
RAPPORT

GÄSTRIKE VATTEN AB

Tillståndsansökan Nytt ARV Gästrik Vatten

UPPDRAGSNUMMER 30015264

ÖVERSVÄMNINGSUTREDNING



REVIDERAD VERSION MED FÖRÄNDRAD
SKYFALLSAVLEDNING – SLUTVERSION

2021-12-15

HÅKAN PERSSON, BEATRICE NORDLÖF, LISA ORRHEIM
EXPERT SKYFALL: JONAS ALTHAGE
EXPERT HÖGA HAVSNIVÅER: JOANNA THELAND

Sammanfattning

Gästrike Vatten AB planerar att bygga ett nytt avloppsreningsverk i Gävle. Som en del i arbetet med detta har Sweco utfört en översvämningsutredning inom verksamhetsmark för det nya reningsverket, det befintliga reningsverket samt anslutande biogasanläggning.

Syftet med översvämningsutredningen är att utforma förslag på principiell hantering av eventuella översvämningsproblem från såväl höga havsnivåer som från skyfall. Detta för att skapa goda förutsättningar för att reningsverket och dess samhällsviktiga verksamhet inte kommer att påverkas av framtida översvämningsituationer.

Gällande höga havsnivåer bedöms att den i översiktsplanen angivna planeringsnivån på 3,3 m (RH2000) är väl tilltagen. Säkerhetsmarginalen bedöms vara tillräckligt hög för att kompensera för de osäkerheter som föreligger kring framtida vattenstånd. Utifrån dessa bedömningar har föreslagits att den framtida marknivån inom reningsverkets planområde bör vara 3,3 m eller högre.

För hantering av översvämningsvatten från skyfall har ett förslag tagits fram där marknivåerna inom reningsverkets planområde slutar ut mot havet och där markytan antas ha goda avrinningsegenskaper. Den största utmaningen för skyfallshanteringen är att avleda de relativt stora mängder vatten som kommer från områden längre uppströms och rinner in på planområdet. I denna rapport har två förslag till skyfallsavledning studerats: avledning enbart till Döviken respektive avledning till Döviken samt genom T-uddens naturreservat.

Båda förslagen till skyfallshantering fungerar väl och förhindrar i stort sett helt översvämningsvatten inom planområdet vid ett 100-årsregn. Förslaget med avledning både till Döviken samt genom T-uddens naturreservat klarar att avleda ännu större regn, vilket innebär att planområdet i stort sett helt skyddas från översvämningsvatten även vid regn med 500 års återkomsttid. Vissa mindre och kortvariga översvämningsvatten finns dock kvar. För att minimera dessa bör en mer detaljerad höjdsättning göras när reningsverkets utformning är mer klar. Detta speciellt kring byggnader och känsliga installationer, vilka även bör utformas för att klara översvämningsvatten med 20 cm vattendjup under 30 minuter. För att undvika att byggnader stänger in vattnet och orsakar lokala översvämningsvatten, bör dessa placeras och utformas så att vatten kan passera förbi.

Regnet med 500 års återkomsttid bedöms vara väl tilltaget för att beskriva de *betydligt kraftigare* skyfall med *avsevärt* längre återkomsttider än 100 år, vilka Boverket föreskriver i sin tillsynsvägledning till Länsstyrelsen gällande samhällsviktig verksamhet.

Sammantaget konstateras därmed att den föreslagna höjdsättningen tillsammans med avledning av skyfall från uppströmsområden skapar goda förutsättningar för att undvika framtida översvämningsvatten av det nya reningsverket. Detta gällande översvämningsvatten från såväl höga havsnivåer som från skyfall.

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	1
2	Övergripande beskrivning av plan- och avrinningsområde	2
2.1	Läge och terräng	2
2.2	Potentiella översvämningsproblem och dagvatten	4
2.3	Markanvändning och jordarter	6
3	Höga havsnivåer	9
3.1	Riktlinjer för detaljplanering i kustnära områden	9
3.2	Planeringsnivåer i Gävle	9
3.2.1	Framtida medelvattenstånd i Gävle	9
3.2.2	Tillfälliga högvatten i Gävle	10
3.2.3	Säkerhetsmarginal och planeringsnivå	11
3.3	Slutsats	12
4	Skyfall	13
4.1	Skyfallshantering och skyfallskartering i FÖP	14
4.2	Metodik	16
4.2.1	Modelluppbyggnad	16
4.2.2	Regn och återkomsttid	19
4.2.3	Förslag till framtida höjdsättning och skyfallsavledning	21
4.3	Resultat	26
4.3.1	Med nuvarande förhållanden	26
4.3.2	Med förslag till framtida höjdsättning och skyfallsavledning	30
4.4	Påverkan på nedströmsområden	37
5	Sannolikheter och sammanfallande händelser	39
6	Diskussion och slutsatser	41
7	Referenser	44

1 Bakgrund

Gästrike Vatten AB planerar att bygga ett nytt avloppsreningsverk i Gävle. Anledningen är att kommunen växer och kraven på kapacitet och utgående vattenkvalitet ökar. Den nuvarande reningsanläggningen, Duvbackens avloppsreningsverk, byggdes 1967 och kommer inte att kunna möta de nya kraven.

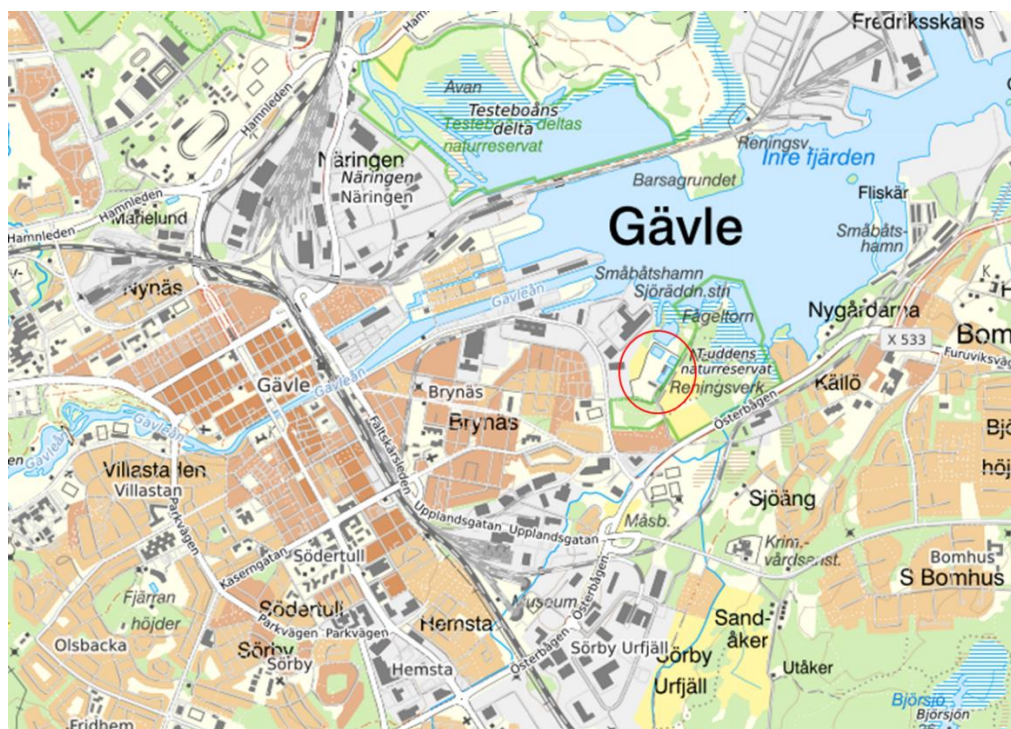
Inför upprättande av ny detaljplan för nytt avloppsreningsverk behöver en översvämningsutredning tas fram. Utredningen ska omfatta verksamhetsmark för befintligt avloppsreningsverk, nytt avloppsreningsverk samt för biogasanläggning i anslutning till reningsverket. Dock behöver tillrinning beaktas även från uppströms belägna områden.

Översvämningar kan i området orsakas av skyfall eller höga havsnivåer. Därmed ska utredningen belysa bägge dessa aspekter, samt på ett principiellt sätt föreslå hantering av eventuella översvämningsproblem.

2 Övergripande beskrivning av plan- och avrinningsområde

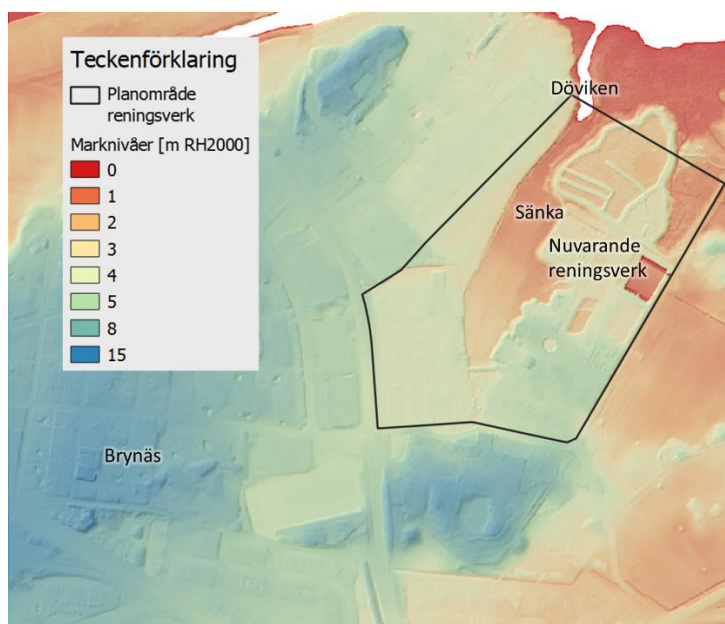
2.1 Läge och terräng

Reningsverket i Gävle ligger öster om staden. Det omges av Inre fjärden, stadsdelen Brynäs samt Varvets industriområde och T-uddens naturreservat (se Figur 1). Det nya reningsverket planeras delvis inom samma område som det nuvarande reningsverket och delvis på angränsande mark.



Figur 1 Reningsverket i Gävle är beläget öster om staden, invid Inre fjärden.

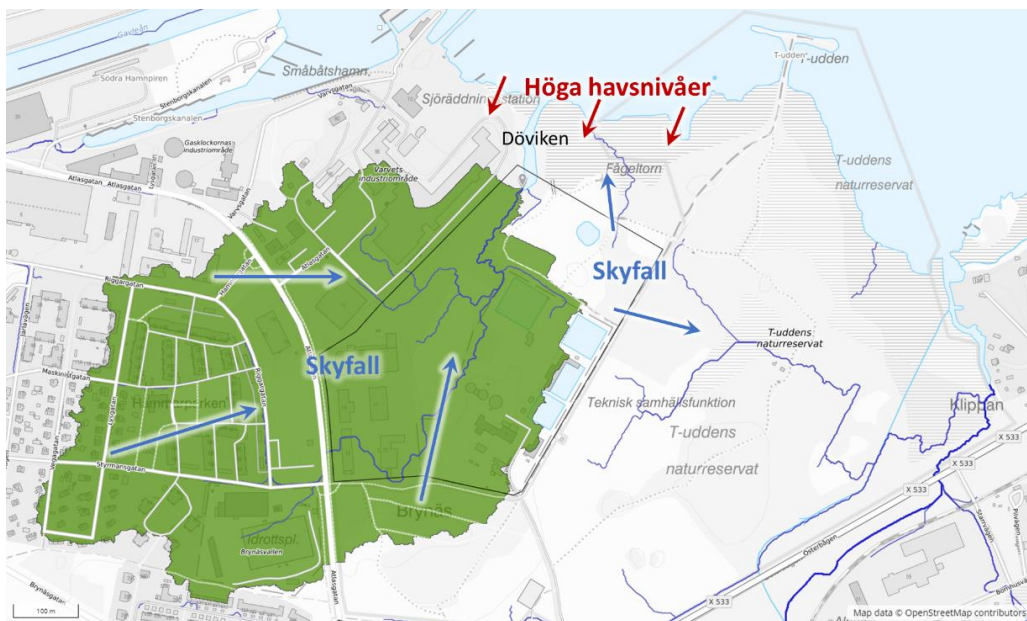
Terrängen i området utanför planområdet för reningsverket sluttar generellt sett från de högsta partierna uppåt +15 m i Brynäs ned mot Inre fjärden i nordost. Inom planområdet är de högsta nivåerna kring +5 m i de sydöstra delarna, medan nuvarande reningsverk samt hela den västra delen ligger kring +3 till +4 m. Mellan dessa områden finns en tydlig sänka, vilken är en förlängning av den s.k. Döviken, där nivåerna minskar från +2,5 m i sydväst ned till havsnivån i nordost (se Figur 2).



Figur 2 Marknivåer utanför och inom planområdet för reningsverket.

