

Skyfallsutredning Nytorps Gärde

Uppdragsnr: 107 18 25 Version: 3 Färdig handling Datum: 2021-04-22



Uppdragsgivare: Stockholms Stad Exploateringskontoret Miljö & teknik
Uppdragsgivarens kontaktperson: Erik Bengtsson Loord
Konsult: Norconsult AB, Hantverkargatan 5K, 112 21 Stockholm
Uppdragsledare: Marta Juhlén
Teknikansvarig/handläggare: Theo Voulgaridis
Bitr Handläggare: Lina Skilberg

3 Färdig handling	2021-04-22	SkyfallsPM Nytorps Gärde	Theo Voulgaridis	Emma Nilsson Keskitalo	Marta Juhlén
2 Färdig handling	2021-03-29	SkyfallsPM Nytorps Gärde	Theo Voulgaridis	Emma Nilsson Keskitalo	Marta Juhlén
1 Granskningshandling	2021-03-15	SkyfallsPM Nytorps Gärde	Theo Voulgaridis	Emma Nilsson Keskitalo	Marta Juhlén
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

Nytorps Gärde har uppmärksamats vara utsatt för en betydande översvämningsrisk vid händelse av ett skyfall. Det beror på att området ur ett topografiskt perspektiv är ett lågpunktsområde för ett större delavrinningsområde. Vid händelse av ett skyfall, där ledningsnätets kapacitet överskrids, kommer således stora mängder regnvatten att avrinna ytligt mot området. Gärdet domineras dessutom av lera med låg genomsläpplighet vilket ökar risken för översvämning vid ett skyfall.

I dag är området bland annat ett viktigt grönområde för rekreation som staden delvis planerar att bebygga med bostäder och verksamheter. Norconsult har därför på uppdrag av staden tagit fram en skyfallsutredning för området i enlighet med Stockholms länsstyrelses rekommendationer för skyfallsplanering på detaljplanenivå.

Skyfallsmodellen har byggts upp i avrinningsområdesperspektiv i programvaran MIKE 21 med utgångspunkt från rekommendationer av bland annat MSB och Svenskt Vatten. För att modellera befintlig situation har en laserscannad höjdmodell från 2016 med 1x1 m i upplösning använts som terrängmodell. För planerad bebyggelse har höjderna från laserscanningen kombinerats med justerade höjder inom planområdet. Till modellen används ett konstruerat regntillfälle som motsvarar ett 100-årsregn med 4 timmars varaktighet. Hänsyn till förväntade förändringar i klimat har tagits genom en så kallad klimatkoefficient som regnet multiplicerats med.

Resultaten från modelleringen visar att Nytorps Gärde är utsatt för betydande översvämningsrisker vid studerat 100-årsregn. Faran för människoliv har emellertid bedömts som liten utifrån den metod som MSB rekommenderat i sammanhanget. Ett genomförande av detaljplanen, inklusive skyfallsåtgärder, bedöms minska översvämningskonsekvenserna för en stor del av den befintliga bebyggelsen i området. Trots det kvarstår en stor skyfallsproblematik kring planen med omnejd och tre befintliga byggnader bedöms få något större översvämningskonsekvenser vid ett genomförande av planen för studerat regn.

I de tre fall där en försämring konstaterats för befintlig bebyggelse rör det sig om volymer som bedöms kunna hanteras genom ytterligare åtgärder. Dessa åtgärder behöver studeras vidare och dess funktion säkerställas under kommande skeden av planarbetet.

Av de totalt 18 planerade byggnaderna får 10 vatten mot fasad vid studerat 100-årsregn. I två av fallen omfattar översvämningen stora delar av byggnaden medan vattnet i resterande fall begränsas till en del av konstruktionen. I några av fallen där planerad bebyggelse får vatten mot fasad bedöms översvämningen bero av lokala svackor i den befintliga höjdmodellen som inte justerats med nya höjder som gör att vattnet rinner bort från byggnaden. I de fallen kan skyfallsrisken således elimineras med en genomtänkt höjdsättning.

Alla byggaktörer har informerats om skyfallsproblematiken i området och kommer göra anpassningar därefter. Stockholm stad har dessutom kravställt att nivån för färdigt golv ska ligga minst 20 cm över den maximala vattenhöjd mot fasad som observerats i skyfallsresultaten. Den extra säkerhetsmarginalen motiveras med att skyfallsmodellering är förknippad med stora osäkerheter.

Som en ytterligare försiktighetsåtgärd har skyfallsytan som planeras på gärdet inte modellerats med ett dränerande jordlager med ca 30 cm mäktighet. Det dränerande jordlagret kommer ersätta den befintliga leran och anläggas ovanför grundvattenvattenytan som vid gärdets lågpunkt ligger omkring +32. Om det skulle behövas kan staden dessutom tillskapa ytterligare volym i den planerade multisportsytan.

Av de skyfallsåtgärder som studerats har Stockholm stad egen rådighet i två av fyra fall. För multisportsytan pågår en dialog med Hammarbyskolan södra eftersom åtgärden ligger delvis inom deras tomträtt. För åtgärden vid Dalens sjukhus pågår samtal om ett avtalsservitut.

Innehållsförteckning

1	Syfte, nuvarande förhållanden och planerad bebyggelse	6
1.1	Syfte	6
1.2	Nuvarande förhållanden	6
1.3	Planerad bebyggelse	7
2	Områdesförutsättningar	8
2.1	Jordarter	8
2.2	Grundvatten	9
2.3	Befintligt ledningsystem Nytorps Gärde	9
3	Stockholms länsstyrelses rekommendationer för skyfallsförebyggande arbete	10
3.1	Hantering av skyfall på detaljplanenivå	10
3.1.1	<i>Förebyggande skyddsåtgärder för skyfall</i>	10
3.1.2	<i>Avsteg från rekommendationerna</i>	10
4	Skyfall	11
4.1	Skyfall i urbana miljöer	11
4.2	Skyfall och klimatförändringar	11
4.3	Skyfall i Sverige	11
4.3.1	<i>Skyfallsjuridik</i>	11
4.3.2	<i>100-årsnivån vid planering av ny bebyggelse</i>	12
4.3.3	<i>Kombinerade ledningar och risk för översvämningar</i>	12
5	Skyfallsmodellering Nytorps Gärde	13
5.1	Skyfallsmodellering	13
5.2	Terrängmodell	13
5.3	Nederbörd	14
5.4	Markens råhet	15
5.5	Markinfiltration	16
5.5.1	<i>Känslighetsanalys</i>	16
5.6	Osäkerheter	17
6	Resultat	18
6.1	Flödesvägar till området	18
6.2	Modellerade skyfallsåtgärder	19
6.3	Resultat nollsimulering	20
6.4	Resultat simulering 11	21
6.5	Volymjämförelser för olika simuleringar	22
6.6	Möjliga skyfallskonsekvenser vid ett genomförande av planen	24
6.6.1	<i>Planerade byggnader med stående vatten mot fasad</i>	25
6.6.2	<i>Kvarstående skyfallsproblematik</i>	26

6.6.3	Rådighet över skyfallsåtgärder	26
6.6.4	Outnyttjad möjlig fördröjningskapacitet	26
6.7	Skyfall och uppskattad fara för människoliv	26
7	Slutsatser	28
8	Referenser	29
8.1	Opublicerat material	30

Bilagor och tidigare utredningar

Till utredningen finns flera bilagor och tidigare utredningar. Den senaste rapporten utkom 2020-07-07. Bilagorna till den här utredningen omfattar resultat från en simulering av befintlig situation och planerad situation (simulering 11).

Nollsimulering

Bilaga 1.1A: Vattenhöjder och vattenvolymer i vattenansamlingar
Bilaga 1A: Vattenhöjder inklusive specifika vattenhöjder mot byggnader
Bilaga 1B: Vattenhastigheter
Bilaga 1C: Vattenflöden inklusive vattenriktning

Simulering 11

Bilaga 12.1A: Vattenhöjder och vattenvolymer i vattenansamlingar
Bilaga 12.2A: Vattenhöjder inklusive +höjd för markmodell i den punkt där vattnet når högst mot fasad
Bilaga 12B: Vattenhastigheter
Bilaga 12C: Vattenflöden inklusive vattenriktning
Bilaga 12E: Skillnad i vattenvolym jämfört med nollsimulering

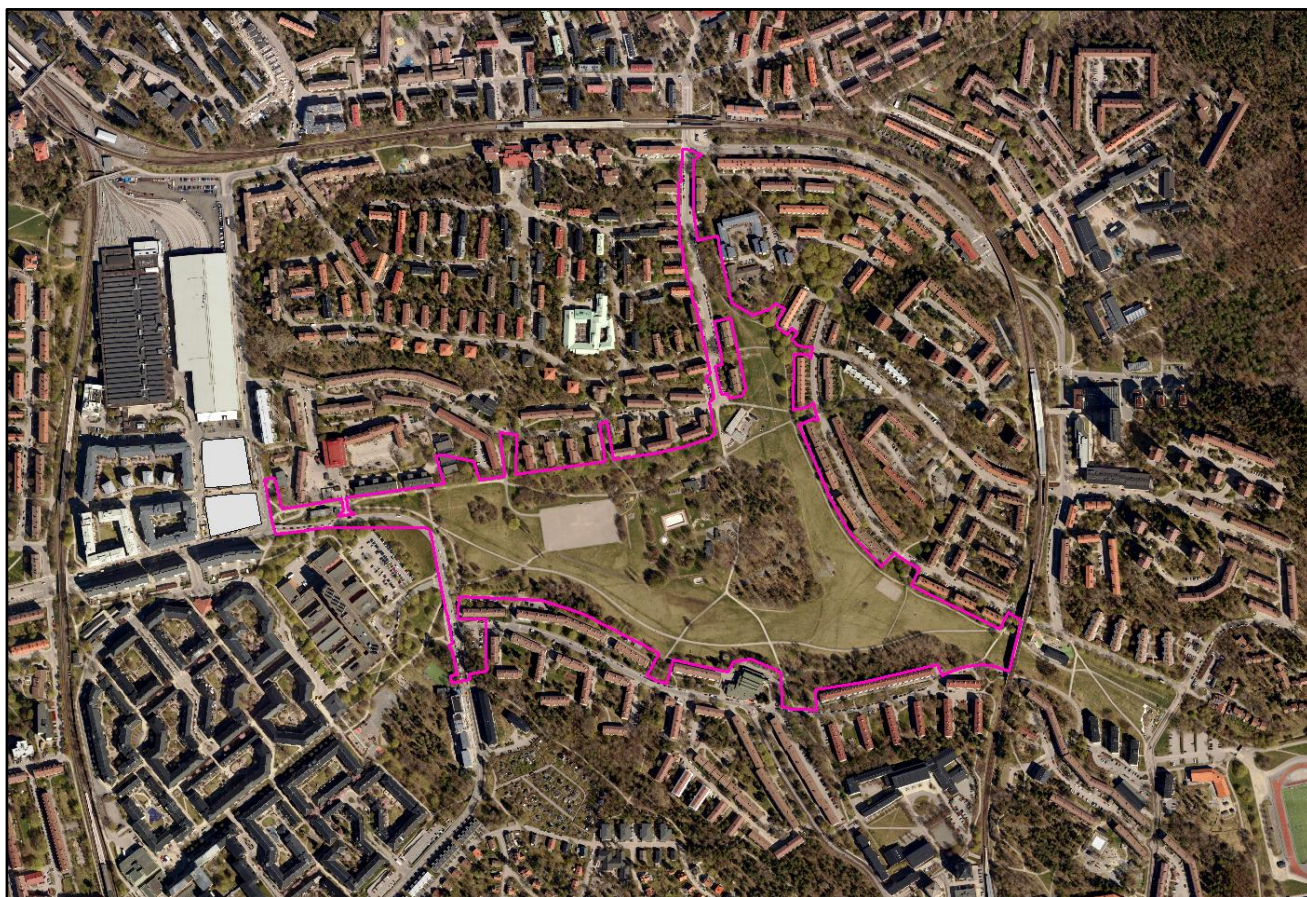
1 Syfte, nuvarande förhållanden och planerad bebyggelse

1.1 Syfte

Nytorps Gärde har i stadens skyfallsmodell uppmärksamats vara utsatt för en betydande översvämningsrisk vid händelse av ett skyfall. Norconsult har därför på uppdrag av Stockholms stad tagit fram en mer detaljerad skyfallsutredning för området. Utredningen visar nuvarande skyfallsproblematik och de följder som ett genomförande av planen kan få ur ett skyfallsperspektiv inklusive skyfallsförebyggande åtgärder.

