten istället ansamlas i föreslagna skyfallsytor och lågpunkter, se Figur 6:5.



Figur 6:5. Beräknade maximala vattendjup från skyfallskarteringen efter föreslagen exploatering.

Vid Telemarksterrassen ansamlas vatten vid simulerat 100-årsregn, främst i den översta skyfallsytan. Där har ytan försänkts ytterligare för att kunna omhänderta den volym vatten som ska rymmas i det planerade magasinet. Djupet i denna yta är därför överskattat.

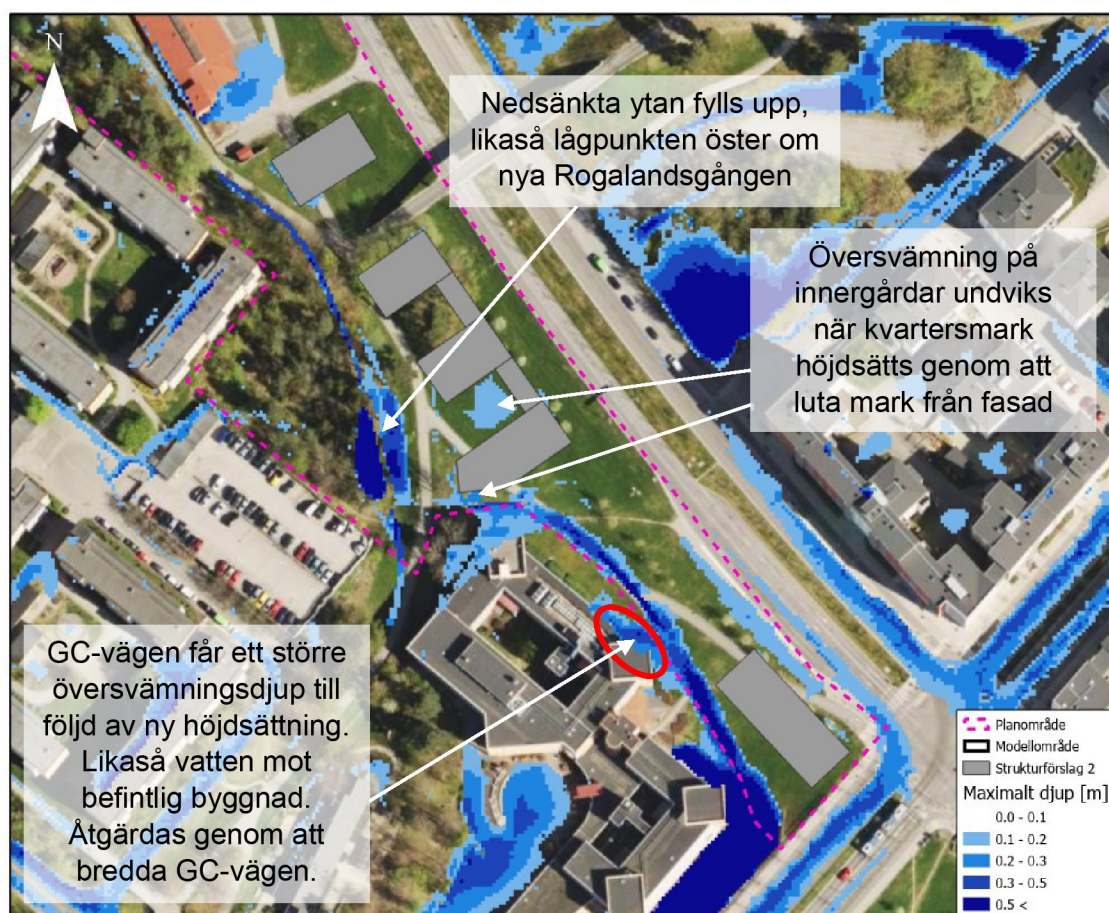
Då det inte finns någon höjdsättning på kvartersmark blir en så kallad "modellkant" mellan de föreslagna byggnader, dess innergårdar och mellan befintlig och föreslagen höjdsättning. Detta innebär att översvämning skapas i enskilda celler mellan befintlig och föreslagen höjdsättning. Därmed kommer det kunna arbetas bort helt i den framtida utformningen.