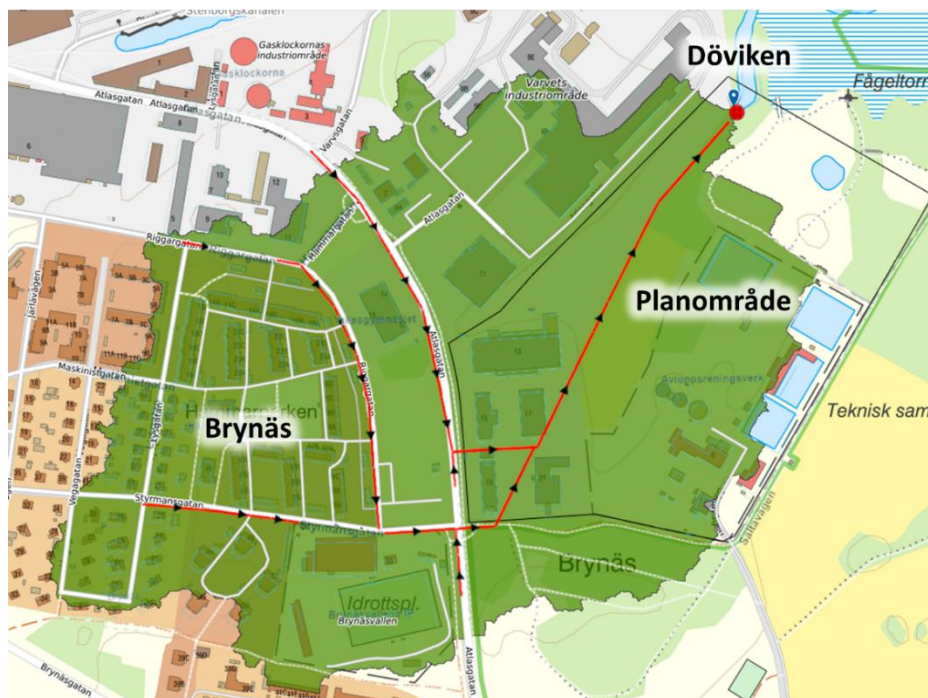
2.2 Potentiella översvänningsproblem och dagvatten

Potentiella översvänningsproblem för reningsverket kommer från skyfall eller höga havsnivåer (se Figur 3). Vid ett skyfall kan påverkan fås från hela avrinningsområdet (0,37 km²) och vattnet mynnar så småningom i Dövikens, i planområdets norra hörn. För de östligaste delarna av planområdet avrinner dock skyfall vidare mot norr och mynnar norr om planområdet, respektive mot öster och mynnar strax öster om T-uddens naturreservat. Höga havsnivåer påverkar norrifrån och främst via Dövikens.



Figur 3 Översikt av potentiella översvänningsproblem kring planområdet för det nya reningsverket (markerat med svart kontur). Avrinningsområdet är markerat i grönt. Huvudsakliga avrinningsvägar är markerat med blå linjer, samt principiellt med blå pilar. Höga havsnivåer är principiellt markerat med röda pilar.

Dagvatten som avrinner via ledningsnätet från den övre delen av avrinningsområdet (östra delarna av Brynäs) leds idag via en ledning genom planområdet för reningsverket. Ledningen börjar vid Atlasgatan och mynnar i Döviken (se Figur 4). Kapaciteten i ledningsnätet, mätt i återkomsttid för ett regn, är inte känd. Ledningarna inom östra delarna av Brynäs har en diameter på 225-500 mm, medan ledningen över planområdet för ledningsnätet är 1200 mm i diameter.

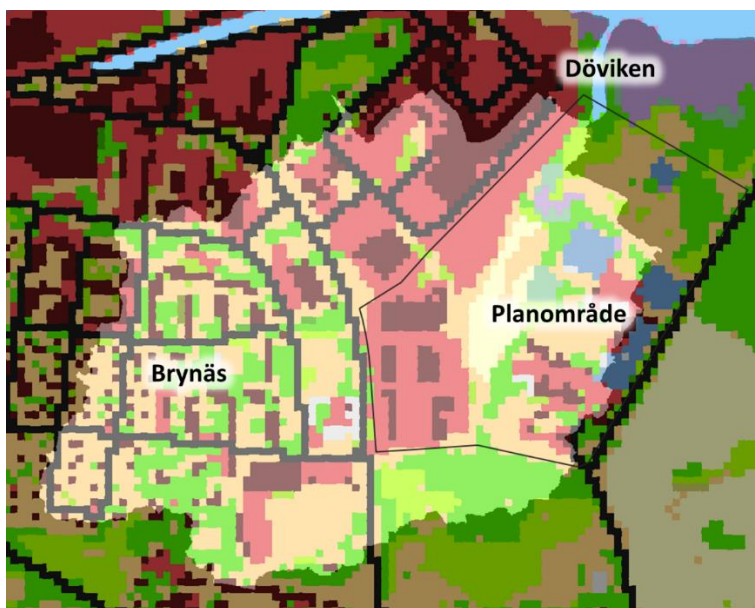


Figur 4 Dagvatten från de östra delarna av Brynäs avleds via en ledning över planområdet. Dagvattenledningarna är markerade i rött med svarta pilar som indikerar flödesriktningen.

2.3 Markanvändning och jordarter

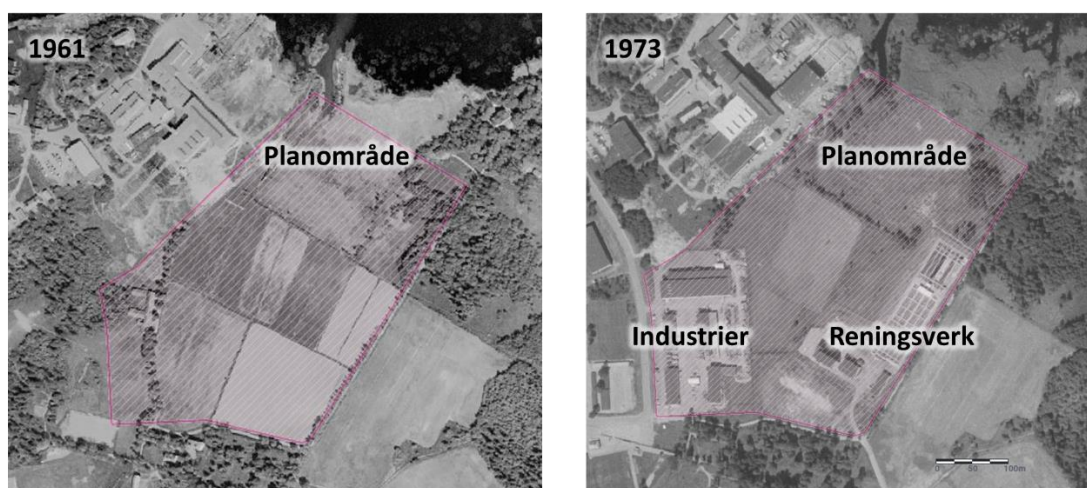
Markanvändningen inom avrinningsområdet ut till Dövikens utgörs huvudsakligen av nedanstående tre typer. I Figur 5 illustreras hur denna fördelas inom avrinningsområdet ut till Dövikens.

Exploaterad mark, inklusive byggnader och vägar	44%
Öppen mark med gräs/låg vegetation	29%
Skog	23%



Figur 5 Markanvändning inom avrinningsområdet ut till Dövikens. Exploaterad mark (röd), inklusive byggnader (brun) och vägar (svart), Öppen mark (beige) och Skog (grön). Gränserna för planområdet markeras med svart linje. Källa: Nationella Marktäckedata, Naturvårdsverket.

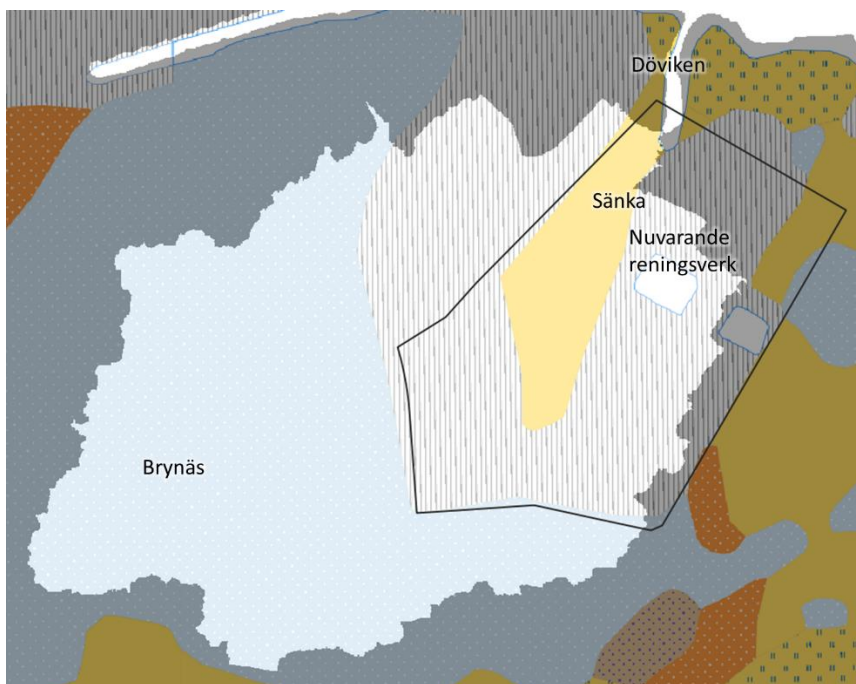
Innan reningsverket och industribyggnaderna mot Atlasgatan byggdes i mitten av 60-talet dominerades planområdet av åkermark och annan öppen naturmark. I Figur 6 visas flygfoto från 1961 samt 1973. I industrilokalerna mot Atlasgatan finns det uppgifter om verkstadsindustri och mekaniska verkstäder samt ytbehandling med lack, färg eller lim, bilvårdsanläggning och motorverkstad. Gävle varv nordväst om planområdet etablerades i slutet av 1800-talet och är idag industriområde med verkstäder, svets, upplag etc.



Figur 6 Markanvändningen inom planområdet dominerades av åkermark (t.v.) innan reningsverket och industribyggnader etablerades (t.h.).

Jordarterna inom avrinningsområdet ut till Döviken utgörs huvudsakligen av nedanstående tre typer. I Figur 7 illustreras hur dessa fördelas inom avrinningsområdet ut till Döviken.

Sandig morän	56%
Fyllning	35%
Postglacial lera	8%



Figur 7 Jordarter inom avrinningsområdet ut till Döviken – Sandig morän (blå), Fyllning (grå) och Postglacial lera (gul). Vit färg är vatten. Gränserna för planområdet markeras med svart linje. Källa: Jordartskartan, SGU.

3 Höga havsnivåer

3.1 Riktlinjer för detaljplanering i kustnära områden

Plan- och bygglagen anger att ny bebyggelse inom detaljplan ska lokaliseras till mark som är lämplig med hänsyn till risken för översvämning. Länsstyrelsen utöver tillsyn på kommunens planläggning, och kan överpröva detaljplanen om detta inte anses uppfyllt.

Boverket har tagit fram en tillsynsvägledning riktad till Länsstyrelserna, tillsynsvägledningen presenterar utgångspunkter för bedömning av översvämningsrisk. Boverkets tillsynsvägledning anger att samhällsviktig verksamhet bör placeras i områden som inte hotas av översvämning. Detta innebär att byggnader som grundregel bör placeras över högsta beräknad vattennivå i havet. Det finns dock ingen etablerad metod för att fastställa "beräknad högsta vattennivå" i havet, vilket innebär att platsspecifika avvägningar behövs. Boverket beskriver även att det kan vara lämpligt att det finns en viss säkerhetsmarginal i planeringen, och att en lokalt anpassad säkerhetsmarginal kan adderas till de beräknade nivåerna för att kompensera för osäkerheter i underlaget.

3.2 Planeringsnivåer i Gävle

Gävle kommun har tagit fram en fördjupad översiktsplan för Norra Brynäs, i denna anges planeringsnivåer för området. För samhällsviktig verksamhet är utgångspunkten att bebyggelse säkras för ett högvatten med 100 års återkomsttid år 2100, inklusive vinduppstuvning. Till detta adderas en säkerhetsmarginal på 1,5 m. Den resulterande planeringsnivån som anges i den fördjupade översiktsplanen är +3,3 m (RH2000) (Gävle kommun, 2020). Syftet med denna utredning är att uppdatera de beräkningar som ligger till grund för den beslutade planeringsnivån, att analysera om planeringsnivå är tillräcklig, samt att motivera valet av planeringsnivå och säkerhetsmarginal.

Den föreslagna planeringsnivån består av tre komponenter:

- Framtida medelvattennivå
- Högvattennivå (tillfällig avvikelse från medelvattennivån)
- Säkerhetsmarginal

Såväl framtida medelvattennivåer som tillfälliga högvattennivåer är förknippade med stora osäkerheter. För att kompensera för dessa osäkerheter och skapa ytterligare säkerhet adderas en säkerhetsmarginal till den beräknade nivån. I detta PM diskuteras osäkerheter kopplat till framtida nivåer och vad dessa osäkerheter innebär för valet av lämplig planeringsnivå.

3.2.1 Framtida medelvattenstånd i Gävle

Klimatförändringarna väntas leda till stigande globala medelvattennivåer. I Gävle kompenseras effekten av stigande havsnivåer till stor del av landhöjningen, vilket innebär att effekten av stigande hav blir mindre påtaglig än i andra delar av Sverige.