1.2 Nuvarande förhållanden

Detaljplanen för Nytorps gärde omfattar ca 24 ha och är i dag ett viktigt grönområde för rekreation, figur 1 (Stockholm stad, 2019). Ur ett topografiskt perspektiv utgör gärdet ett lågpunktsområde för ett större delavrinningsområde. Vid händelse av ett skyfall, där ledningsnätets kapacitet överskrids, kommer således stora mängder regnvatten att avrinna ytligt mot gärdet. Området domineras dessutom av lera med låg genomsläpplighet vilket ökar risken för översvämning till följd av ett skyfall.

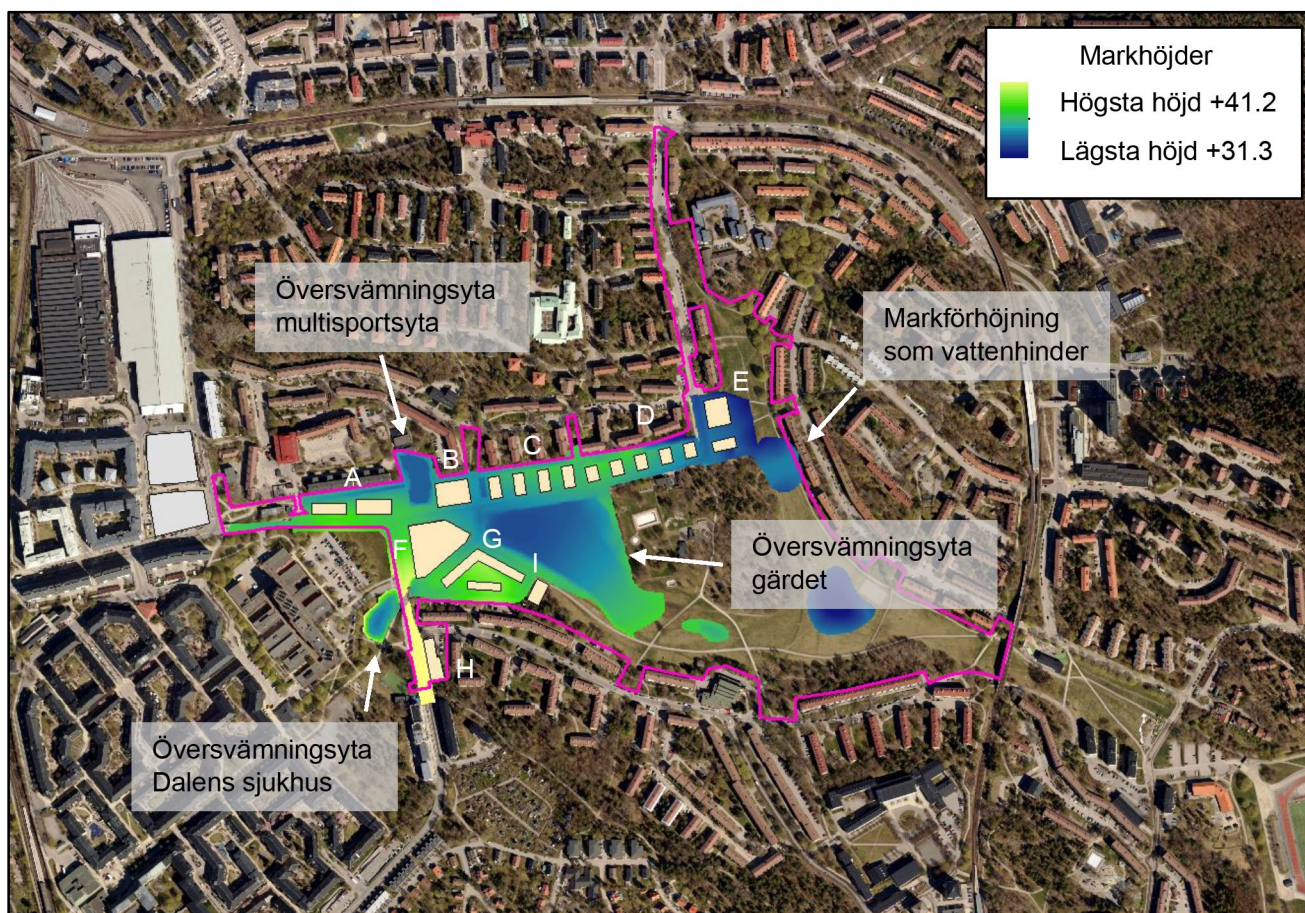


Figur 1. Översikt över befintlig situation i planområdet. Den rosa linjen visar detaljplansgränsen.

1.3 Planerad bebyggelse

I Stockholms stads översiktsplan finns beskrivningar om hur staden vill utveckla gärdets funktion som stadsdelspark och mötesplats genom etablering av fler bostäder, idrottsanläggningar, verksamheter och mer anläggningar för aktivitet i den befintliga parken (Stockholm stad, 2018a). I detaljplanen för Nytorps Gärde föreslås därför ca 650 bostäder, två förskolor, en idrottshall och lokaler för mindre verksamheter framför allt i den västra delen av planområdet, figur 2.

Den planerade bebyggelsen utgörs av 9 kvarter och 19 byggnader. Strukturen och kvarterens namn visas i figur 2 tillsammans med ett höjdsättningsunderlag som visar de större skyfallsåtgärder som planeras för detaljplanen.



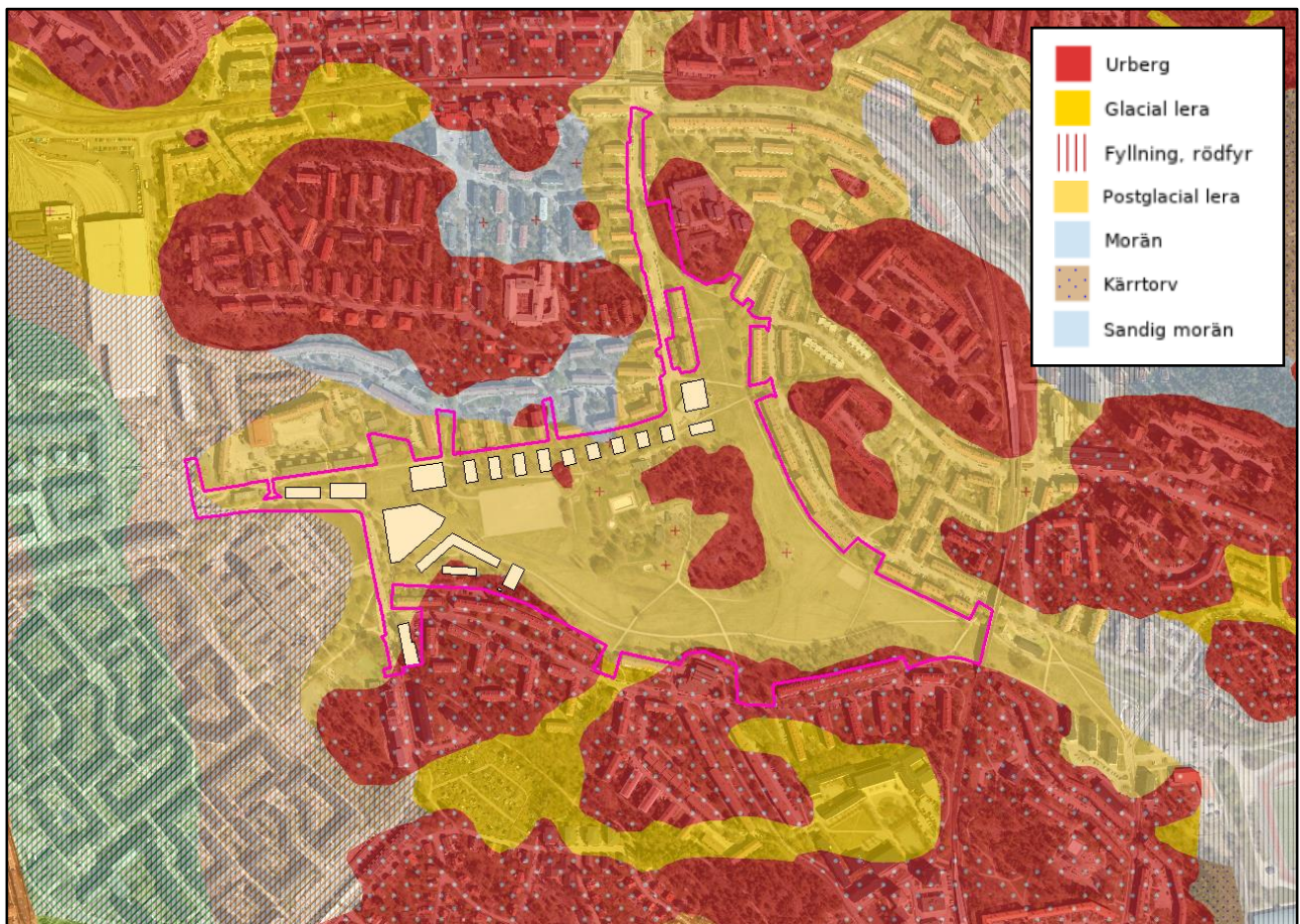
Figur 2. Bild över planerad bebyggelse, planerade kvarter och höjdsättning i planområdet. Den rosa linjen visar detaljplansgränsen.

2 Områdesförutsättningar

2.1 Jordarter

Planområdets ytligaste jordlager består nästan uteslutande av postglacial lera enligt SGUs jordartskarta (2019a). Lera klassas som en jordart med låg genomsläpplighet (SGU, 2019b). I en rapport som MSB (2017) tagit fram som underlag till skyfallutredningar uppskattas infiltrationskapaciteten för lerhaltiga jordar vara begränsad till någon enstaka mm/timme.

I områdets centrala del finns ett mindre bergsområde och i dess västra del en mycket begränsad yta med fyllnadsmaterial (SGU, 2019a). Berg klassas av SGU generellt som ett material med medelhög genomsläpplighet och fyllnadsmaterial som ett material med hög genomsläpplighet. Genomsläppligheten för områdena med fyllnadsmaterial och berg bör dock ses som osäkert eftersom materialet är översiktligt och den exakta sammansättningen kan göra att genomsläppligheten varierar stort. Figur 3 visar att postglacial lera dominerar marken inom planområdet.