Figur 6:6. Maximala vattendjup vid planerad exploatering i planområdets norra delar. Vattnet ansamlas främst i skyfallsytor och i diket längs med Rogalandsgången.

I de södra delarna uppstår störst djup vid den nedsänkta ytan som ligger väster om nya Rogalandsgången, i de sydliga delarna av gång- och cykelbana samt vid befintlig lågpunkt sydväst om kvarter F. Jämfört med befintlig situation ökar djupet på gång- och cykelbanan och även mot befintlig fasad (ca 5-10 cm) till följd av den nya höjdsättningen, se röd markering i Figur 6:7. Skillnad i vattendjup jämfört mellan befintlig situation och strukturförslag 2 redovisas i Bilaga 3D. För att undvika detta föreslås att gång- och cykelbana breddas och höjdsätts på så sätt att vatten, liksom i befintlig situation, avrinner direkt mot den södra lågpunkten. Den föreslagna exploateringen förvärrar dock inte situationen för den befintliga lågpunkten i söder, som idag är ett problemområde.

De vattendjup som uppstår nära eller i anslutning till föreslagna byggnader bedöms inte vara problematiska då de kan undvikas genom att höjdsätta kvartersmark så att marken lutar från fasad. Om detta görs bedöms ingen av de föreslagna byggnaderna riskera skador vid ett 100-årsregn.



Figur 6:7. Maximala vattendjup i de södra delarna av planområdet. Vatten samlas främst i lågpunkter och på den södra delen av gång- och cykelbanan.

6.2.3 Stående vattenvolymer för framtida förhållanden, efter 1 timme regn och ytterligare 5 timmar rinntid

Vattennivåer från modelleringen efter 1 timmes regn och ytterligare 5 timmar rinntid redovisas i Figur 6:8. Det syns tydligt att vattnet har runnit till de föreslagna skyfallsytorna, lågpunkter samt diket längs med Rogalandsgången.

Vid jämförelse med landskapsarkitekternas beräknade volymer (se avsnitt 5.5) skiljer sig resultatet åt, då volymerna från Mike21 är mindre. Det har flera orsaker; bland annat att Mike21 tar hänsyn till fler faktorer än topografi, som till exempel infiltration, vilket bidrar till att beräknade volymer och volymer ifrån resultat skiljer sig åt. För den Nedre Telemarksterrassen går det dock tydligt att se att det är svårt att få vattnet att avrinna till terrassen till följd av höjdsättning. Det är därför viktigt att i det fortsatta arbetet säkerställa att vattnen kan rinna till båda terrasserna. Ett tydligt exempel är att säkerställa att diket som leder vattnet längs med Rogalandsgången är anslutet till skyfallsytorna via till exempel en kulvert. Dessutom, om vattnet svämmar över Rogalandsgången ska vägen vara skevad på ett sådant sätt att vattnet rinner mot skyfallsytorna.



Figur 6:8. Stående vatten för föreslagen exploatering efter 1 timme regn och ytterligare 5 timmar rinntid.

6.2.4 Möjliga konsekvenser för framkomlighet och fara för liv

Framkomligheten bör säkerställas vid framtida utformning av byggnader och entréer. Resultatet av simuleringarna i denna utredning visar att föreslagen utformning ej påverkar framkomligheten för framtida bebyggelse men denna behöver säkerställas i mer detalj i senare skede. Framkomligheten för utryckningsfordon påverkas ej då denna ej är ett problem idag och ej förvärras med föreslagen bebyggelse.

För att analysera den direkta faran för människors liv vid ett eventuellt skyfall kan risker utvärderas utifrån vattendjup och flödeshastigheter. I MSB:s *Vägledning för skyfallskartering* (2017) redovisas exempel på GIS-analyser som utifrån dessa parametrar avgör hur stor den direkta faran för människoliv är. Vid stora stående vattendjup finns en risk för till exempelvis barns säkerhet även om vattnet står still. Störst vattendjup kan utifrån höjdsättning stå vid Nedre Nidarosparken. Parken har dock sittgradänger och en låg lutning vilket minskar risken för lekande barn. Efter ett skyfall är det viktigt att brunnar och dagvattenledningar kapacitet kontrolleras så att tiden som det står vatten minimeras.