SMHI har tagit fram regionala beräkningar för framtida medelvattenstånd för Sveriges samtliga kustkommuner. Beräknade framtida medelvattennivåer för Gävle kommun enligt klimatscenario RCP 8.5 presenteras i tabell 1 tillsammans med medelvattennivån för referensperioden 1985–2005. Notera att dessa siffror har uppdaterats sedan den senaste rapporten från Tyréns togs fram (Tyréns, 2020).

Tabell 1 Beräknade framtida medelvattenstånd i RH2000 för klimatscenario RCP 8.5 för Gävle kommun samt medelvattenstånd för referensperioden 1985–2005, båda från SMHI (2021). Tabellen anger median och ett sannolikt intervall, vilket innebär att det är minst 66 % sannolikhet att den framtida nivån befinner sig inom intervallet. Kommande beräkningar utgår från den övre nivån i intervallet.

	1986-2005	År 2050	År 2100
Medelvattennivå	19 cm	4 (-6 till 15) cm	20 (-12 till 53) cm

I tabellen presenteras medianvärden samt ett *sannolikt intervall* enligt IPCC:s definition. Detta innebär att det är minst 66 % sannolikhet att det sanna värdet befinner sig inom intervallet. I kommande beräkningar väljer Sweco att utgå från den övre konfidensnivån enligt scenariot RCP8.5 (markerat med fet stil i tabellen), i enlighet med tidigare utredningar. Detta innebär att det är 17 % sannolikhet att den framtida nivån är högre än den nivå som används.

I en rapport från NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) från år 2017 görs en ansats att presentera en möjlig övre gräns för vilken höjning av medelvattennivån som är fysikaliskt möjligt fram till år 2100 (NOAA, 2017). I rapporten presenteras sex scenarier för framtida havsnivåhöjning fram till år 2100, där den övre gränsen är baserad på uppvärmning enligt RCP8.5 och den maximalt fysikaliskt möjliga isavsmältningen enligt de senaste forskningsrönen. Den övre nivån som författarna refererar till som extrem ger en höjning med 2,5 m till år 2100 jämfört med år 2000. För Gävle motsvarar detta, mycket grovt räknat, en framtida medelvattennivå på +1,9 m (RH2000).

3.2.2 Tillfälliga högvatten i Gävle

SGU har beräknat högvattennivåer i Gävle med 100 års återkomsttid (SGU och SMHI, 2012), 100-årshögvattnet uppskattas till cirka 1,3 m relativt medelvattenytan. SMHI har gjort en analys av vinduppstuvningseffekter i Gävle, vinduppstuvningen beräknades till cirka 0,1 m. Ett 100-årshögvatten inklusive vinduppstuvning uppgår därmed till en nivå på +1,4 m relativt medelvattennivån. I underlagsrapporten presenteras ej konfidensintervall för den beräknade 100-årsnivån.

SMHI har även tagit fram en uppskattning av ett så kallat *beräknat högsta vattenstånd* för mätstationen Björn belägen cirka 4 mil utanför Gävles kust. Beräknat högsta vattenstånd är ett mått på hur höga högvatten som kan inträffa i ett område baserat på historiska mätdata, och ska inte tolkas som ett mått på det högsta högvattnet som kan inträffa. Beräknat högsta vattenstånd för Björn är +1,78 m relativt medelvattenytan (SMHI, 2017).

10(44)

RAPPORT
2021-12-15
REVIDERAD VERSION MED FÖRÄNDRAD
SKYFALLSAVLEDNING – SLUTVERSION
TILLSTÅNDSANSÖKAN NYTT ARV GÅSTRIKE VATTEN

Tabell 2 sammanfattar vilken nivå ett 100-årshögvatten inklusive vinduppstuvning respektive ett så kallat beräknat högsta högvatten skulle uppgå till idag och i ett framtida klimat med vattennivåer enligt SMHI:s beräknade framtida medelvattenstånd från tabell 1.

Tabell 2 Beräknad nivå för ett 100-årshögvatten inklusive vinduppstuvning samt beräknat högsta vattenstånd idag och i ett framtida klimat. Framtida medelvattennivåer är hämtade från den övre konfidensnivån i tabell 1.

	Relativt medelvattenytan	År 2050 (RH2000)	År 2100 (RH2000)
100-årshögvatten inklusive vinduppstuvning	140 cm	155 cm	193 cm
Beräknat högsta högvatten	178 cm	193 cm	231 cm

De högvattennivåer som presenteras i tabell 2 är förknippade med ett mått av osäkerhet. Såväl 100-årsnivån som beräknat högsta vattenstånd är uppskattade utifrån historiska mätdata, och det finns alltid en sannolikhet att ett mer extremt högvatten inträffar.

3.2.3 Säkerhetsmarginal och planeringsnivå

Syftet med att addera en säkerhetsmarginal till den beräknade framtida högvattennivån är att kompensera för osäkerheter kopplat till den beräknade nivån. Det går inte att utesluta att den globala medelvattennivån stiger snabbare än vad klimatscenario RCP8.5 visar, eller att mer extrema högvatten än den beräknade 100-årsnivån inträffar.

I den fördjupade översiktsplanen för Norra Brynäs anges att en säkerhetsmarginal på 1,5 m ska tillämpas för samhällsviktig verksamhet. Säkerhetsmarginalen ska adderas till ett 100-årshögvatten inklusive vinduppstuvning år 2100. Denna säkerhetsmarginal är i samma storleksordning som den som används i Göteborgs stad. Vid planering av nya samhällsviktiga anläggningar tillämpar Göteborg en säkerhetsmarginal på 1,5 m från ett 200-årshögvatten år 2070. Marginalen motiveras med att samhällsviktiga funktionen kan behöva säkras även på längre sikt. (Göteborgs stad, 2019). Länsstyrelsen i Stockholms län rekommenderar en något lägre säkerhetsmarginal, där förespråkas en säkerhetsmarginal på 0,9 m till ett 100-årshögvatten år 2100. Säkerhetsmarginalen ska i detta fall kompensera för effekter av vågor och vind. (Länsstyrelsen i Stockholm, 2015)

I Gävle har effekten av vind redan tagits hänsyn till i den beräknade 100-årsnivån. Planeringsnivån har även beräknats utifrån en tidshorisont fram till år 2100, vilket är i linje med reningsverkets förväntade livslängd. Säkerhetsmarginalens syfte blir därför främst att kompensera för osäkerheten i framtida medelvattenstånd, förekomsten av extremhögvatten större än det dimensionerande 100-årshögvattnet, samt effekten av vågor.

Swecos bedömning är att den i översiktsplanen angivna planeringsnivån på +3,3 (RH2000) ger en mycket god säkerhetsmarginal till de högvatten som kan inträffa i Gävle. Nivån innebär cirka 1,4 meters marginal till ett 100-årshögvatten år 2100 och cirka 1 meters marginal till ett beräknat högsta högvatten år 2100. Nivån +3,3 m (RH2000) motsvarar även ungefär den nivå som ett 100-årshögvatten skulle uppgå till år 2100 om den globala medelvattennivån stiger i linje med NOAA:s extremscenario.

Vid utvärdering av planeringsnivån och säkerhetsmarginalen bör man även ha i åtanke att medelvattennivån i Gävle förväntas minska fram till cirka år 2050 även enligt det konservativa scenariot RCP8.5, se tabell 1. Detta innebär att ett högvatten motsvarande dagens extremnivå blir mindre och mindre sannolikt fram till cirka 2050, för att därefter, beroende på vilket klimatscenario som analyseras, öka i sannolikhet igen. Den ackumulerade sannolikheten för att ett högvatten motsvarande planeringsnivån ska inträffa under reningsverkets livslängd är därför mycket låg.

3.3 Slutsats

Swecos sammantagna bedömning är att den i översiktsplanen angivna planeringsnivån på +3,3 m (RH2000) är väl tilltagen och ger en god säkerhetsmarginal till de högvatten som kan inträffa i Gävle. Säkerhetsmarginalen bedöms vara tillräckligt hög för att kompensera för de osäkerheter som föreligger kring framtida medelvattenstånd och extrema havsvattenstånd som kan inträffa i området. Det bedöms därmed inte vara motiverat att höja planeringsnivån.

12(44)

RAPPORT
2021-12-15
REVIDERAD VERSION MED FÖRÄNDRAD
SKYFALLSAVLEDNING – SLUTVERSION
TILLSTÄNDSANSÖKAN NYTT ARV GÅSTRIKE VATTEN

4 Skyfall

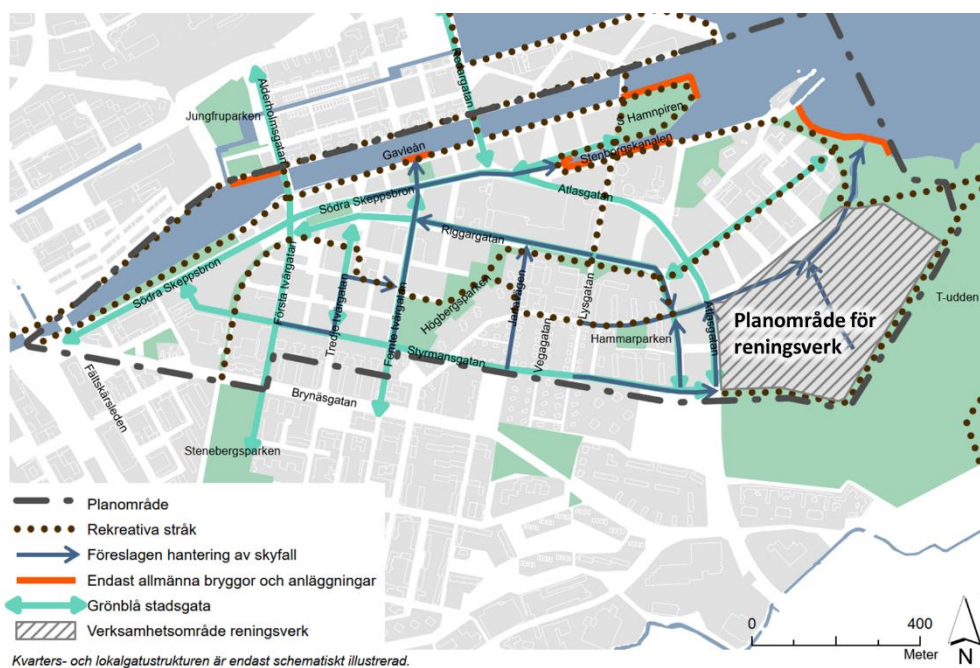
Vid ett skyfall faller regn med en intensitet som överskrider markens infiltrationsförmåga samt dagvattennätets kapacitet, vilket gör att vatten avrinner på markytan. Ytavrinnande vatten följer markens lutning, rinner längs lågstråk i terrängen, och ansamlas i terrängens lågpunkter. Det är därför viktigt att kontrollera att den planerade verksamheten inte riskerar att drabbas av översvämningssproblem i samband med skyfall. Om så är fallet kan åtgärder i form av ändrad höjdsättning vara aktuellt för att avhjälpa dessa översvämningssproblem.

Boverket har tagit fram en tillsynsvägledning för översvämningssrisker riktad till Länsstyrelserna. I denna anges att ny sammanhållen bebyggelse, större riskobjekt eller bebyggelse med samhällsviktig verksamhet bör lokaliseras till områden som inte hotas av översvämning. Som grundregel bör byggnader då säkras för ett regn med återkomsttid på minst 100 år.

Vid studier av översvämning från skyfall behöver de ytliga rinnvägarna samt risken för s.k. instängda områden beaktas. Med instängda områden menas "gropar" i terrängen från vilka vatten inte kan rinna vidare längs markytan förrän vattennivån överstigit områdets tröskelnivå. För bortledning av vatten från dessa områden krävs alltså infiltration i marken och/eller avledning via dagvattennät. Både instängda områden och ytliga rinnvägar är att betrakta som riskområden för översvämning vid skyfall.

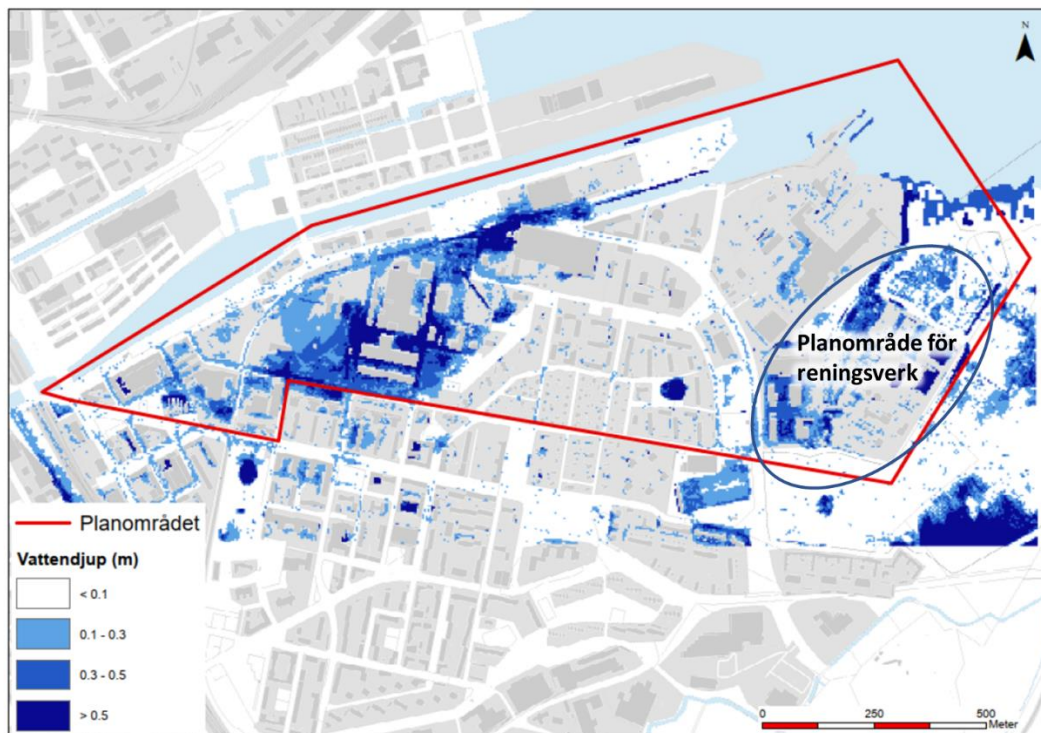
4.1 Skyfallshantering och skyfallskartering i FÖP

I den fördjupade översiktsplanen (FÖP) för Norra Brynäs (Gävle kommun, 2020) nämns att befintlig grönska i området ska värnas och utökas. Rent konkret finns en ambition att skapa "grönblå gaturum" längs bl.a. Atlasgatan, Styrmansgatan och Riggargatan för att knyta T-uddens naturreservat till andra rekreationsområden. Dessa grönblå gator presenteras i Figur 8 tillsammans med ett översiktligt förslag till hantering av ytvavrinning från skyfall.