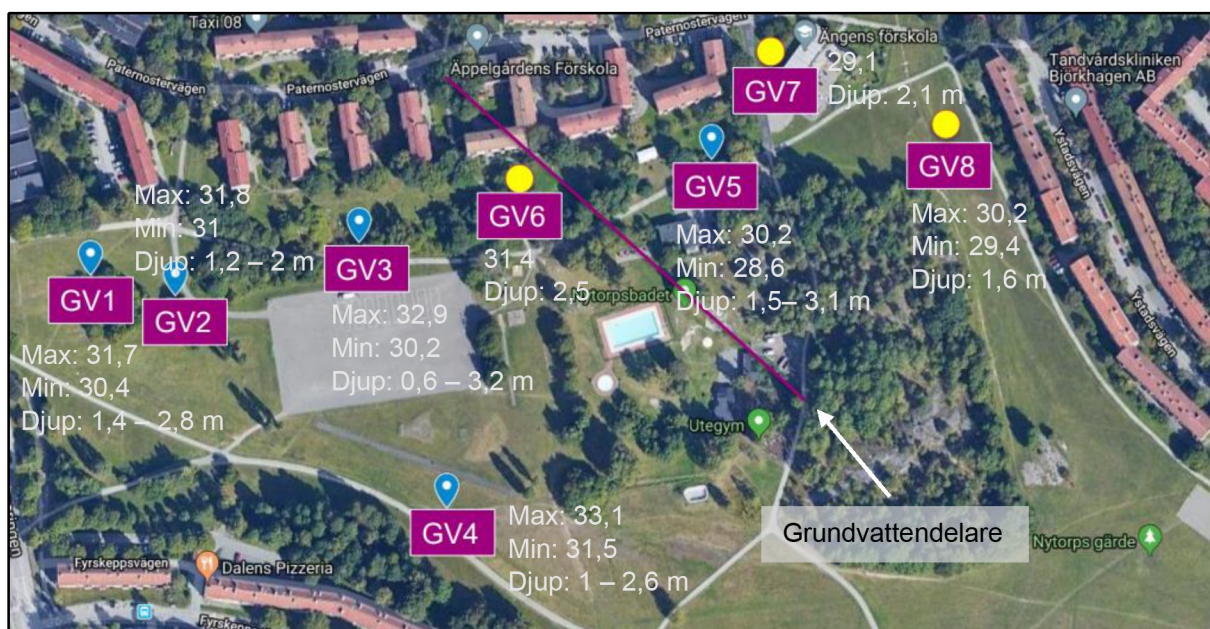
Figur 3. En karta över områdets jordarter hämtad från SGUs WMS-tjänst kombinerad med planerad bebyggelse enligt senaste bebyggelseförslag (SGU, 2019a).

2.2 Grundvatten

I samband med programhandlingsskedet för detaljplanen utfördes nya grundvattenmätningar i området. Den uppmätta konduktiviteten för grundvattenrör 1, 2, 4 och 5 visar att jordprofilen utgörs av grovsilt enligt SGUs klassningssystem för hydraulisk konduktivitet (Bjerking 2020, fil från Byggnet).

Höjdryggen med berg på gärdet utgör en grundvattendelare som gör att grundvattennivån på den östra respektive västra sidan av området skiljer sig åt, inget grundvattenflöde förekommer över grundvattendelaren. Grundvattenmagasinet i området är förhållandevis litet och regleras med god konfidens av klimat- och nederbörd. De högsta grundvattennivåerna förekommer i den södra delen av området (ca +33 möh) och de lägsta i den östra delen av området (ca +30 möh).

I figur 4 ges en översikt av nya grundvattenmätningar som gjorts vid åtta tillfällen från september 2019 fram till april 2020. Vid en mätning i mars 2020 var grundvattendjupet 0,6 meter under markytan för grundvattenrör 3 som ytligast.



Figur 4. En översikt över grundvattenrör med uppmätta nivåer inom detaljplanen. De gula markeringarna visar nya grundvattenrör. Det lila strecket visar uppskattad grundvattendelare (Bjerking 2020, fil från Byggnet).

2.3 Befintligt ledningsystem Nytorps Gärde

Ledningssystemet i Nytorps Gärde består av separerade såväl som kombinerade ledningar (avloppssystem där spill- och dagvatten rinner i samma ledningar) av olika kapacitet. Längs den norra sidan av gärdet, där bebyggelse planeras, finns i dag bräddledningar medan de sydliga delarna har ett system av kombinerade ledningar. I den östra delen av gärdet finns en renodlad dagvattenledning. Stockholm Vatten och Avfall AB (WSP 2019, mailkontakt) beskrev i en mailkontakt att de centrala ledningarna som går i eller i nära anslutning till gärdet har en kapacitet för ett 30-årsregn med klimatfaktor.

3 Stockholms länsstyrelses rekommendationer för skyfallsförebyggande arbete

3.1 Hantering av skyfall på detaljplanenivå

Stockholms Länsstyrelse lyfter i sin publikation *Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall* (2018) flera punkter som behöver beaktas med avseende på skyfall på detaljplansnivå. Generellt så betonar länsstyrelsen att kommunen kan styra markanvändningen så att låglänta områden reserveras för mångfunktionella ytor som kan översvämmas, att stora avrinningsstråk hålls öppna och att ytor som är belägna på högre höjder reserveras för bebyggelse. Stockholms Länsstyrelse (2018) betonar också att kommunen i planbeskrivningen behöver förtydliga hur översvämningsrisken har hanterats genom att:

1. Redovisa hur detaljplanen förhåller sig till risken för översvämning
 - a, Med utgångspunkt från en kommunövergripande skyfallskartering
 - b, Vid behov, ta fram ett mer detaljerat underlag baserat på en markmodell med minst 2x2 m upplösning
2. Redovisa konsekvenser till följd av den planerade 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

I det här fallet har staden gått vidare och gjort en mer detaljerad skyfallsutredning enligt 1b där även steg 2-3 har utretts genom den här utredningen.

3.1.1 Förebyggande skyddsåtgärder för skyfall

Skyddsåtgärder som utgör en förutsättning för att klara lämplighetskrav med avseende på översvämningar för en detaljplan behöver säkerställas. Det kan exempelvis göras genom avtal som reglerar att åtgärden byggs. De villkorade åtgärderna förutsätts då vara så pass preciserade att det inte råder några tvivel om att de är genomförbara, även på längre sikt (Länsstyrelserna, 2018).

För större skyddsåtgärder inom ett område anser Länsstyrelsen (2018) att det är lämpligt att kommunen är huvudman och ansvarar för att åtgärden utförs respektive underhålls. Eftersom skyfallsåtgärder kan kräva stora åtgärder som spänner över ett område större än en detaljplan kan det vara lämpligt för kommunen att se över åtgärder på en mer översiktlig planeringsnivå.

3.1.2 Avsteg från rekommendationerna

Länsstyrelsen betonar att avsteg från rekommendationerna ska motiveras genom erforderliga utredningar, till exempel detaljerade skyfallskarteringar. Detaljplaner där risken för översvämningar inte beaktats kan av Länsstyrelsen tas in för prövning enligt 11 kap 10 § PBL (Länsstyrelserna, 2018).

4 Skyfall

4.1 Skyfall i urbana miljöer

Skyfall innebär att stora mängder nederbörd faller under en kort tid. Enligt SMHI ska intensiteten för ett regn överstiga 50 mm/timme eller 1 mm/minut för att regntillfället ska definieras som skyfall (MSB, 2017). Svenskt Vatten (2018) menar dock att en sådan definition inte är helt tillämplig för skyfall i urbana miljöer där det i stället är den totala tiden under vilket ett regn med en viss intensitet faller, den så kallade regnvaraktigheten, som är avgörande för markavrinningen.

Sambanden kan åskådliggöras med så kallade intensitets-varaktighetskurvor och volym-varaktighetskurvor som visar att regnintensiteten minskar med en längre regnvaraktighet samtidigt som regnvolymin ökar på motsvarande sätt för längre varaktigheter. Sambanden mellan regnintensitet, regnvaraktighet och volym visar att det inte finns ett entydigt "100-årsregn" eller "10-årsregn". Konsekvenserna av ett regn med 100 års återkomsttid i en stadsmiljö kan således variera kraftigt beroende på om regnet varar i 10 minuter eller 2 timmar även om regnet vid båda tillfällen teoretiskt kan definieras som ett "100-årsregn".

4.2 Skyfall och klimatförändringar

Klimatförändringar kommer att påverka nederbördsmonster i världen och i Sverige. Om regnintensiteten exempelvis ökar med 25 % till slutet av seklet, vilket är ett vanligt antagande i dagvatten- och skyfallsutredningar genom att inkludera en klimatkfaktor i beräkningarna, skulle det innebära att sannolikheten för ett befintligt 100-årsregn fördubblas (MSB, 2017).

4.3 Skyfall i Sverige

Skyfall i Sverige inträffar nästan uteslutande under juli och augusti då grundvattennivåerna generellt är lägre än andra tider på året. Det kan då finnas en betydande magasineringskapacitet i jordens översta jordlager. En jord med friktionsmaterial, sand eller grus, kan släppa genom stora mängder vatten utan att mättas, mer än 100mm/timme, medan lerhaltiga jordar har mycket begränsad infiltrationskapacitet. I sådana jordar kommer det allra mesta av regnet avrinna ytledes oavsett om jorden är torr eller blöt vid regntillfället (MSB, 2017).

4.3.1 Skyfallsjuridik

Enligt 2 kap 5 § i plan- och bygglagen 2010:900 (PBL) ska kommunen beakta översvämningssrisker och risker för människors hälsa och säkerhet vid kommunal och fysisk planering. Det är inte preciserat vilken risk, återkomsttid, som anses vara acceptabel i lagrummet (Malmö stad, 2017). Istället har flera Länsstyrelser, däribland Stockholms, tagit fram egna rekommendationer (Länsstyrelserna, 2018) för hantering av översvämning till följd av skyfall, se kapitel 3 Stockholms länsstyrelses rekommendationer för skyfallsförebyggande arbete. Där rekommenderas att ny bebyggelse ska byggas för att inte ta eller orsaka skada till följd av ett skyfall med minst 100 års återkomsttid.

Verksamheter som anses vara av samhällsviktig karaktär rekommenderas få en högre säkerhetsnivå så att funktionen kan upprätthållas även vid en större översvämning. Samhällsviktig verksamhet kan exempelvis definieras som en verksamhet som vid en störning orsakar en större negativ påverkan på samhället (Länsstyrelserna, 2018).

En skyfallstålrig stad behöver därför skapas i samråd mellan både offentliga och privata aktörer då ingen part har egen rådighet över det skyfallsförebyggande arbetet (VASyd, 2018).

4.3.2 100-årsnivån vid planering av ny bebyggelse

100-årsnivån för skyfall kommer från Boverket som i sin tillsynsvägledning för översvämningar beskriver det som en lämplig utgångspunkt i samhällsplaneringen. Kommunen kan själv bestämma om en högre säkerhetsnivå ska åberopas (Länsstyrelserna, 2018). I väntan på att en nationell standard tydliggörs genom lagstiftning har flera städer, däribland Malmö stad, valt att planera framtida bebyggelse utifrån 100-årsnivån som miniminivå. Malmö har motiverat valet med följande punkter:

- 100-årsnivån är en påbörjad praxis i många städer i Sverige
- Flera Länsstyrelser, bland annat Skånes, Stockholms och Västra Götalands, rekommenderar att samhällsviktig verksamhet ska ges en högre säkerhetsnivå och planeras så att funktionen kan upprätthållas vid en översvämning
- Svenskt vatten rekommenderar i P110 att ny bebyggelse planeras för att klara minst ett 100-årsregn
- Områden som planeras för att klara ett 100-årsregn utan översvämningar kommer kunna hantera även större regnmängder utan katastrofala följder genom en genomtänkt strategi för höjdsättning

I de fall där åtgärder utöver 100-årsnivån kan ge stora mervärden för andra områden samt är ekonomiskt och tekniskt möjligt, bör sådana åtgärder övervägas.

4.3.3 Kombinerade ledningar och risk för översvämningar

Kombinerade ledningssystem kan innebära en större risk för källaröversvämning till följd av ett skyfall (VASyd, 2018). Eftersom vattnet från kombinerade ledningar kan innehålla avloppsvatten finns risk för exponering av bakterier. Kombinerade ledningar är vanligtvis dimensionerade för att hantera regn med 2-5 års återkomsttid till fylld ledning (Malmö stad, 2017).