6.2.5 Skötsel av skyfallsåtgärder

Det underjordiska magasinet föreslås att bestå av kassetter. Det bör redan under anläggandet av kassettmagasinet upprätta en underhållningsplan för systematisk skötsel genom spolning och inspektion. Generellt krävs tillsyn ca 2 ggr/år. För att minska skötselbehovet bör sediment i största mån avskiljas innan det når magasinet, därför föreslås att ett sandfång finns i anslutning till magasinet.

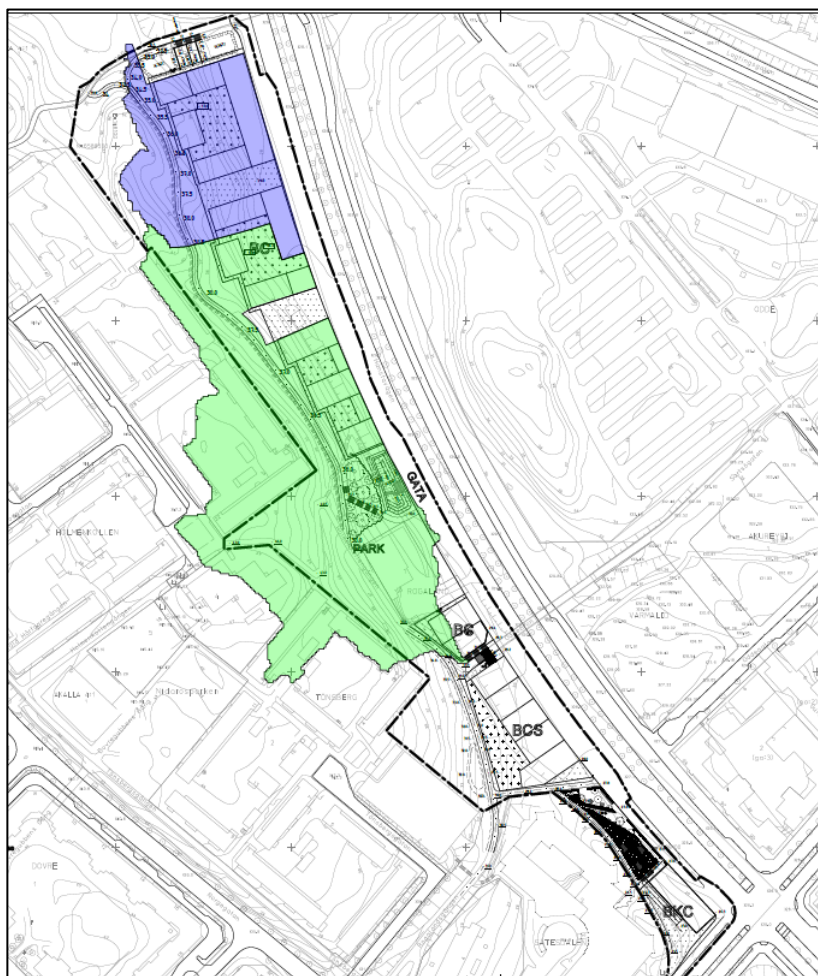
Skyfallsytorna kommer att kräva skötsel i form av gräsklippning, rensning av inlopp och utlopp för att de skall fungera tillfredsställande. Översvämningsytor behöver generellt underhåll minst en gång per år, lämpligen vid låga vattennivåer. Ett vanligt problem hos dagvattendammar är att in och utlopp sätter igen och att man fått oönskad vegetationsutbredning, därför bedöms det även viktigt att underhålla vid föreslagna översvämningsytor för att dagvatten ska kunna avledas till magasinet.

Efter tid behövs även sediment att tas bort, både för våta översvämningsytor och kassettmagasin. Det kan göras antingen med hjälp av grävska och/eller uppsugning av sediment. Rensning av sediment och sand i ett kassettmagasin sker oftast från nedströmsändan. Det måste därför finnas en tillgänglig uppställningsplats för slamsugningsbil i anslutning till Telemarksterrassen.