Figur 8 Översiktlig skyfallshantering. Från FÖP Norra Brynäs.

Skyfallsproblematiken i området har studerats tidigare. Främst i en underlagsrapport till FÖP Norra Brynäs (Tyréns, 2019) redovisas en skyfallsmodellering genomförd av Gästrike vatten på uppdrag av Gävle kommun. Denna är gjord för ett 100-årsregn med en varaktighet på 6 timmar och en klimattfaktor på 1,15. Modellens upplösning var på 4x4 m. I Figur 9 framgår att betydande översvämningsproblem till följd av skyfall väntas inom planområdet för reningsverket.



Figur 9 Vattendjup vid ett 100-årsregn enligt beräkning av Gästrike vatten.

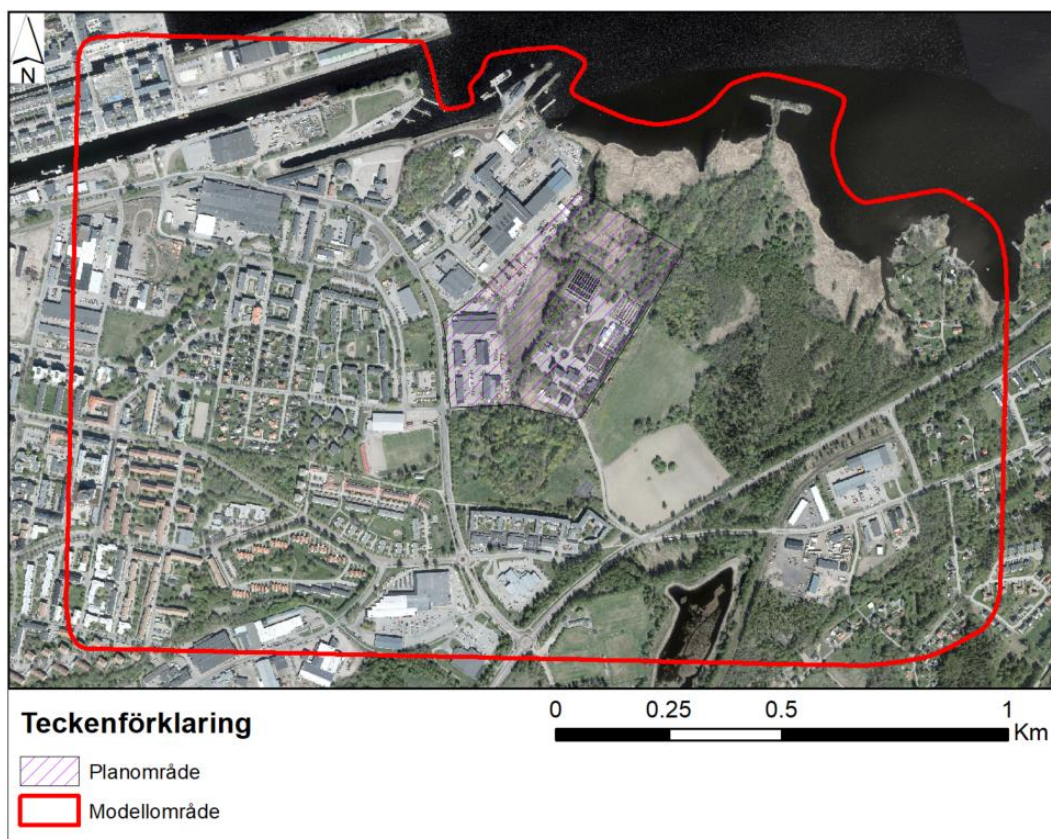
Det saknas dock dokumentation om denna modellberäkning, varför osäkerheterna i resultaten bedöms vara stora. Modellen har inte heller funnits tillgänglig för detta projekt, varför en ny liknande modell har byggts upp över området kring reningsverket.

4.2 Metodik

4.2.1 Modelluppbyggnad

En tvådimensionell ytavrinningsmodell byggdes upp med mjukvaran *MIKE21 FM* och beräkningsnätet har byggts upp med *MIKE21 Flexible mesh*.

Modellens omfattning täcker planområdet och dess avrinningsområde, samt innefattar nedströms avrinningsområden. I Figur 10 visas modellområdets ytterkanter (röd linje) tillsammans med planområdet (streckad lila area).



Figur 10. Skyfallens modellområde täcks inom den röda markerade linjen. Den lila streckade arean i bilden illustrerar planområdet för reningsverket.

Höjdmodell

Höjdmodellen som har använts inom projektet är Lantmäteriets nationella höjdmodell och har tagits fram med en upplösning på 1 x 1 m. Vid utredningen om framtida avledning av skyfallet har höjdmodellens cellstorlek minskats till 0,2 x 0,2 m för att kanalerna ska kunna beskrivas med tillräcklig noggrannhet.

Det aktuella avrinningsområdet och eventuella avrinningspassager i form av kulvertar analyserades i programmet Scalgo Live. Denna analys visade att det inte fanns behov av att korrigera höjdmodellen för att beskriva eventuella kulvertar inom avrinningsområdet.

I det inledande skedet då undersökning av ytavrinningen vid nuvarande markförhållanden utfördes har Sweco enbart bearbetat höjdmodellen genom att sänka ytan som utgörs av havet 0,5 m för att skapa en förenklad beskrivning av havsbottens nivåer. I senare skede av arbetet gällande avledning av ytvatten har höjdmodellen dock justerats ytterligare, se kapitel 4.2.3.

Beräkningsnät

Beräkningsnätet utgörs av ett *Flexible mesh* och består av sammansatta triangulära element ("beräkningsceller"). Inom varje individuellt element beräknas flöde, vattendjup, vattenhastighet, strömningsförluster m.m. Stömlinjer längs med vägar och kanaler inarbetades beräkningsnätet. Den maximala upplösningen på beräkningsnätet i planområdet bestämdes till 2 m² och för området utanför planområdet bestämdes den maximala upplösningen till 6 m². Totalt utgjordes beräkningsnätet av 753 343 element.

Mannings tal

Markytans strömningsmotstånd påverkar hur snabbt avrinningen sker och anges med Mannings tal, M, i skyfallsmodellen. Ett högt värde på Mannings tal innebär ett lägre strömningsmotstånd. Beroende på typ av mark har olika värden på Mannings tal ansatts i modellområdet.

I beskrivningen av nuvarande förhållanden har modellområdet delats in i tre olika marktyper: havsbotten, hårdgjorda ytor samt ej hårdgjorda ytor. Hårdgjorda ytor utgörs av vägar, byggnader samt asfaltsområden och har definierats utifrån Lantmäteriets Fastighetskarta. Ej hårdgjorda ytor utgörs av övriga ytor (förutom havsbotten) och innefattar gräsmattor, skog, strandlinjer och åker m.m.

I beskrivningen av framtida förhållanden har området inom reningsverkets planområde beskrivits med en ny kategori, vilken motsvarar mark med goda avrinningsförhållanden – nästan i nivå med hårdgjorda ytor. Anledningen till detta val är dels att goda avrinningsförhållanden är nödvändiga för att kunna hantera skyfall, dels att utformningen av reningsverket inklusive dragning av vägar ännu inte är klar.

Dessa beskrivningar av markytans strömningsmotstånd är en förenkling av verkligheten, men med hänsyn till projektets syfte har detaljnivån för detta antagande bedömts vara tillräcklig. Tabell 3 nedan beskriver värdena på Mannings tal som använts i skyfallsmodellen för de olika markområdena.

Tabell 3. Värden för Mannings tal för de olika marktyperna i modellområdet.

Typ av mark	Mannings tal, M	
	Nuvarande förhållanden	Framtida förhållanden
Hårdgjorda ytor	60	60
Ej hårdgjorda ytor	8	8
Havsbottnen	20	20
Reningsverkets planområde	[värden enl. ovan]	50

Infiltration

Markens infiltrationsförmåga påverkar hur mycket ytvatten som ansamlas till följd av nederbörd. För att ta hänsyn till variationen i infiltrationskapacitet har modellområdet delats upp utifrån markens jordartstyp, se kapitel 2.3 Markanvändning och jordarter. Indelningen är baserad på SGU:s jordartskarta i kombination med Lantmäteriets Fastighetskarta. Därefter har varje jordartstyp tilldelats en infiltrationshastighet som anger hur snabbt vatten infiltrerar ner i marken. Värdena är erfarenhetsvärden och är baserade på rekommenderade värden från bl. a SGU och SGI.

Tabell 4. Infiltrationsförmågan i modellområdet beskrivs med en infiltrationshastighet för de olika jordartstyperna.

Jordart	Infiltrationshastighet (mm/h)
Hårdgjort	0
Fyllning	20
Gyttjelera	0
Kärrtorv	0
Postglacial lera	0,0036
Postglacial sand	188
Sandig morän	0,4
Oklassat	0,0036

Randvillkor

Havsnivån i havet har ansattes till en fast nivå om +0,53 m vilket motsvarar det beräknade framtida medelvattenståndet för Gävle kommun, se kapitel 3.2.1Framtida medelvattenstånd i Gävle. Inga andra specifika randvillkor är satta i övriga

18(44)

RAPPORT
2021-12-15
REVIDERAD VERSION MED FÖRÄNDRAD
SKYFALLSAVLEDNING – SLUTVERSION
TILLSTÄNDSANSÖKAN NYTT ARV GÅSTRIKE VATTEN

modellområden, vilket innebär att ytterkanterna av modellen (förutom havet) behandlas som en vägg och inget vatten transporteras ut från modellen.

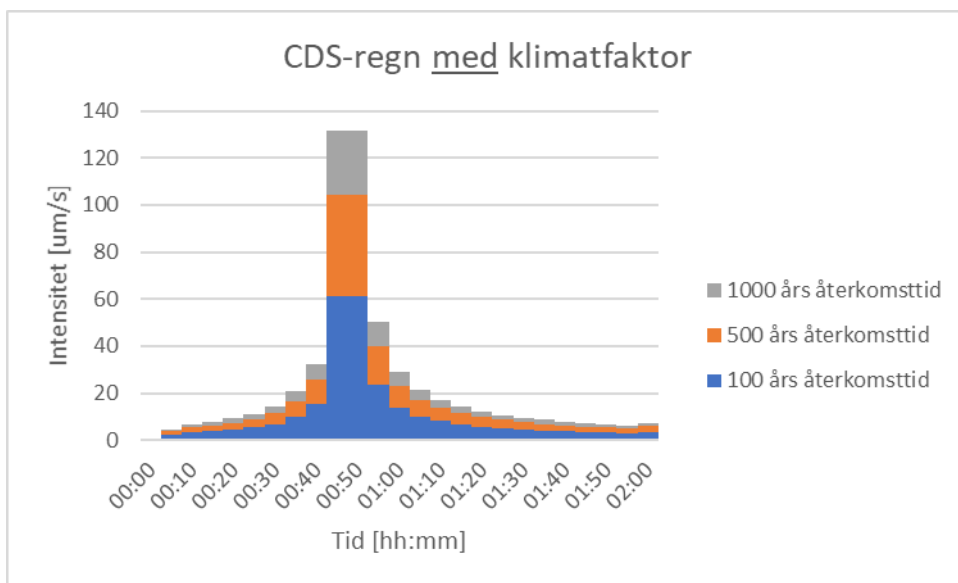
4.2.2 Regn och återkomsttid

För beräkning av översvämning till följd av skyfall "belastas" beräkningsmodellen över det aktuella området med en regnsekvens. Denna regnsekvens kan vara ett uppmätt historiskt skyfall, men vanligast är att en fiktiv/syntetisk regnsekvens tas fram genom att kombinera olika regnintensiteter och varaktigheter för en viss återkomsttid. En sådan syntetisk regnsekvens som ofta används är CDS-regn (Chicago Design Storm) som byggs upp av olika regnintensiteter beräknade med Dahlströms formel och beskrivs mer utförligt i Svenskt Vatten (2011).