5 Skyfallsmodellering Nytorps Gärde

5.1 Skyfallsmodellering

Skyfallsmodellen för Nytorps gärde har byggts upp i programvaran MIKE 21. Modelleringen har gjorts med utgångspunkt från följande publikationer:

- Svenskt Vattens publikation P110 (Svenskt Vatten, 2016)
- *Vägledning för skyfallskartering* (MSB, 2017)
- *Kartläggning av skyfalls påverkan på samhällsviktig verksamhet* (MSB, 2014).

I tabell 1 redovisas två scenarier som modellerats, befintlig situation och det senaste utredningsförslaget. I tabellen går det att utläsa vilka modellfiler som använts för respektive simulering. För information om tidigare simuleringar se bilagor och tidigare rapport från 2020-07-07.

Tabell 1. Information om underlaget som använts till de två skyfallsscenarier som redovisas i den här utredningen.

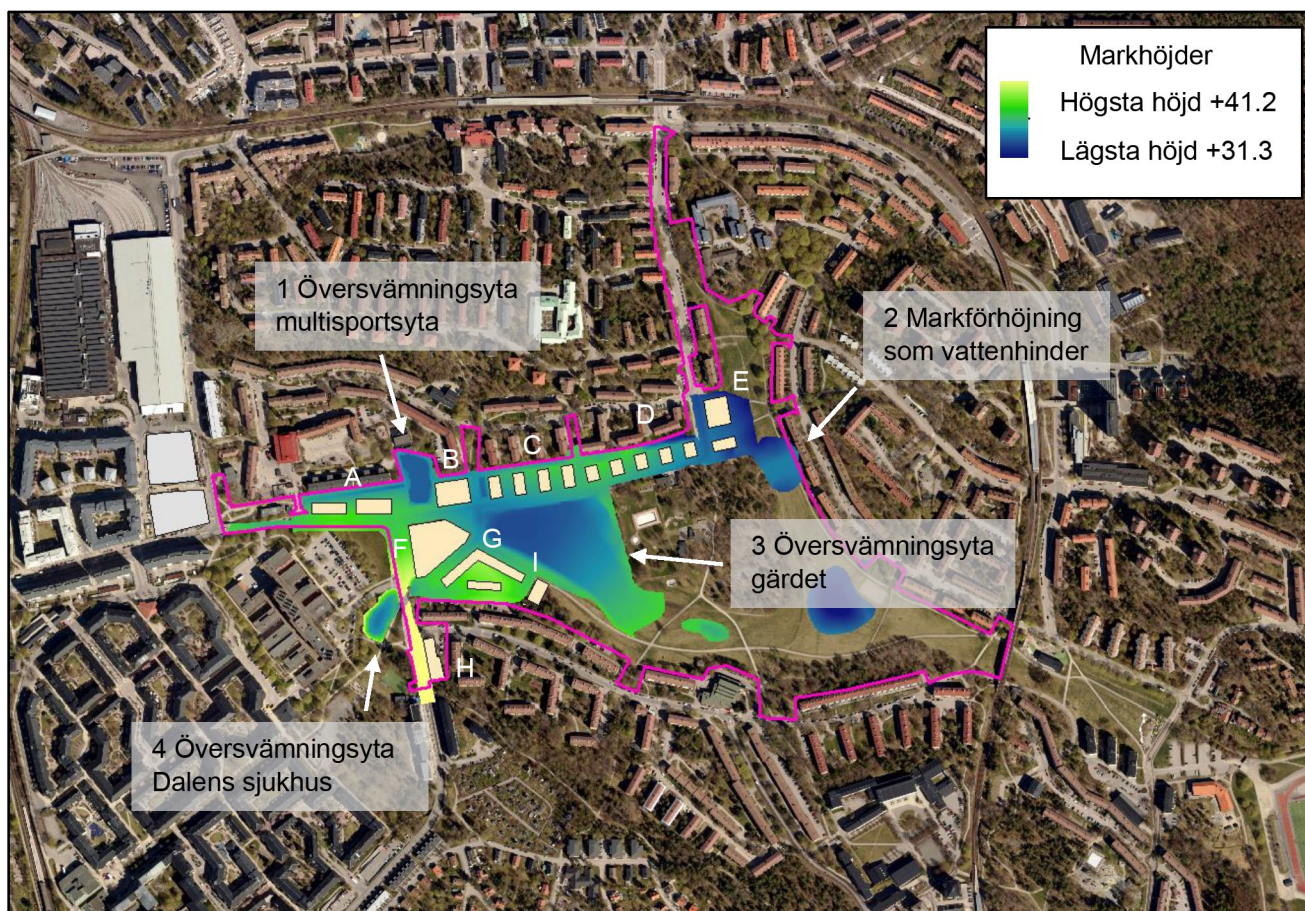
Scenario	Bebyggelse	Höjdsättning	Simulerat regn*
Simulering 0	Befintlig bebyggelse	Befintlig höjdsättning utifrån laserscanning från 2016 1x1 m	100-årsregn med klimatfaktor
Simulering 11	Strukturplansförslag från 2021-01-25	Befintlig höjdsättning baserat på laserscanning från 2016 utanför planområdet och höjdsättningsfil 2021-02-05 innanför planområdet	100-årsregn med klimatfaktor

*Det regn som använts i modelleringen har haft en varaktighet på 4 timmar

5.2 Terrängmodell

För varje skyfallssimulering har en terrängmodell byggts upp. Gränserna för modellerna har anpassats till gränserna för ett topografiskt delavrinningsområde, ca 330, som inrymmer planområdet med omnejd. För befintlig situation bygger höjdsättningen på en laserscannad höjdmodell från 2016 med 1x1 m i upplösning. För framtida situation, simulering 11, bygger höjdmodellen på delvis befintliga och delvis justerade höjder, se figur 5 för ytor där planerade höjder har ersatt de befintliga. De justerade höjderna har tagits fram av Landskapslaget och Tyréns.

I anslutning till planområdet i väster finns två gång- och cykelgenomgångar som justerats för att tillåta avrinning genom strukturerna i stället för ovanliggande vägbana. En liknande justering har gjorts för gång- och cykelgenomgången under Hammarbyhöjdens tunnelbanestation. Byggnader har höjts upp i terrängen för att skapa rinnvägar runt dessa.



Figur 5. Bild över planerad bebyggelse, planerade kvarter och områden där nya höjder har ansatts som underlag till skyfallsmodellen.

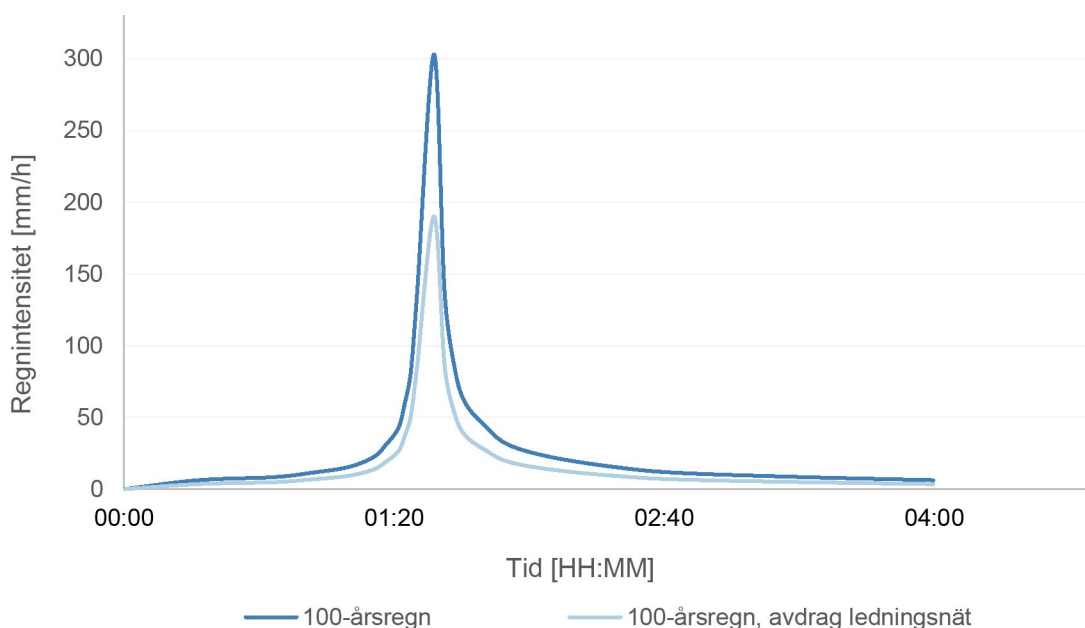
5.3 Nederbörd

Vid skyfallskartering används ofta olika typer av konstruerade regntillfällen. Även om betydande regionala skillnader förekommer för korttidsnederbörd, för regnvaraktigheter upp till 12 timmar, enligt SMHI (2017), används regnserier från P104 (Svenskt Vatten, 2011) som bygger på intensitets-varaktighetssamband som gäller för hela Sverige då kommunen i det här fallet inte har någon egen regnserie. 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 Nytorps Gärde har modellerats med ett 100-årsregn med 4 timmars varaktighet. 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 6 (Svenskt Vatten, 2011).

Kapaciteten i dagvattenledningsnätet har efter diskussion med Stockholms stad och SVOA antagits motsvara ett 10-årsregn utan klimatkfaktor enligt rådande lagkrav. Även om SVOA kommunicerat att det lokalt kring planområdet förekommer ledningar med betydligt större kapacitet, 30-årsregn inklusive klimatkfaktor, kan äldre kombinerade ledningar i utredningsområdet ha betydligt lägre kapacitet. Då kapaciteten för ledningar i hela delavrinningsområdet inte fanns att tillgå gjordes ett schablonmässigt avdrag motsvarande volymen för ett 10-

årsregn av CDS-typ utan klimatfaktor från det använda 100-årsregnet i skyfallskarteringarna. Avdrag för ledningsnät har gjorts för hårdgjorda ytor och ytor med bebyggelse vilka antas vara ansluta till dagvattenledningsnätet. På övriga ytor i modellområdet har regnets fulla intensitet använts.



Figur 6. CDS-regn som använts i skyfallskarteringen med 100 års återkomsttid. Mörkblå linje visar regnets fulla intensitet. Ljusblå linje visar intensiteten efter att avdrag gjorts för ledningsnätets kapacitet och används på ytor som antas vara ansluta till ledningsnätet. Den maximala intensiteten sker under ett kort tidsintervall på några minuter.

5.4 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. För att bestämma markens råhet för olika ytor användes Lantmäteriets översiktskarta som innehåller information om markanvändning. Värden som använts i skyfallskarteringarna presenteras i tabell 2.

Tabell 2. Värden på Mannings tal som använts i skyfallskarteringen för olika ytor. Ytorna har klassats utifrån Lantmäteriets översiktskarta.

Yta	Mannings tal M
Öppen mark	25
Skog	10
Låg bebyggelse	30
Hög bebyggelse	35
Byggnader	70
Vägar	80

5.5 Markinfiltration

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, magasin kapacitet, perkolation och initial vattenhalt. Information om jordarter i området har hämtats från SGU:s jordartskarta (SGU, 2019a). 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 3.

Med modellparametrarna för simulering 1 (en av de tidigare simuleringarna som beskrivs i rapporten från 2020-07-07) gjordes en känslighetsanalys av infiltrationsmodulen där effekten av en ändring av infiltrationskapaciteten från 4 till 6 mm/h respektive 4 till 16 mm/h för lera studerades, se resultat i nästa avsnitt om känslighetsanalysen.