Även föreslagna diken kommer behövas rensas med jämna mellanrum för att upprätthålla sin hydrauliska funktion. Detta både för att bibehålla fördröjningsvolymen och möjligheten att leda stora vattenflöden.

7 Skyfallsåtgärder vid mindre regn

Stockholms stad har uttryckt oro över att det ska förekomma stående vatten inom skyfallsytorna även vid mindre regn och inte endast vid skyfall. För att få en uppfattning av hur mycket vatten som kommer ansamlas på skyfallsytorna vid mindre regn har dagvattenflöden för 10-årsregn och 20-årsregn beräknats. Beräkningarna har utförts övergripande för de två skyfallsytornas avrinningsområden se Figur 7:1. Det blåa området kommer avrinna till skyfallsytan i norra delen av planområdet (Telemarksterrassen) och det gröna området till skyfallsytan i den centrala delen av planområdet (nedre Nidarosparken).



Figur 7:1. Avrinningsområden till de två framtida skyfallsytorna.

Vid beräkningarna har det antagits att dagvatten vid ett 10-årsregn omhändertas lokalt inom kvartersmark både för planområdet samt för uppströms områden. Beräkning av dagvattenflöden har genomförts med rationella metoden enligt Svenskt Vattens publikationer P110, enligt följande formel:

$$Q = A \cdot \varphi \cdot i \text{ [l/s]}$$

A = Avrinningsområdets totala yta [ha]

φ = Avrinningskoefficient [–]

i = Dimensionerad regnintensitet [$\text{l}/(\text{s ha})$]

Framtida flöden har beräknats med en rinntid på 10 min och en klimatfaktor på 1,25 har inkluderats. Till skillnad från befintliga dagvattenflöden har en kortare rinntid valts (jämfört med 25 minuter) till följd av större andel hårdgjorda ytor samt att vattnet avleds snabbare i diket längs med Rogalandsgången än via naturmarksavrinning. I Tabell 7:1 redovisas framtida dagvattenflöden för båda avrinningsområdena tillsammans med avrinningsområdenas areor, avrinningskoefficient samt reducerad area.

Tabell 7:1. Beräknade framtida dagvattenflöden.

	Area [ha]	φ	Red area [ha]	$Q_{10\text{-årsregn}}$ [l/s]	$Q_{20\text{-årsregn}}$ [l/s]
Blåa området	1,1	0,5	0,6	22	94
Gröna området	2,5	0,5	1,2	70	260

Hur mycket dagvatten som ansamlas inom skyfallsytorna kommer bero på hur stort utflödet från skyfallsytorna till det allmänna dagvattennätet kommer vara. Enligt SVOA ska anläggningar strypas till ett flöde motsvarande det dimensionerade flödet vilket för detta område är ett 10-årsregn. Det finns dock uppgifter på VA-nätet i området är hårt belastat vilket gör det svårt att säkerställa ett specifikt utflöde.

För att få en uppfattning om vilka vattenvolymer som kan ansamlas inom skyfallsytorna vid framtida 10-årsregn och 20-årsregn har fördröjningsvolymen för området beräknats med hjälp av Svenskt Vattens beräkningsmetod Magasineringsberäkning med hänsyn till rinntid enligt Dahlströms 2010 för varaktighet upp till 1 dygn (Svenskt Vatten, 2010). Den tillåtna avtappningen motsvarar dagvattenflödet vid ett befintligt 10-årsregn. Det har också antagits att ett 10-årsregn kan omhändertas inom kvartersmark.

Tabell 7:2. Beräknade fördröjningsvolym för skyfallsytornas avrinningsområden.