För att inte riskera att underskatta översvämningarna från skyfall behöver regnsekvensen vara åtminstone så lång att ytavrinning från de mest avlägsna delarna av avrinningsområdet når fram till områdets utloppspunkt. För området vid reningsverket bedöms denna s.k. koncentrationstid uppgå till drygt 30 minuter. Längden på regnsekvensen har dock valts till 2 timmar, dels för att vara säker på att hela avrinningsområdet ska bidra till avrinningen, men också för att eventuella större lågpunkter ska hinna fyllas upp.

Beräkningar har gjorts av regnsekvenser med tre olika återkomsttider. Eftersom reningsverket har en samhällsviktig verksamhet, har beställaren efterfrågat beräkningar med de höga återkomsttiderna 100 år, 500 år respektive 1000 år. I Boverkets tillsynsvägledning för Länsstyrelsen sägs att vid planläggning av verksamheter av större samhällsviktig betydelse eller verksamheter där översvämning leder till särskilt stora konsekvenser behöver *betydligt kraftigare* skyfall med *avsevärt* längre återkomsttider än 100 år kunna hanteras. Vad som konkret avses med detta är dock inte klart.

För att ta hänsyn till effekter från ett framtida klimat har dessa regnsekvenser, i enlighet med rekommendationer från Svenskt Vatten och SMHI, multiplicerats med en klimatfaktor på 1,25. I Figur 11 presenteras de beräknade regnsekvenserna.



Figur 11. CDS-regn beräknade med Dahlströms formel och i efterhand multiplicerade med klimatfaktor 1,25.

Den totala regnvolymen för regnen med 100-, 500- respektive 1000-års återkomsttid är 82 mm, 138 mm respektive 174 mm. För att knyta an till formuleringen i Boverkets tillsynsvägledning kan konstateras att regnet med 500 års återkomsttid har omkring 70% större total volym såväl som maximal intensitet (se Figur 11). Därmed bedöms regnet med 500 års återkomsttid vara väl tilltaget för att beskriva *betydligt kraftigare* skyfall med *avsevärt* längre återkomsttider än 100 år. Möjligen kan även argumenteras att 500-årsregnet är större och kraftigare än Boverket avser i tillsynsvägledningen. Regnet med 1000 års återkomsttid har tagits med som en illustration av effekten från ett väldigt extremt regn och bedöms definitivt vara kraftigare än som avses i tillsynsvägledningen.

Det bör också has i åtanke att beräkning av regn med återkomsttider längre än omkring 100 år är förknippat med väldigt stora osäkerheter.

Skyfallet 17-18 augusti 2021

Mellan den 17 och 18 augusti föll ett mycket kraftigt skyfall över Gävle, vilket gav en tämligen unik möjlighet att i närtid validera beräkningsresultaten mot en verklig översvämning. Den totala dygnsnederbörden som föll var 162 mm och under de två mest intensiva timmarna föll 101 mm (från smhi.se). Återkomsttiden för detta regn har uppskattats vara mellan 100 och 500 år.

Avdrag för dagvattenledningar

I skyfallsmodellen har ledningsnätets kapacitet tagits hänsyn till genom att ett schablonavdrag har gjorts på nederbörden. Schablonavdraget har beräknats utifrån erfarenhet samt att kommunen uppgett att inga större problem med skyfallsrelaterade

20(44)

RAPPORT
2021-12-15
REVIDERAD VERSION MED FÖRÄNDRAD
SKYFALLSAVLEDNING – SLUTVERSION
TILLSTÅNDSANSÖKAN NYTT ARV GÅSTRIKE VATTEN

översvämningar har förekommit inom området. Avdraget utgjordes av ett CDS-regn med 10-års återkomsttid och 30 minuters varaktighet utan korrektion för framtida klimat. Detta avdrag gjordes från den totala nederbörden över hårdgjorda ytor, medan från ej hårdgjorda ytor gjordes inte något avdrag.

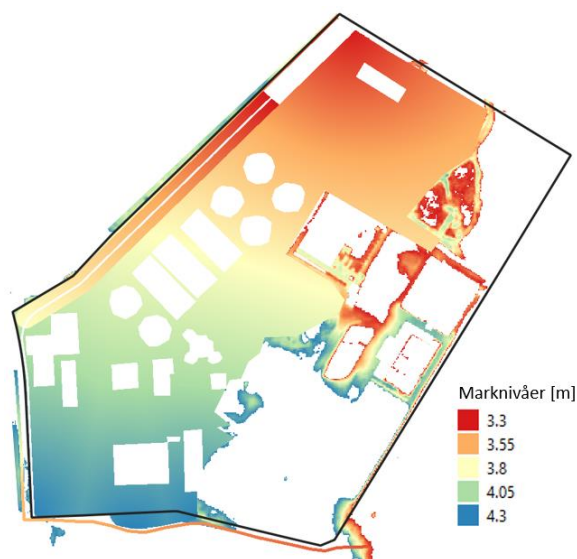
4.2.3 Förslag till framtida höjdsättning och skyfallsavledning

Nedan presenteras förslag till framtida höjdsättning och skyfallsavledning med syftet att skydda planområdet från såväl höga havsnivåer som från översvämning från skyfall. Förslagen baseras på den rekommenderade planeringsnivån på +3,3 m med tanke på översvämning från havet, resultatet från skyfallsscenarierna med nuvarande förhållanden samt ett iterativt arbete med utformning av lämplig skyfallsavledning.

Skyfallsavledningen i denna utredning består grovt sett av två delar:

- aktiv avledning av vatten från uppströmsområden via distinkta flödesvägar längs planområdets ytterkanter
- översiktlig höjdsättning av planområdet för att regn över själva planområdet ska rinna undan och inte orsaka stora vattendjup

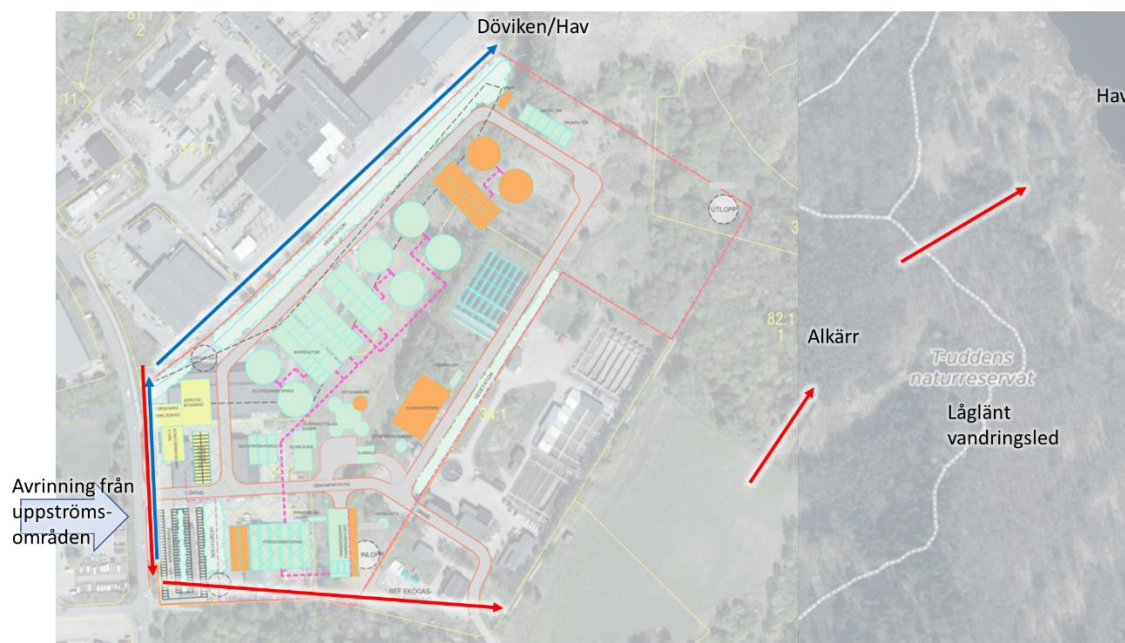
Eftersom utformning av byggnader, bassänger, vägar etc. inom planområdet inte är klar, har inte någon detaljerad höjdsättning gjorts. Istället har planområdet beskrivits som jämnt sluttande från nivåer kring +4,3 m vid Atlasgatan och nuvarande reningsverk ner till nivåer kring +3,3 m vid Dövikens (se Figur 12). Byggnader och bassänger inom planområdet har beskrivits schematiskt utifrån skissen i Figur 13 som föreställer en tänkbar design för den framtida utbyggnaden. När reningsverkets utformning blir mer klar är det dock viktigt att området detaljhöjdsätts så att vatten inom själva planområdet på ett effektivt sätt leds bort från byggnader och känsliga installationer, samt att dessa utformas för att klara mindre och kortvariga översvämningar. Det kan handla om att skapa marklutning ut från byggnader, men också om att skapa mindre stråk för avledning kring byggnader och känsliga installationer. I kapitel 6 diskuteras detta översiktligt.



Figur 12 Översiktlig höjdsättning av marknivåer inom reningsverkets planområde. Inom området för det nuvarande reningsverket har marknivåerna inte justerats. Planområdet visas med svart kontur. Utöver generell marklutning mot Döviken visas längs planområdets ytterkanter förslaget som nedan benämns "Avledning till Döviken samt genom T-uddens naturreservat".

Den största utmaningen i skyfallshanteringen i detta skede av projektet har varit att avleda de tämligen stora mängder vatten som kommer från områdena väster om Atlasgatan (jämför Figur 3 ovan). Under arbetets gång har flera olika skyfallsavledningar testats, men i Figur 13 presenteras två av de kraftfullaste förslagen som också bedömts vara lämpade utifrån reningsverkets perspektiv. I båda förslagen avleds vatten från uppströmsområdena längs med Atlasgatan och vidare längs ytterkanterna av reningsverkets planområde:

- Avledning enbart till Döviken (blå pilar)
- Avledning till Döviken samt genom T-uddens naturreservat (kombination av blå och röda pilar)



Figur 13. Översiktlig skiss över det nya planområdet samt de två föreslagna avledningarna (blå respektive röda pilar) av ytavrinning från skyfall.

Nedan beskrivs hur flödesvägarna har utformats i modellen, samt diskuteras övergripande hur dessa skyfallshanteringar skulle kunna genomföras i praktiken.

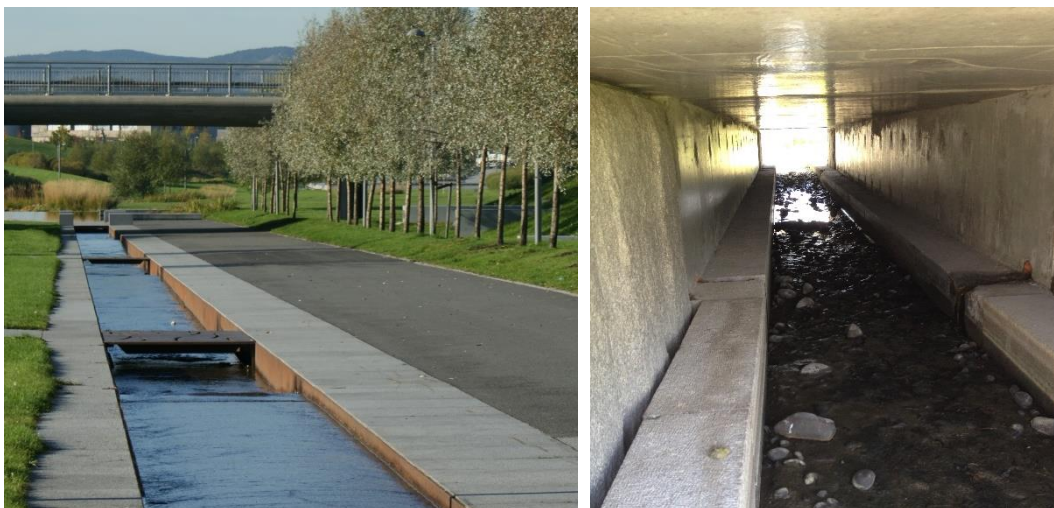
Avledning enbart till Dövikens

Detta förslag till skyfallsavledning innefattar enbart åtgärder inom planområdet för det nya reningsverket.

Längs planområdets ytterkant, schematiskt illustrerat med de blå pilarna i Figur 13, har en 2 m bred kanal skapats. Där kanalen börjar har den ett djup på 1,5 m (motsvarar en bottennivå på 2,8 m) och sluttar sedan jämnt ned till Dövikens, där den mynnar på den framtida medelhavsnivån 0,53 m. Lutningen längs kanalen är 3,7‰. Längs planområdets nordvästra kant, i det stråk som har markerats med vegetation i Figur 13, har även terrängen sänkts ned 2 dm över en bredd på 20 m.