Tabell 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:s Jordartskarta (2019a).

Jordart	Infiltration (mm/h)	Porositet (-)	Mäktighet (m)	Perkolation (mm/h)	Vattenhalt (%)
Berg med jordtäck	36	0,4	0,1	0,04	20
Sand	180	0,4	0,3	180	10
Isälvssediment	180	0,4	0,3	180	10
Lera	4	0,4	0,3	0,04	45
Torv	18	0,4	0,3	2	40
Fyllning	72	0,4	0,3	36	20
Hårdgjort	0	0,05	0,1	0	0

5.5.1 Känslighetsanalys

För simulering 1 gjordes tidigt en känslighetsanalys av infiltrationsmodulen i skyfallsmodellen för att kvantifiera dess påverkan på modelleringsresultatet. Infiltrationsmodulen valdes till analysen eftersom den enligt uppgift kan bidra med stor osäkerhet i skyfallskarteringar (MSB, 2017). Två fall studerades för den dominerande jordarten lera i området där infiltrationen varierades mellan 4 – 6 mm/h respektive 4 – 16 mm/h.

Resultatet från känslighetsanalysen visar att en högre infiltrationskapacitet för lera minskar de maximala stående vattenvolymer som väntat. Totalt minskade volymen med 2 – 5,5 % för de ytor där volymen beräknats när infiltrationskapaciteten ökades till 6 mm/h. Störst skillnad uppmärksammades i de centrala och norra delarna av planområdet. När infiltrationskapaciteten ökades till 16 mm/h blir den totala volymen 10 % mindre, även här med störst skillnad på den norra- och centrala delen av gärdet.

Att bestämma markens infiltrationskapacitet är dyrt för stora områden. I exploaterade områden kan infiltrationen dessutom variera betydligt mellan olika ytor. Ökningen av infiltrationskapaciteten för lera från 4- till 16 mm/h är en överskattning av infiltrationskapaciteten och genomfördes i syfte att se vilken effekt en sådan ökning får på resultatet. Resultaten tyder på att en mindre förändring av infiltrationen inte påverkar resultatet med mer än några procent och att osäkerhetsbidraget per mm/h minskar med en större förändring.

Viktigt att beakta från ovanstående analys är att den endast berör 1 av 5 parametrar som används i infiltrationsmodulen och därför bara beskriver en del av osäkerheten i modellen.

5.6 Osäkerheter

Modellering av skyfall är förknippat med flera antaganden och osäkerheter. Här beskrivs några av osäkerheterna som behöver beaktas vid ett användande av resultaten.

Att göra ett schablonmässigt avdrag för ledningsnätets kapacitet innebär vissa begränsningar. Förutom att man inte får med interaktionen mellan markavrinning och uppfyllnad av ledningsnät för varje tidssteg i modellen kan kapaciteten variera för olika ledningar i ett område vilket är svårt att simulera med ett schablonavdrag. Osäkerheten ökar dessutom om regnets återkomsttid ligger nära ledningsnätets kapacitet. För stora regn, där ledningsnätets kapacitet antas motsvara en mindre andel av regnets totala volym, blir osäkerheten mindre (MSB, 2017). I det här fallet har ett 100-årsregn modellerats och ledningsnätets kapacitet uppskattats till ett 10-årsregn utan klimatfaktor generellt.

Skyfall inträffar vanligtvis lokalt och kan variera stort i både tid och rum. Att mäta upp variationen ställer höga krav på ett tätt nät av nederbördsräknare med hög upplösning (MSB, 2017) något som ofta inte finns tillgängligt. Att skyfall med en lång återkomsttid dessutom är sällsynta innebär också att det finns få historiskt uppmätta episoder att relatera modelleringsresultaten gentemot. Av den här anledningen simuleras skyfall i Mike 21 genom att det regnar lika mycket på varje beräkningscell för varje tidssteg trots att beräkningsområdet kan vara relativt stort som i det här fallet.

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 väldigt generella kategorier används i ett område där markanvändningen varierar stort.

Modellens upplösning bidrar också med osäkerhet i skyfallskarteringar. Det kan exempelvis göra att det fastnar regn vid en byggnad fast det i verkligheten borde avrinna bort från byggnaden. Detta blir tydligast vid flacka områden där marken inte har en betydande lutning. För detaljerad åtgärdsplanering rekommenderar därför MSB (2017) att upplösningen inte understiger 2x2 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).

Infiltrationskapaciteten kan exempelvis uppskattas utifrån SGUs jordartskartor. Värden från SGUs kartor är generella och fångar typiskt inte upp den stora variation som kan förekomma i marken. Detta gäller särskilt 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 var särskilt motiverat i den här utredningen.

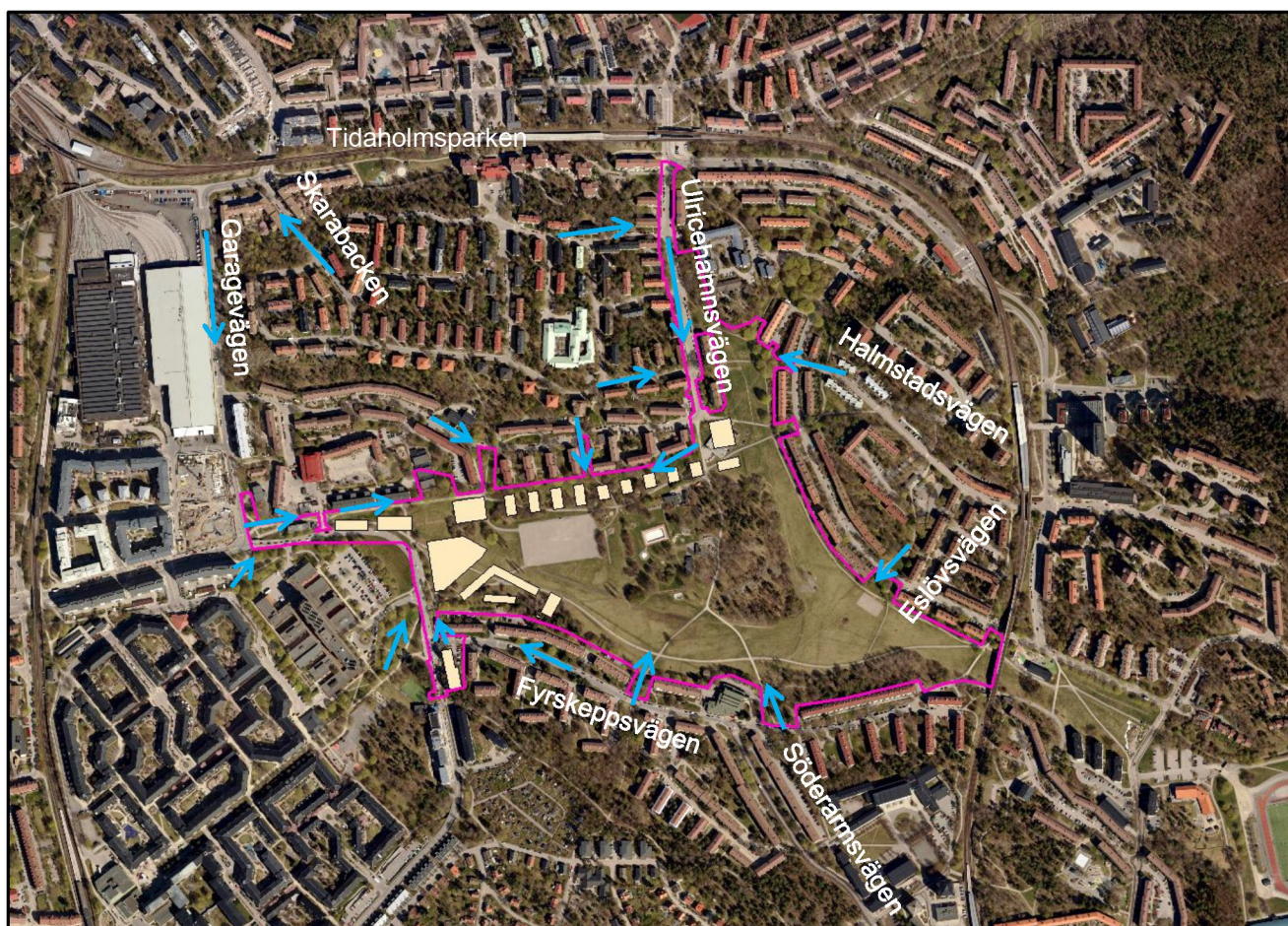
Slutligen spelar själva regntillfället roll för vilka konsekvenser ett skyfall kan leda till. Om ett skyfall inträffar efter en tid med regn där marken redan är mättad kan konsekvenserna bli betydligt värre i jämförelse med ett scenario där det finns magasinetskapacitet i marken, speciellt för ett område med genomsläppliga jordarter. I det här fallet tros detta vara en faktor som bidrar med lite osäkerhet eftersom stora delar av utredningsområdet är hårdgjort och består av lera med låg genomsläpplighet.

6 Resultat

6.1 Flödesvägar till området

Skyfallssimuleringarna visar att stora mängder vatten avrinner in mot planområdet från flera olika håll. Stora flödesvägar in mot planområdet går via Skarabacken och vidare mot planområdet via Garagevägen väster om planområdet, Lidköpingsvägen och Ulricehamnsvägen norr om planområdet samt Fyrskpepsvägen och Söderarmsvägen som mynnar in i området söderifrån. Även Halmstadsvägen och Eslövsvägen bidrar med flöden in mot planområdet österifrån. Dessa flöden har emellertid inte analyserats med avseende på volymer. Samma mönster kan ses för alla skyfallskarteringar som gjorts. Flödesvägarna visas i sin helhet i flödesbilagorna till rapporten. Flödesbilagorna betecknas med bokstaven C förutom i fallet med bilaga 7D där flödesvägar inklusive vattenvolymer har beräknats för de stora flödesstråken som rinner mot planområdet.

Flödesriktningarna i området sammanfattas översiktligt i figur 7 där det bland annat kan ses att ett flödesstråk går mellan ny och befintlig bebyggelse norr om kvarter A-D.