Avrinningsområde	Utflöde [l/s]	Fördröjningsvolym 10- årsregn [m ³]	Fördröjningsvolym 20-årsregn [m ³]
Blåa området	7	7	56
Gröna området	21	24	150

För att få en uppfattning av hur länge vatten blir stående inom skyfallsytorna har tömningstiden beräknats utifrån antagandet att skyfallsytorna har ett utflöde motsvarande befintligt 10-årsregn. Eftersom det finns utmaningar med belastningen på dagvattennätet inom området kan det emellertid inte säkerställas vilket utflöde som kommer vara möjligt. För att utreda det närmare skulle modellering av ledningsnätets kapacitet behöva genomföras. Beräkningarna för tömningstid ska därför endast ses som en fingervisning.

Tabell 7:3. Beräknade tömningstider för skyfallsytorna.

Avrinningsområde	Utflöde [l/s]	Tömningstid 10- årsregn [min]	Tömningstid 20- årsregn [min]
Blåa området	7	16	130
Gröna området	21	19	120

Beräkningarna visar att dagvatten inte förväntas vara stående inom skyfallsytorna längre än ca 19 min vid ett 10-årsregn och inte längre än ca 2 h och 10 min vid ett 20-årsregn. Det finns även möjligheter att anpassa det diket som avleder dagvatten till skyfallsytorna genom sektionering eller makadamlager under bottenytan, så att en del volymer kan fördröjas i diket och på så sätt sprida ut volymerna ytterligare och minska risken för stora vattendjup.

8 Slutsatser och rekommendationer

- Delar av föreslagna kvarter är belägna på eller i anslutning till befintlig lågpunkt inom planområdet. Vattnet som skulle ha ansamlats i lågpunkten måste därför fördröjas på andra ytor för att inte riskera översvåmningsproblematik för föreslagna byggnader eller förvärra problematiken för nedströms byggnader.
- Föreslagna skyfallslösningar möjliggör hantering av skyfall för föreslagen bebyggelse inom planområdet samt att risken för översvåmning ej ökar för befintlig, intilliggande bebyggelse.
- Skyfallslösningar och diken kräver regelbunden skötsel för att bibehålla sin funktion och kapacitet. Det bör därför säkerställas att en slambil kan ställas upp framför Telemarksterassen för att kunna tömma kassetmagasinet. Resterande ytliga fördröjningsytor och diken kommer behöva skötsel i form av gräsklippning/rensning av vegetation samt säkerställande av att inlopp och utlopp till skyfallsytorna inte sätts igen.
- Skyfallsvatten avrinner ytligt mot skyfallsytorna och risken för att vatten ska stå mot föreslagna byggnader bedöms som liten under förutsättningen att innergårdar på kvartermark höjdsätts på ett sådant sätt att de lutar bort från fasad så att vattnet kan avrinna i riktning mot Hanstavägen.
- Stående vatten skapas endast vid planerade skyfallsytor vilka kan omhänderta samma mängd vatten som planerad bebyggelse tränger undan.
- Det rekommenderas i det fortsatta arbetet med höjdsättning av planområdet att säkerställa att vattnet fortsatt kan avrinna till planerade skyfallsytor via föreslaget dike längs med Rogalandsgången.
- Ansvarsfrågan gällande skötsel av åtgärderna för skyfall och dagvattenhantering behöver klargöras tillsammans med SVOA
- Det är viktigt att utreda grundvattennivåer vid placering av skyfallsytor för att säkerställa att grundvatten ligger tillräckligt djupt för att inte tränga upp i de nedsänkta ytorna.
- Efter simulering av strukturförslag 2 har utformningen och fördröjningsvolymerna av skyfallsytorna ändrats något. Det påverkar inte resultatet i utredningen då det är fortsatt samma totala volym som kan omhändertas. För uppdaterad utformning av skyfallsytorna hänvisas till Urbio's Programhandling för Kv. Rogaland (2022).
- Resultatet visar att Hanstavägen är framkomlig för utryckningsfordon till de nya kvarteren vid skyfall inom modellområdet. Det behöver dock säkerställas att andra utryckningsvägar utanför modellområdet är farbara för att garantera framkomlighet vid skyfall.
- Risker för exempelvis drunkning i skyfallsytor minimeras genom att Nidarosparken har sittgradänger och en låg lutning vilket minskar risken för lekande barn. Den övre delen av Telemarksterassen har en underjordisk del vilket gör att vattendjupet inte överstiger 0,5 meter. Efter ett skyfall är det viktigt att brunnar och dagvattenledningar kapacitet kontrolleras så att tiden som det står vatten minimeras.