I praktiken är det knappast lämpligt att utforma en smal och tämligen djup kanal längs hela denna sträcka. Eftersom det är oönskat för reningsverkets verksamhet att avvara mycket markyta i form av en bredare kanal, är det istället troligen mest lämpligt att utföra detta som en kombination av en öppen kanal och en täckt kanal eller kulvert. Inom områden där större ytavrinning väntas måste dock kanalen vara öppen, för att möjliggöra avledning av detta vatten. Möjligen kan dessa öppna delar täckas med ett grovmaskigt galler om det är fördelaktigt av andra skäl. Exempel på öppen och täckt kanal/kulvert visas i Figur 14. Längs planområdets nordvästra ytterkant behöver denna avledning samordnas med den dagvattenledning från Östra Brynäs som är planerad att förläggas

längs denna sträcka. Det finns inte behov av två separata system, utan avledningen av dagvattnet kan ske genom samma kanal/kulvert som avledningen av det ytv rinnande skyfallsvattnet.



Figur 14. Exempel på skyfallsavledning i kanal (t.v.) och i kulvert (t.h.)

Avledning till Döviken samt genom T-uddens naturreservat

I detta förslag har skyfallshanteringen presenterad i stycket ovan (Avledning enbart till Döviken) utökats med avledning även genom T-uddens naturreservat. Denna utökning kräver åtgärder utanför planområdet för det nya reningsverket, vilka beskrivs nedan. Förslaget är väl förankrat med Gävle kommun.

Strax utanför planområdets ytterkant, schematiskt illustrerat med de röda pilarna i Figur 13, har cykelvägen längs Atlasgatan och vidare mot T-uddens naturreservat sänkts för att kunna avleda vatten vid en extrem skyfallssituation. Denna sänkning har gjorts över en bredd på 3 m. Längs Atlasgatan är sänkningens nivå endast 2 dm från 3,6 m till 3,4 m. Lutningen på cykelvägen är 0,6‰. I ett låglänt område nära Atlasgatan har en skyddsvall på ca 0,2 m lagts in mellan cykelvägen och planområdets södra ytterkant. Åkern, där cykelvägen mynnar, hänger i norr samman med ett alkärr, som avvattnas vidare norrut via ett dike. Detta dike har i beräkningen getts en bredd på 2 m och lutar jämt från alkärret ut till havet.

I praktiken behöver utformningen av den nedsänkta cykelvägen anpassas bl.a. för att möjliggöra infart till reningsverksområdet samt för anslutning till omgivande mark. Längs cykelvägen mot åkern i T-uddens naturreservat behöver marknivån som mest sänkas omkring 2 m. För att undvika att dränera alkärret vid normala förhållanden kan en tröskel skapas vid dikets utlopp i norr, vilken håller vattennivån uppe på en önskvärd nivå men utan att hindra utflöde vid högre vattennivåer. Öster om alkärret har marken höjts för att förhindra vatten från att passera till Hemlingbybäcken. Detaljerad utformning har ej gjorts

24(44)

RAPPORT
2021-12-15
REVIDERAD VERSION MED FÖRÄNDRAD
SKYFALLSAVLEDNING – SLUTVERSION
TILLSTÄNDSANSÖKAN NYTT ARV GÅSTRIKE VATTEN

i detta skede men förslagsvis höjs marknivån hos den befintliga vandringsleden som finns belägen öster om alkärret.

4.3 Resultat

För nuvarande förhållanden visas resultat endast för ett 100-årsregn. För förslagen med framtida höjdsättning och skyfallsavledning redovisas beräkningsresultat även för klimatanpassade 500- samt 1000-årsregn.

4.3.1 Med nuvarande förhållanden

I Figur 15 redovisas det maximala vattendjupet för regn med 100 års återkomsttid. Figuren illustrerar alltså inte en ögonblicksbild, utan det maximala vattendjupet för varje enskild punkt. För att underlätta visualiseringen redovisas enbart vattendjup över 0,1 m.



Figur 15. Maximalt vattendjup vid ett 100-årsregn vid nuvarande marknivåer i planområdet

För att ge en tydligare bild av hur vattnet strömmar i planområdet presenteras i Figur 16 en ögonblicksbild av vattenavrinningen vid tidpunkten 5 minuter efter att nederbörden når sin maximala intensitet vid ett 100-årsregn. Det orangea skiktet visar vattnets strömning som flux, dvs. flödet som passerar per meter ($m^3/s/m$) i modellområdet. De orangea och svarta pilarna visar den relativa flödes hastigheten (varvid en större pil indikerar på en högre vattenhastighet) samt flödets riktning. Planområdets ytterkanter är markerade med en mörkblå linje. Utifrån det här resultatet identifierades olika flödesvägar som ytavrinningen når planområdets västra sida via två lågpunkter längs Atlasgatan. En

ytterligare betydande inkommande flödesväg uppstod ifrån industriområdet beläget nordväst om planområdet.



Figur 16. Ögonblicksbild 5 min efter den maximala nederbörden vid ett 100-årsregn. Det orangea skiktet visar ytavrinningen (flux $m^3/s/m$) och de svarta och orange pilarna anger flödets hastighet och riktning. Tre större flödesvägar för inkommande ytavrinningen till planområdet identifierades (blå pilar).

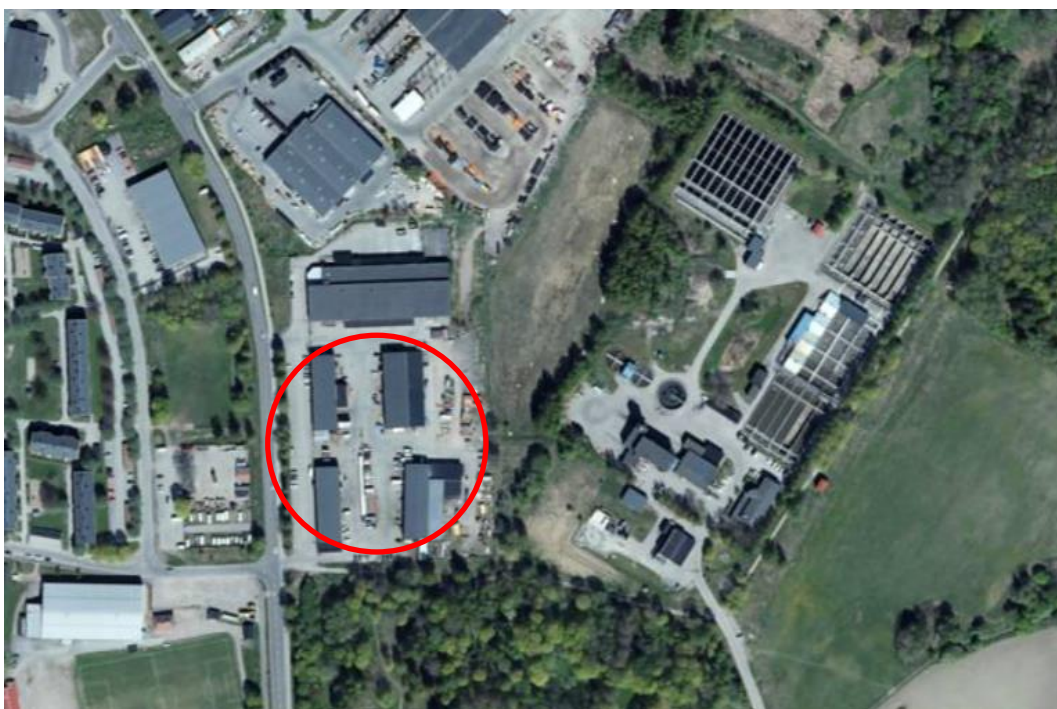
Inflödet från Atlasgatan är kraftigt under en kort tid. Via den sydligaste av flödesvägarna över Atlasgatan och vidare in till planområdet (se Figur 16) uppgår flödet för ett 100-årsregn, under några minuter, till närmare $3 m^3/s$. För 500- och 1000-årsregnen är motsvarande flöde ungefär dubbelt så stort.

Skyfallet 17-18 augusti 2021

För att kunna jämföra beräknade vattendjup med förhållandena under skyfallet 17-18 augusti kontaktades företagare inom industriområdet mellan Atlasgatan och det befintliga reningsverket. Personer från två olika företag kunde ge en bra beskrivning av hur översvämningssituationen såg ut inom industriområdet. Den ena personen beskrev att hela industriområdet, se röd markering i Figur 17, var vattenfylld och att vattennivån

27(44)

nådde upp i knähöjd. Han uppskattade att vattendjupet var ca 20-30 cm och att inget vatten hade nått in i lokalerna. Han sa också att stora mängder vatten fanns utanför planområdet: på idrottsplatsen Brynäsullen samt på Atlasgatan. Den andra personen återgav en liknande beskrivning där hela industriområdet var vattenfyllt och att inget vatten hade nått in i byggnaderna. Han bedömde att vattendjupet kan uppgått till 0,5 m på det låglänta platserna i industriområdet. I Figur 18 visas en bild på industriområdet som han tog i samband med skyfallet. I bilden syns att vatten har ansamlats längs hela området. Det går även att uttyda att bakre däckat på husvagnen i bilden står under vatten.



Figur 17. Röd markering visar industriområdet som intervjupersonerna beskrev i sin återberättelse av översvämningsutbredningen den 17-18 augusti 2021.

28(44)

RAPPORT
2021-12-15
REVIDERAD VERSION MED FÖRÄNDRAD
SKYFALLSAVLEDNING – SLUTVERSION
TILLSTÅNDSANSÖKAN NYTT ARV GÅSTRIKE VATTEN



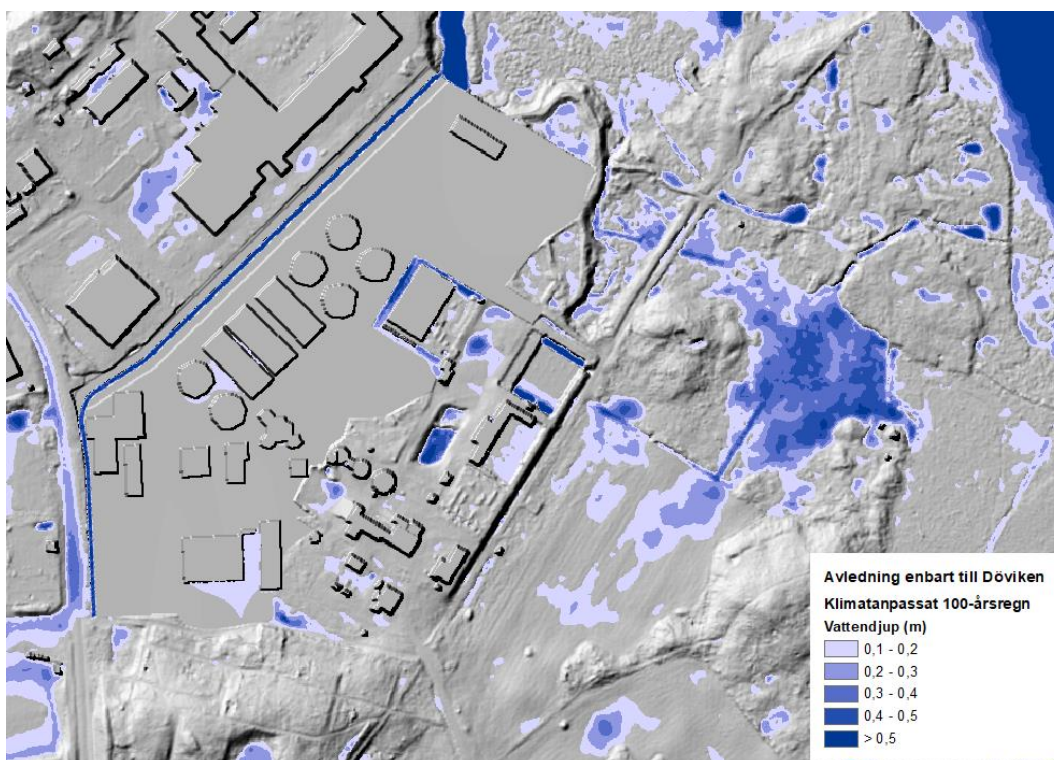
Figur 18. Bild på industriområdet mellan Atlasgatan och reningsverket. Bilden är tagen av Dan Schröder vid händelsen av skyfallet som inträffade den 17-18 augusti.

Vid jämförelse med resultaten från modellberäkningarna konstateras att beräkningarna med 100- respektive 500-årsregn (se Figur 15 för 100 års återkomsttid, 500 års återkomsttid visas ej i rapporten) gett resultat inom industriområdet som liknar de förhållanden som har återberättas av de två personerna på plats. För 100-årsregnet har industriområdet mellan Atlasvägen och reningsverket översvämmats med ett vattendjup mellan 0,3 och 0,5 m, medan motsvarande vattendjup har karterats ligga i intervallet 0,5 till 1 m för 500-årsregnet. Beräkningsresultaten visar även att större delen av området kring det befintliga reningsverket har ett vattendjup mindre än 0,1 m. Personal från Gästrike Vatten (Stefan Hedström) som var på plats någon dag efter skyfallet återberättade att det inte hade uppstått några större översvämningar i detta område.