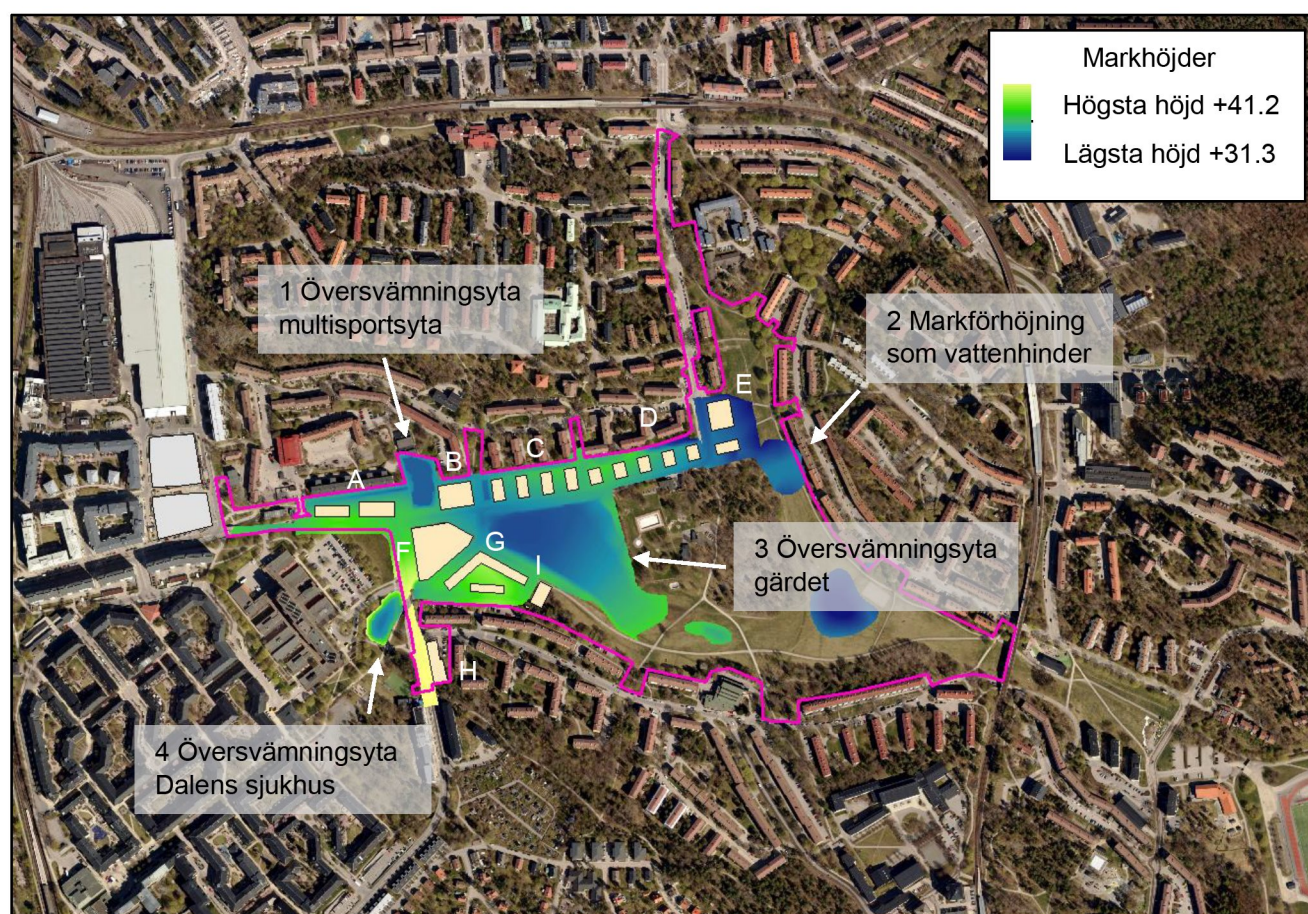
Figur 7. Huvudsakliga flödesvägar som avrinner mot planområdet.

6.2 Modellerade skyfallsåtgärder

Nedan listas de större skyfallsåtgärder som bedömts vara nödvändiga för planen. För tidigare studerade åtgärder hänvisar vi till rapporten från 2020-07-07. I stora delar av detaljplanen har även markjusteringar gjorts, se figur 8, för att underlätta avrinning mot åtgärderna och skydda befintlig och planerad bebyggelse.

Tabell 4. Beskrivning av de större skyfallsåtgärder som har utretts och anses vara nödvändiga för planen.

Skyfallsåtgärd nr	Beskrivning
1	Nedsänkning av marken för att inrymma skyfallsvatten. Anläggningen är tänkt att fungera som en multisportsyta till vardags.
2	Markförhöjning för att hindra skyfallsvatten att avrinna norrut mot kvarter E och befintliga byggnader.
3	Ugröpning av marken för att hantera skyfallsvatten. Till vardags är anläggningen tänkt att nyttjas till andra ändamål.
4	Nedsänkning av marken vid Dalens sjukhus för att inrymma det vatten som tidigare flödade in i detaljplanen från Fyrskepsvägen och Dalens fastighet. Staden har påbörjat en dialog med Dalens sjukhus kring ett avtalsservitut för skyfallsytan på deras fastighet.



Figur 8. Bild över planerad bebyggelse, planerade kvarter och områden där nya höjder har ansatts som underlag till skyfallsmodellen. Bilden visar också de större skyfallsåtgärder som bedöms vara nödvändiga för planen.

6.3 Resultat nollsimulering

I figur 9 visas maximala vattennivåer från nollsimuleringen i kombination med skyfallsvolymer. Skyfallsvolymererna har beräknats innanför ytorna som redovisas i figur 11.



Figur 9. Maximala vattennivåer och utbredning av översvämning vid studerat 100-årsregn för nuvarande situation.

6.4 Resultat simulering 11

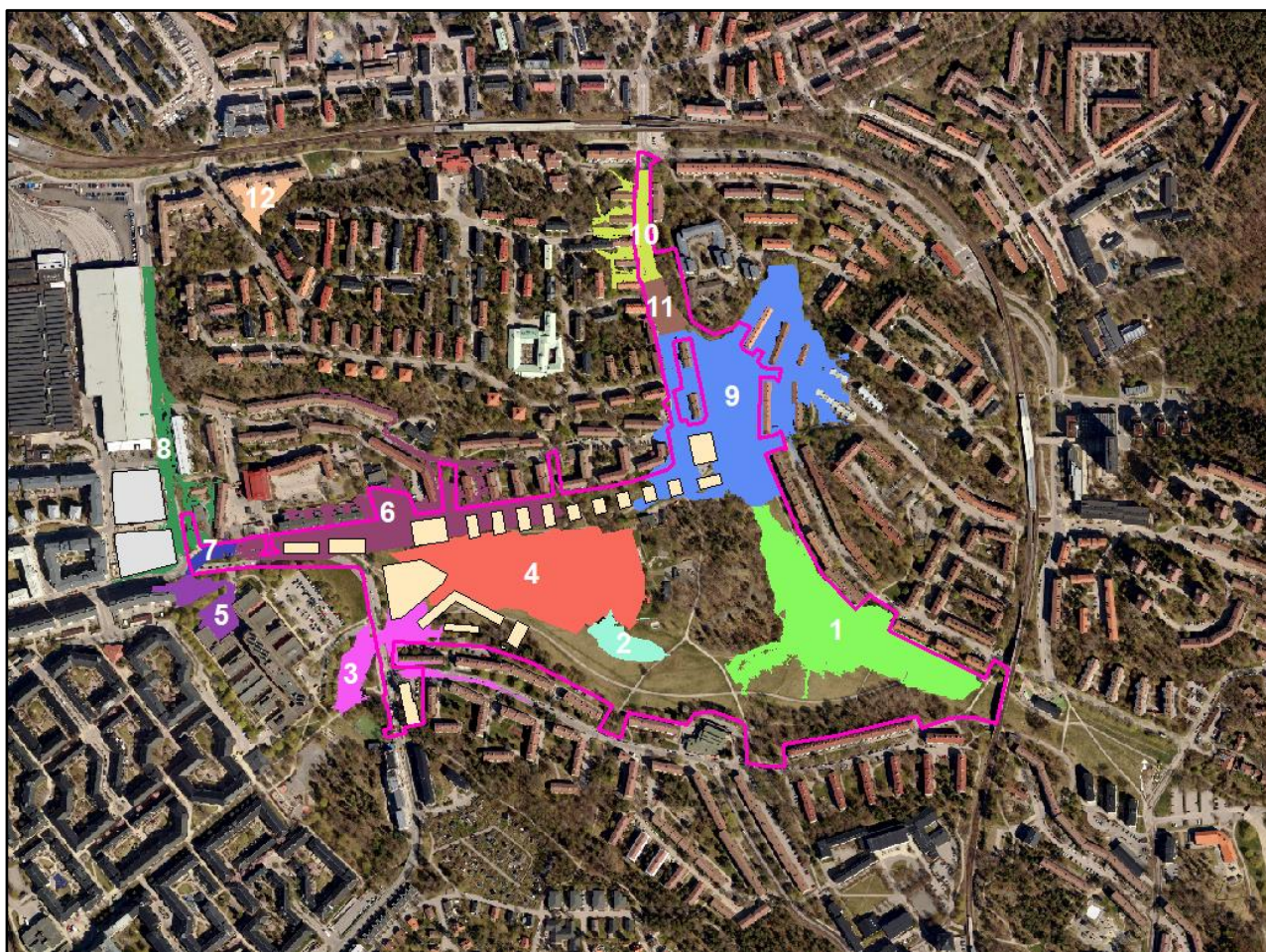
I figur 10 visas maximala vattennivåer från simulering 11 i kombination med skyfallsvolymer. Skyfallsvolymererna har beräknats innanför ytorna som redovisas i figur 11.



Figur 10. Maximala vattennivåer och utbredning av översvämning vid studerat 100-årsregn för planerad situation.

6.5 Volymsjämförelser för olika simuleringar

För att kunna jämföra skyfallsvolymer mellan olika simuleringar har maximala vattenvolymer beräknats inom de numrerade ytor som visas i figur 11. De volymer som jämförs är således det vatten som hamnar innanför de färglagda områdena. De numrerade ytorna inrymmer stora mängder av de stående skyfallsvolymer som observerats i skyfallssimuleringarna. I tabell 5 visas en jämförelse av maximala stående vattenvolymer mellan simulering 0 och simulering 11.



Figur 11. Ytor som använts för att beräkna volym av vatten i skyfallskarteringarna.

I tabell 5 visas beräknade vattenvolymer för simulering 0 och 11. En förbättring kan utgöras av att både mer och mindre vatten hamnar inom ytorna där volymer har beräknats. Det beror på att det i vissa fall har varit önskvärt att avleda mer vatten till ytan och i andra fall mindre. Analysen bygger på en jämförelse av maximala stående vattenvolymer mellan bilagorna för de fyra simuleringarna.

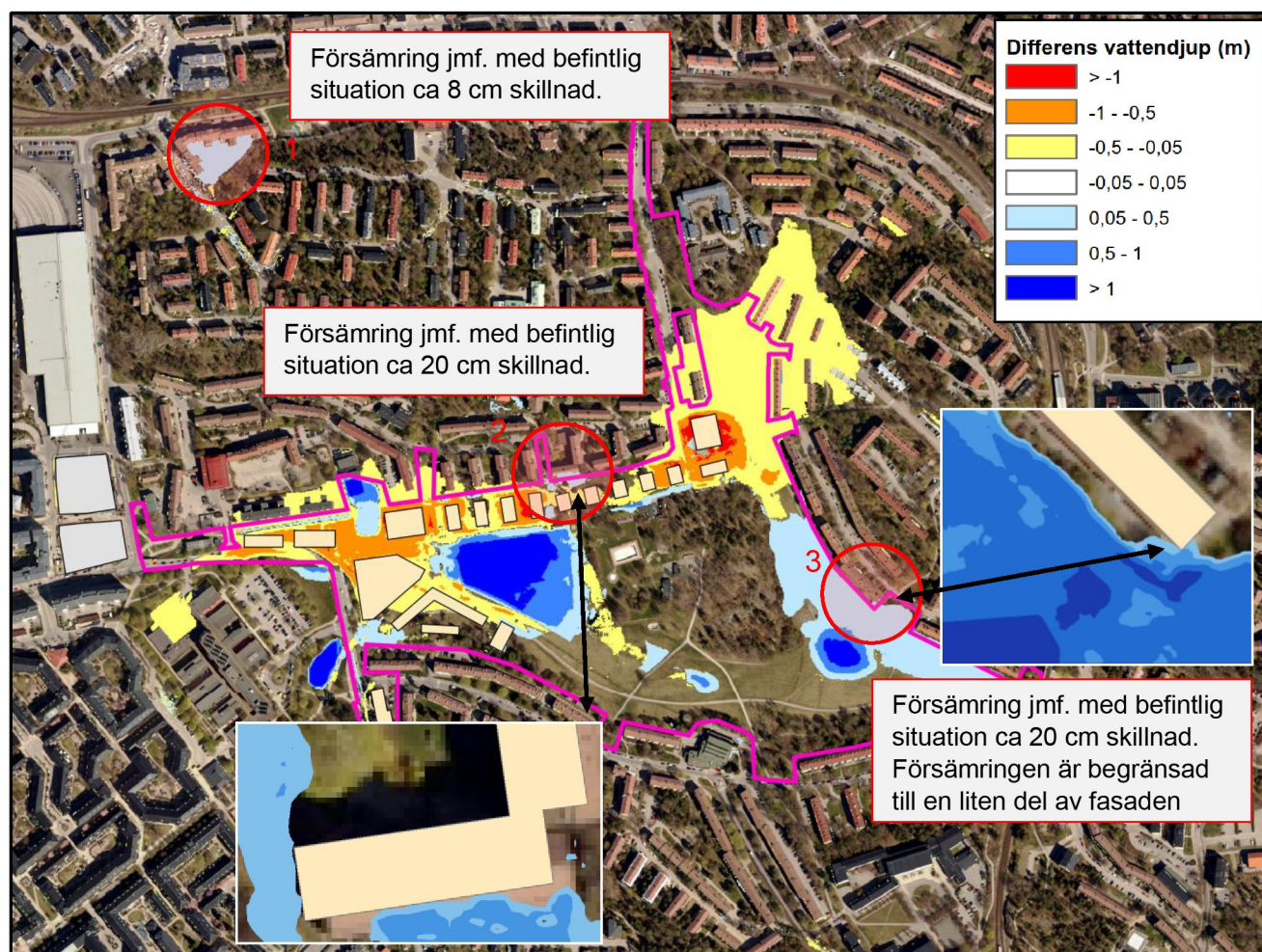
Tabell 5. Beräknade volymer [m³] inom färgmarkerade ytor som presenterades i **Fel! Hittar inte referenskälla.** Beräknade volymer baseras på resultat från skyfallssimuleringar med maximalt vattendjup från bilagorna 1.1A och 12.1A. Grön färg betyder att vattnet i större utsträckning hamnar där det ger mindre materiella skador. Rosa färg indikerar en försämring för befintlig bebyggelse. För celler där ingen färgmarkering gjorts är skillnaden för liten för att kunna jämföras, <100 m³.