9 Referenser

- Boverket. (den 09 12 2020). *Utgångspunkter för bedömning av översvämningsrisk*. Hämtat från PBL Kunskapsbanken - en handbok om plan och bygglagen: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lansstyrelsens-tillsyn/tillsynsvagledning_naturolyckor/tillsynsvagledning-oversvamning/stod-till-lansstyrelsen-vid-riskbedomning/utgangspunkter/
- Dahlström, B. (2010). *Regnintensitet – en molnfysikalisk betraktelse*.
- Länsstyrelsen i Stockholms län och Västra Götalands Län. (2018). *Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall – stöd i fysisk planering*. doi:Faktablad 2018:5, Diarienummer: 408, ISBN: 978-91-7281-818-7
- Länsstyrelserna. (2018). *Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall. Rapport nummer*. Rapport: Fakta 2018:5.
- Länsstyrelserna. (den 27 01 2021). Potentiellt förorenade områden externt (EBH). Hämtat från http://ext-dokument.lansstyrelsen.se/Gemensamt/Geodata/Datadistribution/SWEREF99TM/EBH_Potentiellt_for_orenade_omraden.zip
- Malmö Stad. (2017). *Skyfallsplan för Malmö*.
- Malmö stad. (2017). *Skyfallsplan i Malmö*. Hämtat från https://malmo.se/download/18.95a01bd15de660cf0d95e3/1503646540675/Skyfallsplanen_antagen_20170301.pdf#search='skyfallsplan
- MSB. (2017). *Vägledning för skyfallskartering – tips för genomförande och exempel på användning*.
- MSB. (2017). *Vägledning för skyfallskartering - tips för genomförande och exempel på användning*.
- SMHI. (den 03 10 2021). Nederbörd, mätstation Tullinge A, stationsnr 97100. Hämtat från <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=precipitation15MinutesSum,stations=all,stationid=97100>
- Stockholms stad. (2015). *Dagvattenstrategi Stockholms väg till en hållbar dagvattenhantering*.
- Stockholms Stad. (den 30 11 2021). *Webbkarta över Stockholm*. Hämtat från http://kartor.stockholm.se/bios/dpwebmap/cust_sth/sbk/sthlm_sse/DPWebMap.html
- Svenskt Vatten. (2010). *Magasinsberäkning med hänsyn till rinntid enligt Dahlström 2010 för varaktighet upp till 1 dygn*. Hämtat från <https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/rornat-och-klimat/klimat-och-dagvatten/berakningstips-p110/>
- Svenskt vatten. (2011). *P104 Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem*.
- Svenskt Vatten. (2011). *Svenskt Vatten publikation P104 - Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem*.
- Svenskt Vatten. (2016). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten - Svenskt Vatten Publikation P110*.
- Svenskt Vatten. (2018). *Skyfallens ABC*. Hämtat från https://www.svensktvatten.se/globalassets/rornat-och-klimat/skyfallensabc-sartryck-stadsbyffnad_2_2018.pdf
- Svenskt Vatten. (2018). *Skyfallens ABC*.

SVT. (den 27 05 2021). *Hundratals larm om översvämningar efter regnet*. Hämtat från SVT nyheter:
<https://www.svt.se/nyheter/lokalt/stockholm/smhi-varnar-for-kraftiga-regnmangder-i-stockholm>

Tyréns AB. (2020). *Finlandsgatan utökad dagvattenutredning - skyfallskartering*. Stockholm: Tyréns.

Urbio. (2022). *Kv. Rogaland - Programhandling allmän platsmark*.

VA SYD, Lunds Kommun. (2018). *Lunds vatten Dagvattenplan*.

VASyd. (2018). *Skyfallshantering i Malmö*. Hämtat från <https://platsforvattnet.vasyd.se/karta/>

WSP. (2022). *Miljöteknisk markundersökning Rogaland Akalla 4:1*. Stockholm.

WSP. (2022). *PM Hydrologi Stockholm Rogaland*. Stockholm.