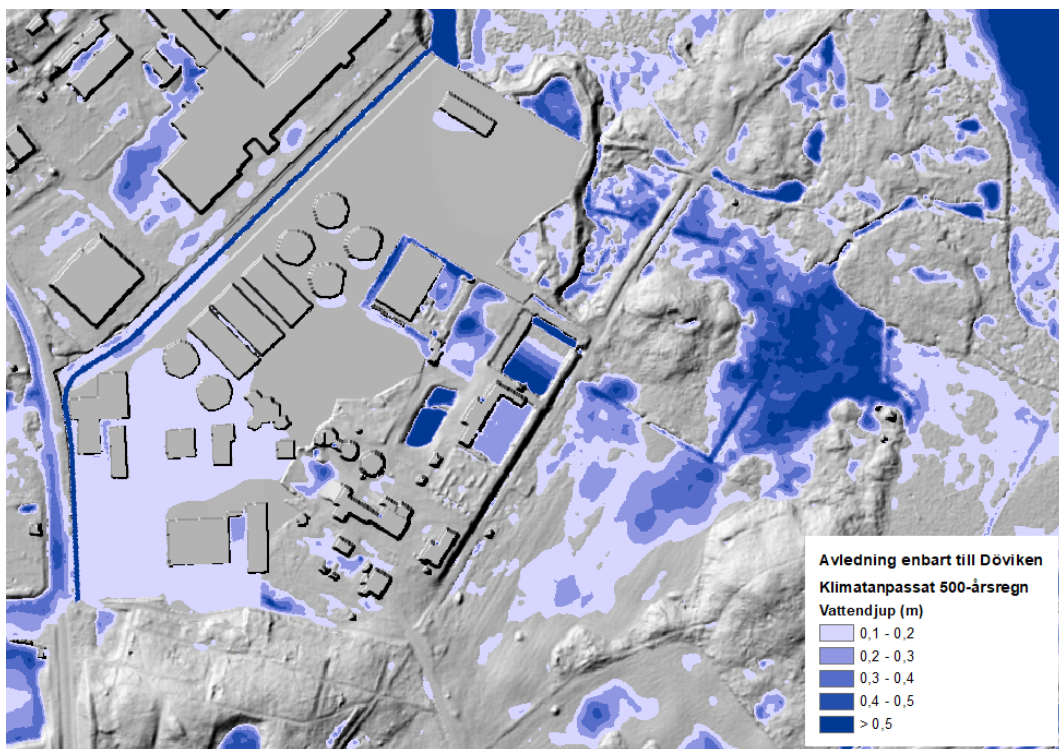
4.3.2 Med förslag till framtida höjdsättning och skyfallsavledning

Avledning enbart till Döviken

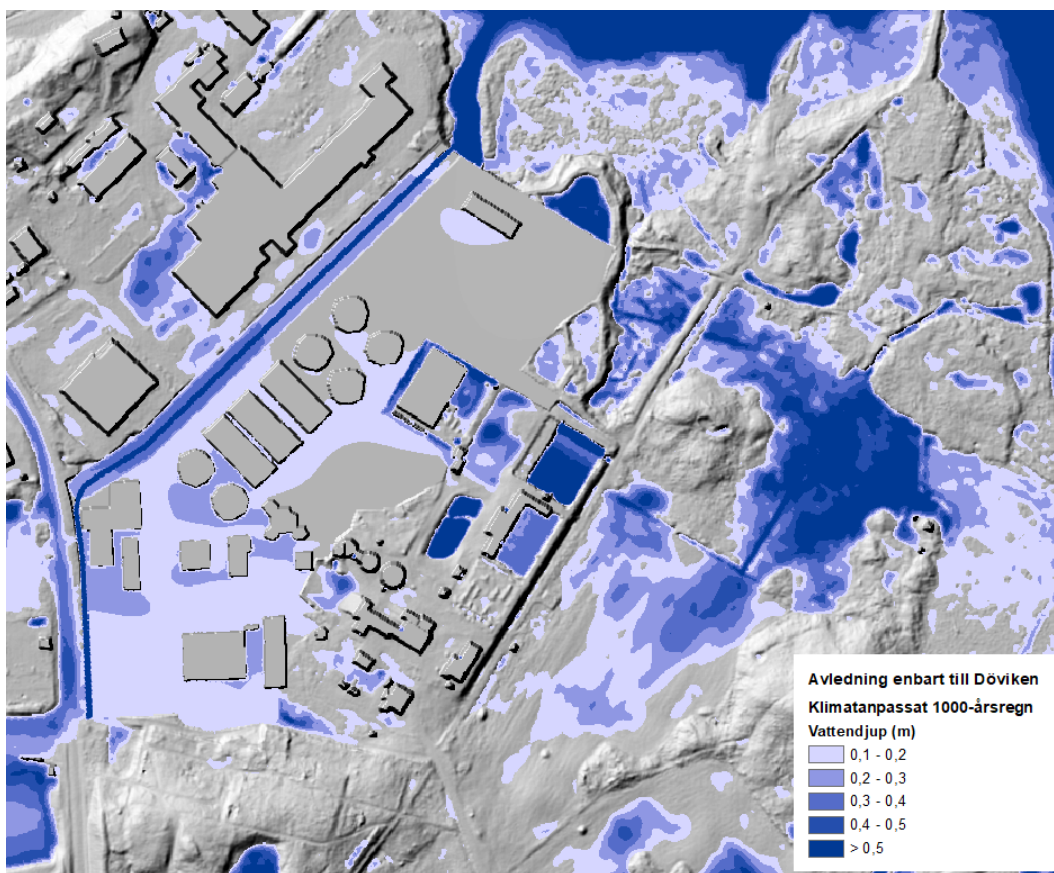
I Figur 19 - Figur 21 redovisas det maximala vattendjupet för regn med 100 års, 500 års respektive 1000 års återkomsttid. Figurerna illustrerar alltså inte en ögonblicksbild, utan det maximala vattendjupet för varje enskild punkt. För att underlätta visualiseringen redovisas enbart vattendjup över 0,1 m. Mindre vattendjup uppkommer inom större områden, men väntas inte utgöra något problem efter att detaljhöjdsättning har gjorts kring byggnader och känsliga anläggningar, vilket översiktligt diskuteras i kapitel 6.



Figur 19. Maximalt vattendjup vid ett 100-årsregn vid beräkning med avledning enbart till Döviken.



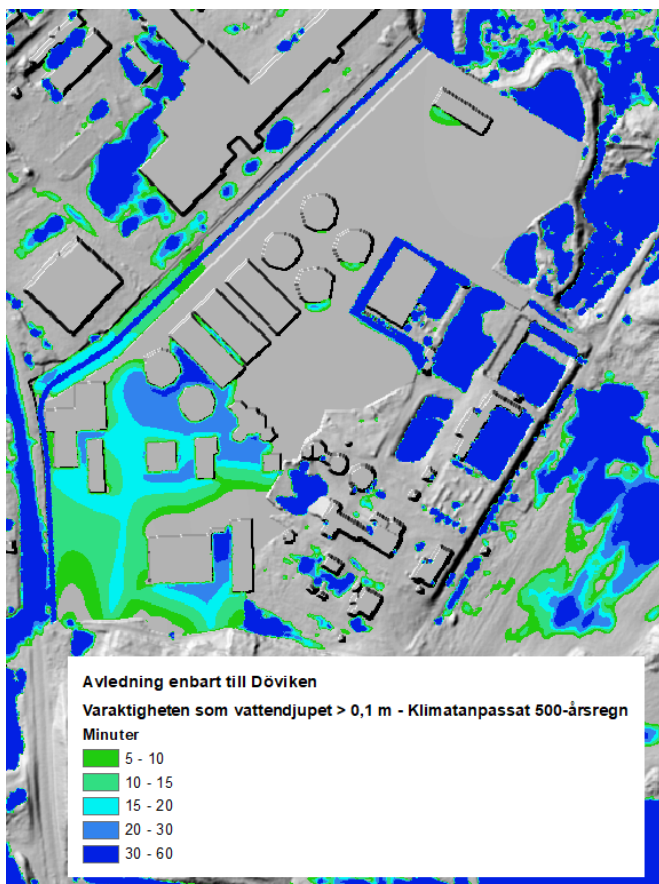
Figur 20. Maximalt vattendjup vid ett 500-årsregn vid beräkning med avledning enbart till Dövisen.



Figur 21. Maximalt vattendjup vid ett 1000-årsregn vid beräkning med avledning enbart till Dövisen.

Resultaten visar att kanalen ner till Dövisen effektivt avleder vattnet och därmed kraftigt minskar mängden vatten som når längre in på planområdet. För ett 100-årsregn väntas en kortvarig flödestopp på 2,8 m³/s nå in på planområdet, medan kanalen som mest avleder 3,8 m³/s norrut. Nära mynningen till Dövisen uppgår flödet i kanalen som mest 5,8 m³/s för ett 100-årsregn. Resultaten visar också att marklutningen tillsammans med markens goda avrinningsegenskaper inom planområdet leder undan det regn som faller över själva planområdet.

För ett 100-årsregn förhindrar kanalen, tillsammans med marklutningen inom planområdet, i princip helt planområdet från att översvämmas. Kring några byggnader väntas dock små områden kortvarigt att översvämmas med 10-20 cm vattendjup. För regnen med 500 och 1000 års återkomsttid räcker kanalens kapacitet inte för att helt skydda planområdet mot översvämmningar. Vattendjupet når för ett 500-årsregn 10-20 cm inom stora delar av planområdets sydvästra delar. I huvudsak varar dessa översvämmningar mindre än 20 minuter, men i de områden där byggnaderna skapar instängda områden kan varaktigheten bli upp till en timme (se Figur 22).

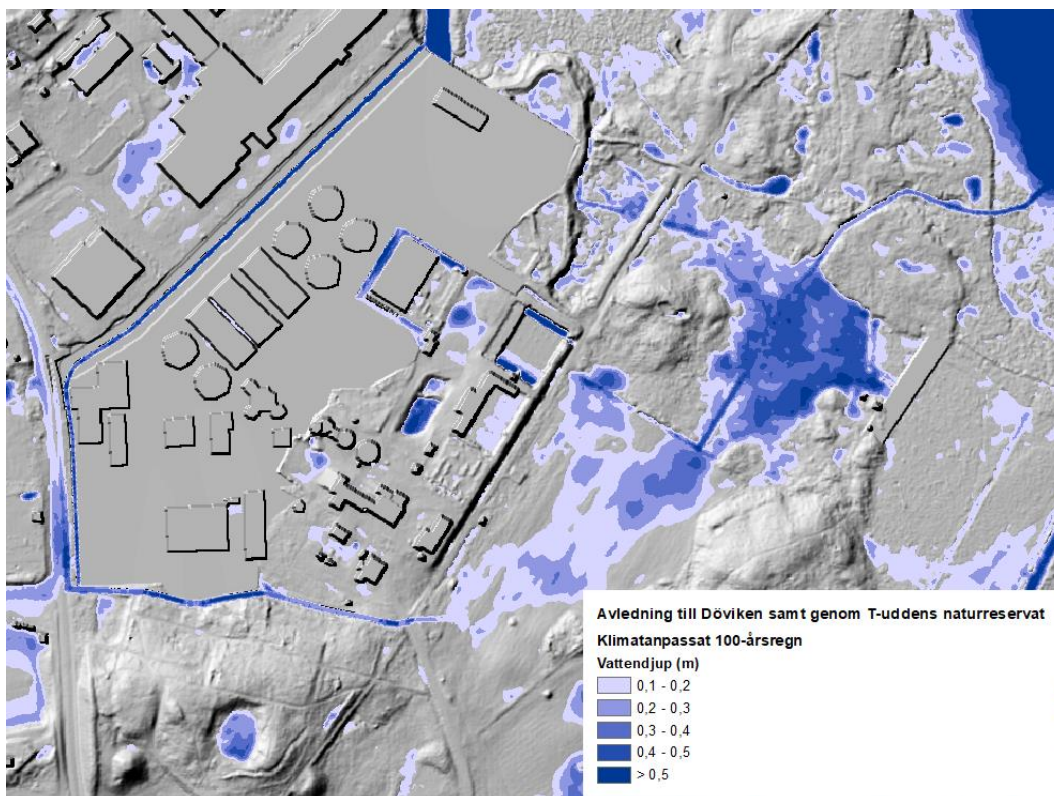


Figur 22 Varaktighet för översvämningar med mer än 10 cm vattendjup för förslaget med avledning enbart till Dövikén.