Nummer i figur 8	Simulering 0	Simulering 11	Skillnad [m ³]	Kommentar
1 (2 i figur 8)	7 720	13 130	5 410	Positiv trend: Markförhöjning östra gärdet: Genom en liten markförhöjning sprids skyfallsvattnet ut över ett större område.
2	240	210	-	Försumbar skillnad.
3 (4 i figur 8)	1 030	2 900	1 870	Positiv trend: Vatten som tidigare flödade från Fyrskoppsvägen och Dalens sjukhus vidare in mot detaljplanen har stoppats. En urgröpning har i stället gjorts på Dalens fastighet där skyfallsvatten kan ansamlas.
4 (3 i figur 8)	9 700	16 900	7 200	Positiv trend: Översvämningsyta gärdet: En stor volym avrinner ut mot den planerade översvämningsytan på gärdet och minskar skyfallsrisken för befintlig- såväl som planerad bebyggelse. Justeringar i skyfallsytan jämfört med simulering 10 visar att ca 2 270 m ³ mer vatten ansamlas i ytan (önskat resultat var 4 600 m ³ som projektgruppen grovt bedömt hade lösgjorts i skyfallsytan på gärdet jämfört med simulering 10). Samtidigt minskar volymen med ca 2 250 m ³ i område nummer 6 (multisportytan) vilket betyder att den vattenvolymen i simulering 11 istället hamnar vid skyfallsytan på gärdet. Att 4 600 m ³ mer vatten inte ansamlas i den stora skyfallsytan bedöms bero på att den maximala vattennivån stabiliseras vid +33.79 för simulering 11 och +34,05 för simulering 10. Skyfallsvolymen sprids således ut över en större yta.
5	2 630	2 440	210	Positiv trend: Skyfallsåtgärder inom planområdet minskar den stående skyfallsvolymen vid Dalens sjukhus.
6 (1 i figur 8)	12 880	5 330	7 550	Positiv trend: Förbättrade flödesvägar, urgröpning av multisportyta och översvämningsyta på gärdet tros skapa förbättringen.
7	1 180	1 170	-	Försumbar skillnad.
8	1 850	1 850	-	Försumbar skillnad.
9 (2 i figur 8)	32 780	22 460	10 320	Positiv trend: Markhöjningsåtgärden på östra gärdet sprider ut vattnet och ger en betydande förbättring för befintlig bebyggelse.
10	930	920	-	Försumbar skillnad.
11	620	610	-	Försumbar skillnad.
12	1 610	1 800	190	Försämring: Mer vatten vid fastigheten Yrkeslärares 1 som ligger ca 500 m från planområdet. Vidare utredning om orsak görs i nästa planskede.

6.6 Möjliga skyfallskonsekvenser vid ett genomförande av planen

I figur 12 visas skillnader i maximalt vattendjup mellan simulering 0 och simulering 11. Gula/röda områden indikerar en minskning av vattendjup och ljusblått-blått en ökning. Generellt kan det konstateras att ett genomförande av planen kommer innebära stora förbättringar för befintlig bebyggelse på många håll inom planområdet. Trots det har tre försämringar för befintlig bebyggelse observerats ur ett skyfallsperspektiv.

1. Se siffra 13 i tabell 5.
2. Ca 160 m³ ansamlas i anslutning till den befintliga byggnaden. En begränsad del av skyfallsvolymen ser ut att nå fasad.
3. Försämringen är avgränsad till en mycket begränsad del av fasaden. Den ökade skyfallsvolymen mot fasad bedöms kunna hanteras med en mindre markförhöjande åtgärd i senare skeden.



Figur 12. Skillnad i vattendjup mellan nollsimulering och simulering 11. Samma bild återfinns även i bilaga 12E.

6.6.1 Planerade byggnader med stående vatten mot fasad

Flera byggnader får stående vatten mot fasad vid studerat 100-årsregn. Alla byggaktörer har blivit informerade om föreliggande skyfallsrisker och markhöjder (+höjder) från den senaste markmodellen (2021-02-05) samt maximala stående vattennivåer mot fasad från den senaste skyfallssimuleringen, simulering 11. Stockholm stad har beslutat att färdigt golv ska ligga minst 20 cm över den maximala stående vattennivån mot fasad.

Tabell 6. Antal byggnader med vatten mot fasad enligt simulering 11. Vattennivån avser den maximala vattennivån från den senaste skyfallssimuleringen. Nivån för färdigt golv har ansatts till 20 cm över den maximala vattennivån mot fasad.

Kvarter	Antal byggnader	Maximal vattenhöjd mot fasad [m]	Stående vattennivå [+höjd]	Färdigt golv höjd [+höjd]	Kommentar
A	1 av 2	0,3	+34,09	>+34,29	Den vänstra byggnaden i kvarter A ligger i anslutning till ett skyfallsstråk och får stående vatten mot en begränsad del av fasaden för den västra byggnaden vid studerat 100-årsregn.
B	1 av 1	0,4	+33,79	>+33,99	Byggnaden i Kvarter B ligger mellan två planerade översvämningssytor och får stående vatten mot fasad runt stora delar av byggnaden vid studerat 100-årsregn. Entrén är tänkt att placeras så att den del av byggnaden som inte får stående vatten mot fasad kan nyttjas vid ett skyfall.
C	2 av 4	0,5	+33,79	>+33,99	Två byggnader i kvarter C ligger lågt i terrängen och i anslutning till skyfallsytan på gårdet. Det resulterar i stående vatten mot fasad för studerat skyfall.
D	0 av 4				
E	2 av 2*	0,3	+32,36	>+32,56	För kvarter E får båda byggnader vatten mot fasad vid studerat skyfall i simulering 11. Siffrorna i tabellen gäller för den norra byggnaden. Den södra byggnadens översvämning mot fasad bedöms bero av en lokal svacka som inte beaktats i skyfallssimuleringen. I tidigare simuleringar har höjdsättningen för den byggnaden anpassats så att inget stående vatten mot fasad skapas. Den södra byggnadens problematik bedöms därför kunna hanteras genom att se över höjdsättningen vid svackan.
F	1 av 1	0,2	+33,79	>+33,99	En mycket begränsad del av byggnaden får stående vatten mot fasad vid studerat 100-årsregn.
G	1 av 2	0,2	+36,82	>+37,02	Vid studerat 100-årsregn får en väldigt avgränsad del av byggnaden stående vatten mot fasad.
H	1 av 1	0,5	+39,55	>+39,75	Den södra delen av byggnaden får stående vatten mot fasad vid studerat 100-årsregn. Översvämningen bedöms bero av en lokal svacka vid den södra delen av byggnaden vilken bedöms kunna hanteras genom en genomtänkt höjdsättning av kvarteret.
I	1 av 1	0,4	+34,37	>+34,57	Den nordöstra fasaden av byggnaden får stående vatten mot fasad vid studerat skyfall. Översvämningen bedöms kunna hanteras genom en genomtänkt höjdsättning av kvarteret.
Summa	10 av 18	-	-	-	-

6.6.2 Kvarstående skyfallsproblematik

För befintlig bebyggelse bedöms ett genomförande av planen resultera i en försämrad skyfallsproblematik för tre byggnader i anslutning till planområdet. I alla fallen rör det sig om volymer som bedöms vara hanterbara genom ytterligare åtgärder som inte äventyrar ett genomförande av planen. Detta behöver dock utredas vidare. I ett av fallen kan försämringen vara kopplad till den nya utformningen av byggnaderna för kvarter A och B. Något som skulle kunna fastställas genom en ytterligare skyfallssimulering.

För planerad bebyggelse får 10 av 18 byggnader vatten mot fasad för studerat skyfall. För flera av byggnaderna är översvämningen begränsad till en del av byggnaden. I två fall omfattar översvämningen stora delar av byggnaden, för kvarter B och byggnaden längst västerut i kvarter C. I samtliga fall har byggaktören informerats om situationen och staden har föreslagit att färdigt golv ansätts 20 cm över högsta vattennivå mot fasad som en säkerhetsåtgärd.

6.6.3 Rådighet över skyfallsåtgärder

För samtliga skyfallsåtgärder som föreslagits, 1-4 i figur 8, har genomförbarheten diskuterats och utretts av hela projektgruppen för detaljplanen. Stockholm stad har egen rådighet över åtgärderna i två av fyra fall, för skyfallsytan på gårdet och markförhöjningen i den östra delen av planområdet.

Av de skyfallsåtgärder som studerats har Stockholm stad egen rådighet i två av fyra fall. För multisportytan pågår en dialog med Hammarbyskolan södra eftersom åtgärden ligger delvis inom deras tomträtt. För åtgärden vid Dalens sjukhus pågår samtal om ett avtalsservitut.

6.6.4 Outnyttjad möjlig fördröjningskapacitet

I den stora planerade översvämningsytan på gårdet (åtgärd 3 i figur 8) har höjderna anpassats så att marken aldrig når närmre än 0,3 m från högsta uppmätta grundvattenyta. Detta lager planeras att anläggas delvis som ett dränerande lager med exempelvis biokol. Porvolymen mellan materialet kommer då att ge en extravolym som kan nyttjas vid ett eventuellt skyfall. Den extra porvolymen har inte beaktats i simulering 11. Den extra volymen beror på utformning och har därför inte uppskattats i det här skedet.

I multisportytan (1 i figur 8) finns en ytterligare potential om man skulle sänka ytan mer. Det skulle innebära bland annat innebära gestaltningsmässiga utmaningar eftersom ytan redan är djup men också lösgöra uppskattningsvis 600 – 1600 m³ beroende på utformning.

6.7 Skyfall och uppskattad fara för människoliv

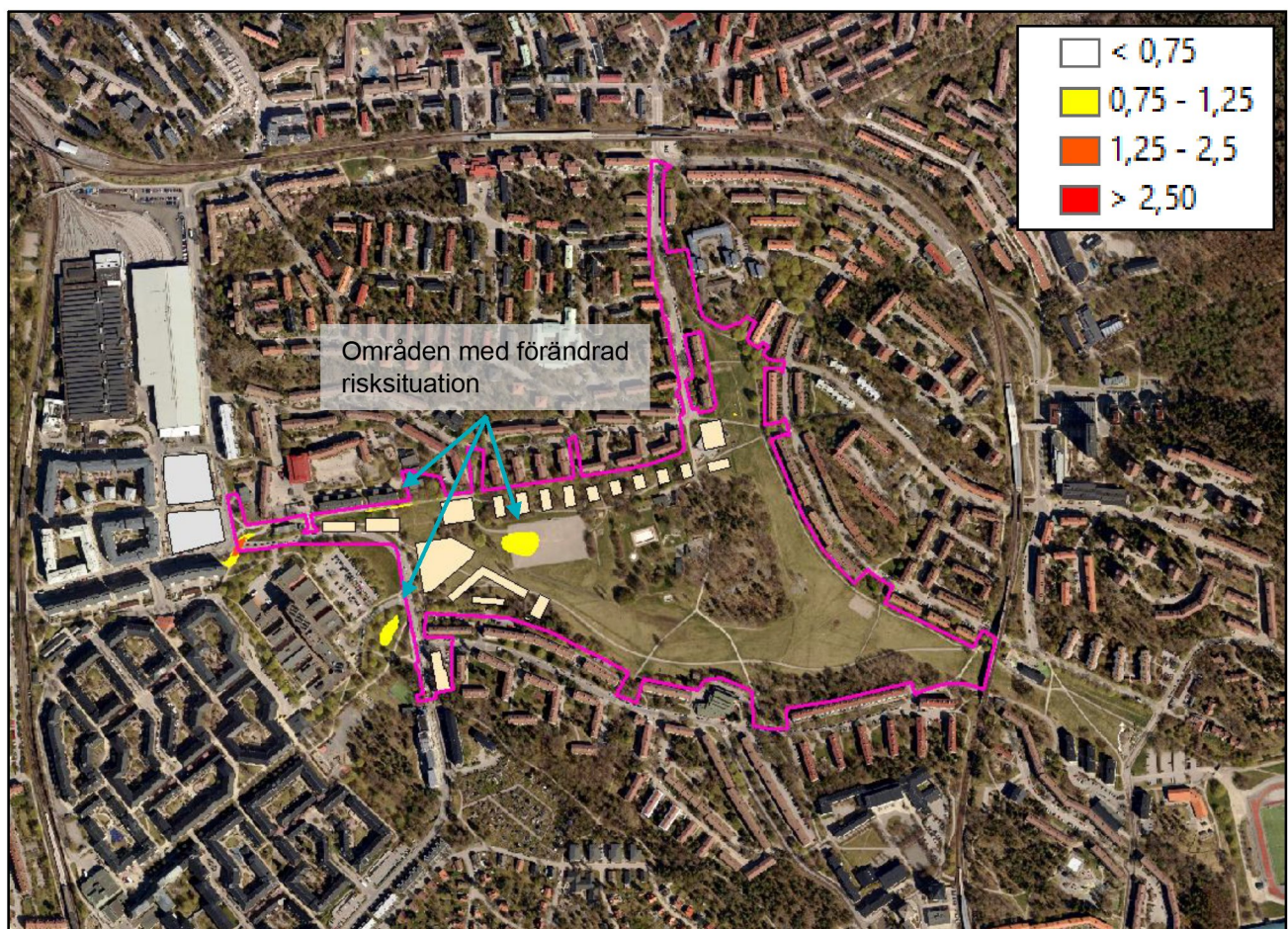
Förutom stora och kostsamma samhällsstörningar och skador kan skyfall orsaka också innebära fara för människors liv. Ur översvämningskartor kan det vara svårt att utläsa risker för människoliv endast utifrån utbredning och vattendjup. I MSBs (2017) vägledning för skyfallskarteringar hänvisar man därför till en metod utvecklad av DEFRA, Department for Environment, Food and Rural Affairs. Genom metoden kan den direkta faran för människoliv undersökas utifrån vattendjup, D, och vattenhastighet, V, genom nedanstående ekvation. I figur 13 kan ses att områdena där riktvärdena från ekvationen överskrids är mycket begränsade. Resultat från analysen som gjorts redovisas endast för områden i eller i nära anslutning till planområdet. För gång- och cykelgenomfarten i det västra hörnet av planområdet har inga ändringar gjorts i markmodellen, där föreligger alltså en risk även om området inte bebyggs.

Analysen bygger på en samkörning av vattendjup och vattenhastighet för alla tidssteg från skyfallssimuleringen. I skyfallssimuleringen har tidssteget valts till 10 minuter för att begränsa simuleringstiden vilket innebär att högre värden teoretiskt skulle kunna förekomma mellan tidsstegen. Tidssteget bedöms dock vara tillräckligt noggrant för att ge en översiktlig riskbild över faran för människoliv för studerat 100-årsregn.

$$\text{Bedömningsvärde} = (V + 0,5) \cdot D$$

Tabell 7. Klassgränser för bedömningsvärdet = $(V+0,5) \cdot D$ och dess betydelse för människors hälsa.

Klassgränser	Bedömd fara
< 0,75	Ingen fara
0,75 – 1,25	Fara för vissa
1,25 – 2,5	Fara för de flesta
> 2,5	Fara för alla



Figur 13. Riskbild av faran för människoliv för studerat 100-årsregn baserat på DEFRA:s metod.

7 Slutsatser

Nytorps Gärde bedöms vara utsatt för betydande översvämningsrisker vid ett skyfall. Ett genomförande av planen, inklusive studerade skyfallsåtgärder, bedöms minska översvämningskonsekvenserna för flera befintliga byggnader i anslutning till planområdet för studerat 100-årsregn. Trots det bedöms tre befintliga byggnader få något större översvämningskonsekvenser enligt utförd skyfallskartering vid ett genomförande av planen. I samtliga fall där en försämring konstaterats rör det sig om volymer som bedöms kunna hanteras genom andra typer av åtgärder än de som testats i den här utredningen. Eventuella ytterligare åtgärder behöver studeras vidare och dess funktion säkerställas under kommande skeden av planarbetet.

Flera av de planerade byggnaderna, 10 av 18, bedöms få vatten mot fasad vid studerat 100-årsregn. I två av fallen omfattar översvämningen stora delar av byggnaden, i resterande fall är översvämningen begränsad till en del av byggnaden. I några av fallen bedöms skyfallsrisken dessutom bero av lokala svackor som inte höjdsatts i den markmodell som skyfallsmodellen bygger på. I dessa fall kan skyfallsrisken elimineras genom en genomtänkt höjdsättning där marken lutas bort från fasad. Vid behov kan staden dessutom skapa ytterligare fördröjning vid den planerade multisportytan, åtgärd 1 i figur 8, och fördröjningskapaciteten i det dränerande jordlagret vid skyfallsytan på gärdet utvärderas.

Alla byggaktörer har informerats om skyfallsproblematiken i området och kommer göra anpassningar med utgångspunkt från de risker som identifierats. Stockholm stad har dessutom krävställt att nivån för färdigt golv ska ligga minst 20 cm över den maximala vattenhöjd som observerats mot respektive byggnad som en ytterligare skyddsåtgärd eftersom skyfallsresultaten i denna utredning är förknippade med stora osäkerheter.

Av de skyfallsåtgärder som studerats har Stockholm stad egen rådighet i två av fyra fall. För multisportytan pågår en dialog med Hammarbyskolan södra eftersom åtgärden ligger delvis inom deras tomtträtt. För åtgärden vid Dalens sjukhus pågår samtal om ett avtalsservitut.

Faran för människoliv vid studerat skyfall har vidare bedömts som liten utifrån den metod som MSB rekommenderat i sammanhanget.

8 Referenser

Google maps (2020). Nytorps Gärde. Tillgänglig:

<https://www.google.se/maps/place/Nytorps+g%C3%A4rde/@59.2930974,18.0961554,559m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x465f78476181d9a3:0x33cbd5114c795561!8m2!3d59.2887039!4d18.1111342> [2020-07-07]

Länsstyrelserna (2018). *Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall*. Rapport nummer: Fakta 2018:5

Malmö stad (2017). *Skyfallsplan i Malmö*. Tillgänglig:

https://malmo.se/download/18.95a01bd15de660cf0d95e3/1503646540675/Skyfallsplanen_antagen_20170301.pdf#search='skyfallsplan' [2019-09-03]

MSB (2017). *Vägledning för skyfallskartering – tips för genomförande och exempel på användning*. Rapport nummer: MSB1121 – augusti 2017

MSB (2014). *Kartläggning av skyfallspåverkan på samhällsviktig verksamhet*. Rapport nummer: MSB694 – maj 2014

SGU (2019a). SGU Sveriges Geologiska Undersökning Jordarter 1:25000 – 1:100000. Tillgänglig:

<https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html?zoom=-1345489.870727742,5818982.868075736,2525237.870727742,7950907.131924264> [2019-08-07]

SGU (2019b). SGU Sveriges Geologiska Undersökning Genomsläpplighet. Tillgänglig:

<https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-genomslapplighet.html> [2019-08-07]

SMHI (2017). *Extremregn i nuvarande och framtida klimat – analyser av observationer och framtidsscenarier*. Tillgänglig:

https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.165084!/Klimatologi_47%20Extremregn%20i%20nuvarande%20och%20framtida%20klimat%20Analyser%20av%20observationer%20och%20framtidsscenarier.pdf [2021-03-08]

SMHI (2014). *Extremt kraftigt regn över Malmö*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/nyhetsarkiv/extremt-kraftigt-regn-over-malmo-1.77503> [2019-08-19]

Stockholms stad (2019). *Nytorps Gärde utvecklas*. Tillgänglig: <https://vaexer.stockholm/projekt/nytorps-garde-utvecklas/> [2019-04-05]

Stockholms stad (2018a). *Översiktsplan för Stockholm stad*. Tillgänglig:

<https://vaexer.stockholm/globalassets/tema/oversiktsplanen/uppdatering-av-op/godkannade-op/oversiktsplan-for-stockholms-stad-godkannandehandling.pdf> [2019-04-05]

Stockholms stad (2018b). *Inriktningsbeslut gällande projekt Nya Östbergatunneln*. Dnr: KS 2018/1776

Stockholms stad (2015). *Dagvattenstrategi – Stockholms väg till en hållbar dagvattenhantering*. Tillgänglig:

http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/vp/Stockholms_dagvattenstrategi_2015-03-09.pdf [2019-08-19]

Svenskt Vatten (2018). *Skyfallens ABC*. Tillgänglig: https://www.svensktvatten.se/globalassets/rornat-och-klimat/skyfallensabc-sartryck-stadsbyffnad_2_2018.pdf [2019-08-19]

Svenskt Vatten (2016a). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten*. Stockholm: Svenskt Vatten Publikation P110

Svenskt Vatten (2016b). *Verksamhetsområde*. Tillgänglig: <https://www.svensktvatten.se/va-chefens-vertygslada/verksamhetsstyrning/verksamhetsomrade/> [2019-09-02]

Svenskt Vatten (2011). *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem*. Stockholm: Svenskt Vatten Publikation P104

VASyd (2018). *Skyfallshantering i Malmö*. Tillgänglig: <https://platsforvattnet.vasyd.se/karta/> [2019-09-03]

8.1 Opublicerat material

Bjerking (2020). *Fil från Byggnet*. Bjerking är inkopplad i uppdraget geohydrologiskt stöd för Stockholm stad

WSP (2019). *Mailkontakt*. WSP i egenskap av konsult för SVOA [2019-02-01]