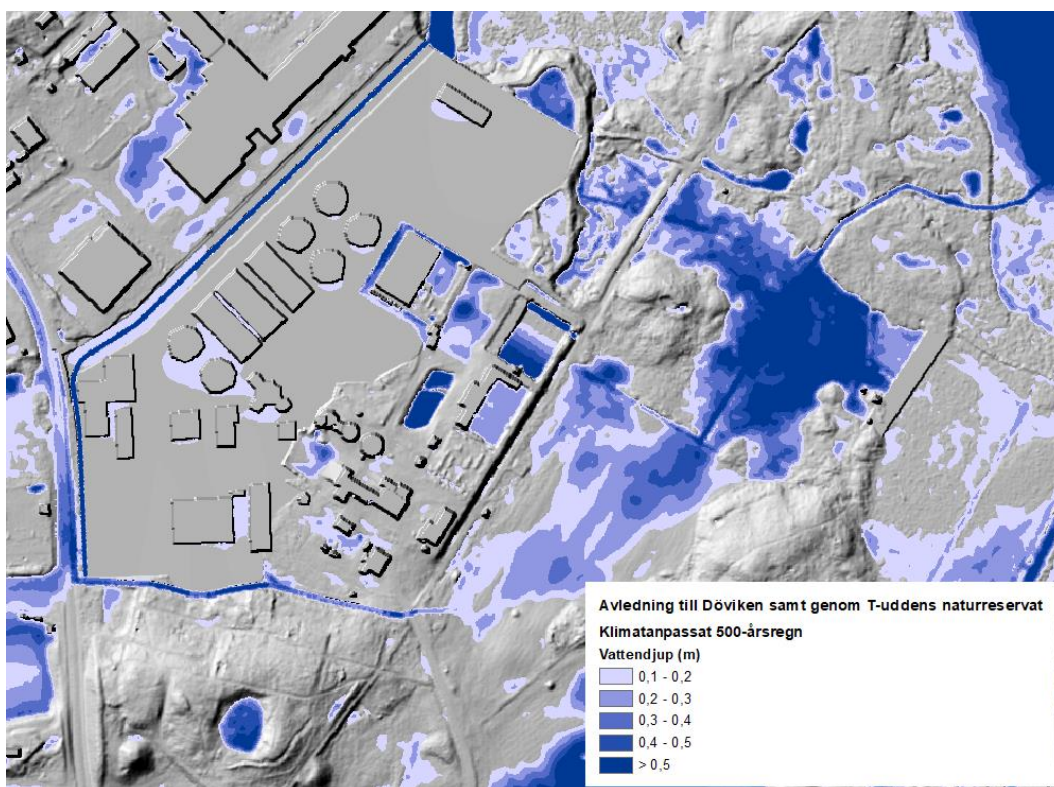
För ett 1000-årsregn väntas enligt Figur 21 ytterligare översvämningsutbredning samt 20-30 cm vatten kring vissa byggnader. Även vid detta extrema regn är dock vattendjupen mindre än vad som uppkom inom industriområdet vid Atlasgatan under skyfallet 17-18 augusti 2021 (se kap. 4.3.1).

Avledning till Döviken samt genom T-uddens naturreservat

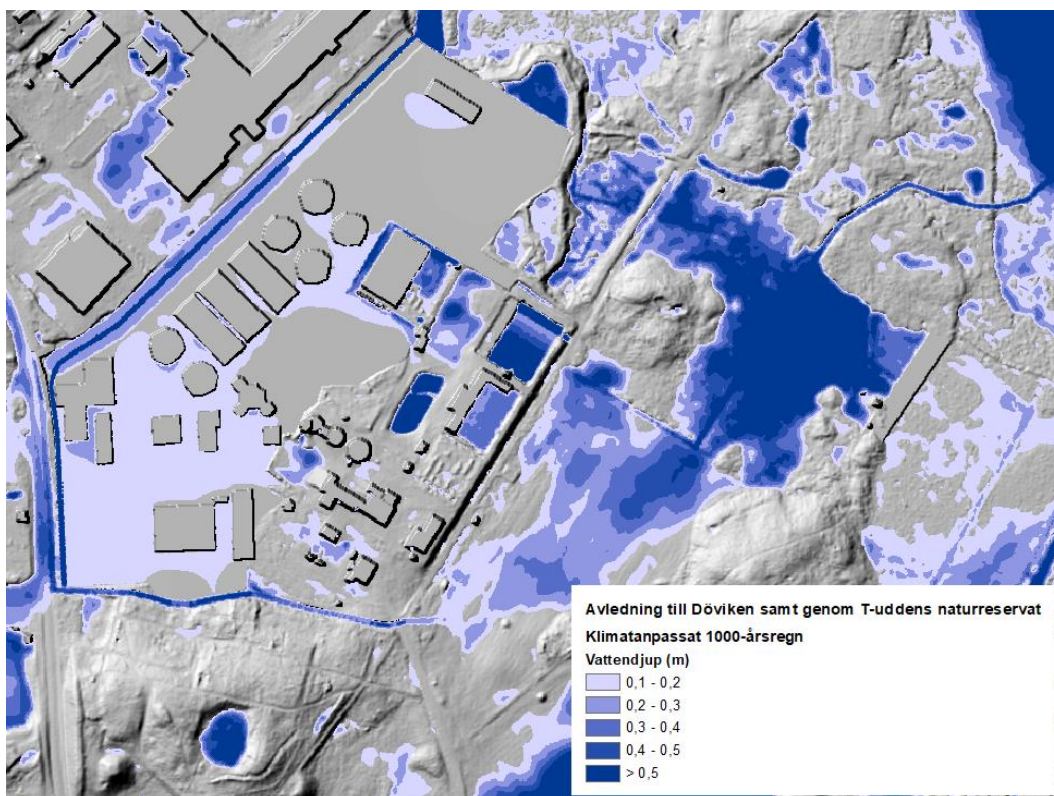
I Figur 23 - Figur 25 redovisas det maximala vattendjupet för regn med 100 års, 500 års respektive 1000 års återkomsttid. Figurerna illustrerar alltså inte en ögonblicksbild, utan det maximala vattendjupet för varje enskild punkt. För att underlätta visualiseringen redovisas enbart vattendjup över 0,1 m. Mindre vattendjup uppkommer inom större områden, men väntas inte utgöra något problem efter att detaljhöjdsättning har gjorts kring byggnader och känsliga anläggningar, vilket översiktligt diskuteras i kapitel 6.



Figur 23 Maximalt vattendjup vid ett 100-årsregn vid beräkning med avledning till Döviken samt genom T-uddens naturreservat. Uppdaterad bild!



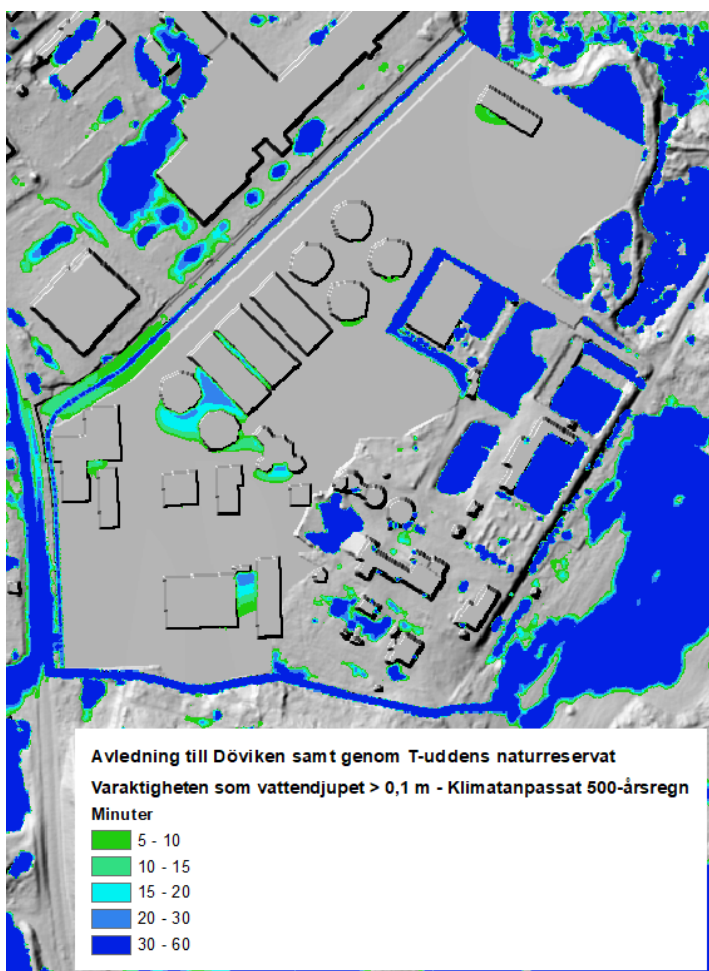
Figur 24 Maximalt vattendjup vid ett 500-årsregn vid beräkning med avledning till Döviken samt genom T-uddens naturreservat. Uppdaterad bild!



Figur 25 Maximalt vattendjup vid ett 1000-årsregn vid beräkning med avledning till Döviken samt genom T-uddens naturreservat.

Resultaten visar att både cykelvägen mot T-uddens naturreservat och kanalen till Döviken effektivt avleder vattnet och därmed kraftigt minskar mängden vatten som når längre in i planområdet. För ett 100-årsregn väntas en kortvarig flödestopp på 1,7 m³/s nå in på planområdet, medan kanalen som mest avleder 1,9 m³/s norrut och cykelvägen som mest 1,6 m³/s österut. Nära mynningen till Döviken uppgår flödet i kanalen som mest 4,2 m³/s för ett 100-årsregn. Resultaten visar också att marklutningen tillsammans med markens goda avrinningssegenskaper inom planområdet leder undan det regn som faller över själva planområdet. Vid jämförelse med Figur 19 - Figur 21 som visar avledning enbart till Döviken, framgår att såväl översvämningsutbredningarna som vattendjupen är mindre när avledning görs även genom T-uddens naturreservat.

För ett såväl 100- som 500-årsregn förhindrar cykelvägen och kanalen, tillsammans med marklutningen inom planområdet, i princip helt planområdet från att översvämmas. För regn med 500 års återkomsttid väntas dock små områden kring några byggnader översvämmas med 10-20 cm vattendjup. I huvudsak varar dessa översvämningsområden mindre än 20 minuter, men i de områden där byggnaderna skapar instängda områden kan varaktigheten bli upp till 30 minuter (se Figur 26).



Figur 26 Varaktighet för översvämningar med mer än 10 cm vattendjup för förslaget med avledning till Döviken samt genom T-uddens naturreservat.

För regnet med 1000 års återkomsttid räcker kanalens och cykelvägens kapaciteter inte för att helt skydda planområdet mot översvämningar. Vattendjupet når då 10-20 cm inom stora delar av planområdets sydvästra delar. Även vid detta extrema regn är dock vattendjupen mindre än vad som uppkom inom industriområdet vid Atlasgatan under skyfallet 17-18 augusti 2021 (se kap. 4.3.1).

4.4 Påverkan på nedströmsområden

Vid avledning enbart till Döviken mynnar vattnet i Döviken. Eftersom inget vatten leds till andra områden än idag har denna lösning ingen påverkan på nedströmsområden.

I förslaget med avledning genom T-uddens naturreservat leds vattnet om till andra områden än idag, vilket därmed ger en påverkan nedströms. Påverkan kommer att ske i form av att regnvatten vid mycket kraftiga skyfall leds från Atlasgatan till åkern strax öster om det befintliga reningsverket. Vid normala regn och för regn upp till en återkomsttid

omkring 10 år tas dock regnvattnet omhand av dagvattensystemet. Detta vatten avleds precis som idag till Döviken.

Vid extremt kraftiga skyfall kommer dock vatten rinna till åkern i naturreservatet och vidare norrut till det angränsande alkärret. Från detta avleds vatten via ett dike norrut. För att undvika att vatten rinner i det låglänta området öster om alkärret kan vandringsleden som passerar genom detta område behöva höjas. Avrinning österut bör undvikas, då detta vatten kan nå Hemlingbybäcken och ytterligare försämra avrinningskapaciteten i denna redan översvämningsdrabbade bäck. För att säkerställa avrinningen norrut från alkärret kan även det befintliga diket behöva rensas och eventuellt fördjupas eller breddas. Det kan då också finnas möjligheter att gynna alkärret genom att i utloppet förlägga en låg tröskel som hindrar dränering av kärret vid normala förhållanden. Men som tillåter fri avrinning vid extrema skyfallssituationer.

38(44)

RAPPORT
2021-12-15
REVIDERAD VERSION MED FÖRÄNDRAD
SKYFALLSAVLEDNING – SLUTVERSION
TILLSTÄNDSANSÖKAN NYTT ARV GÅSTRIKE VATTEN

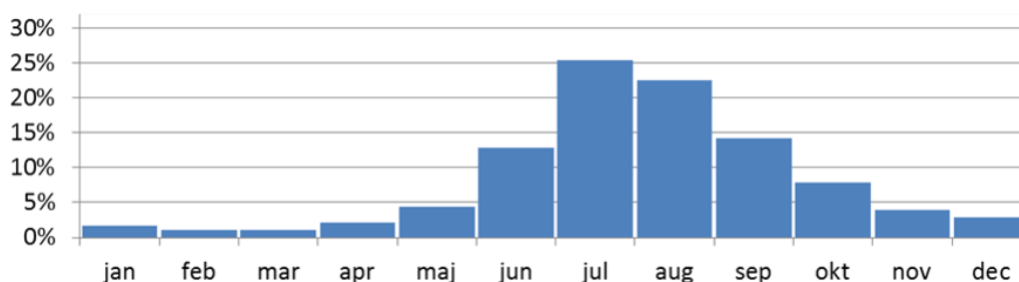
5 Sannolikheter och sammanfallande händelser

I denna rapport studeras översvämningar från hav respektive skyfall för situationer med låga sannolikheter. För att lättare kunna relatera till dessa sannolikheter presenteras i Tabell 5 en beskrivning av sannolikheten att en händelse med en viss återkomsttid ska inträffa under en tidsperiod med en viss längd. Exempelvis kan utläsas att det är en sannolikhet på 63% att en händelse med 100 års återkomsttid inträffar under en tidsperiod av 100 år.

Tabell 5 Sannolikhet för att en händelse med en återkomsttid på 100 år, 500 år respektive 1000 år ska inträffa under en tidsperiod med en längd på 10 år, 50 år respektive 100 år.

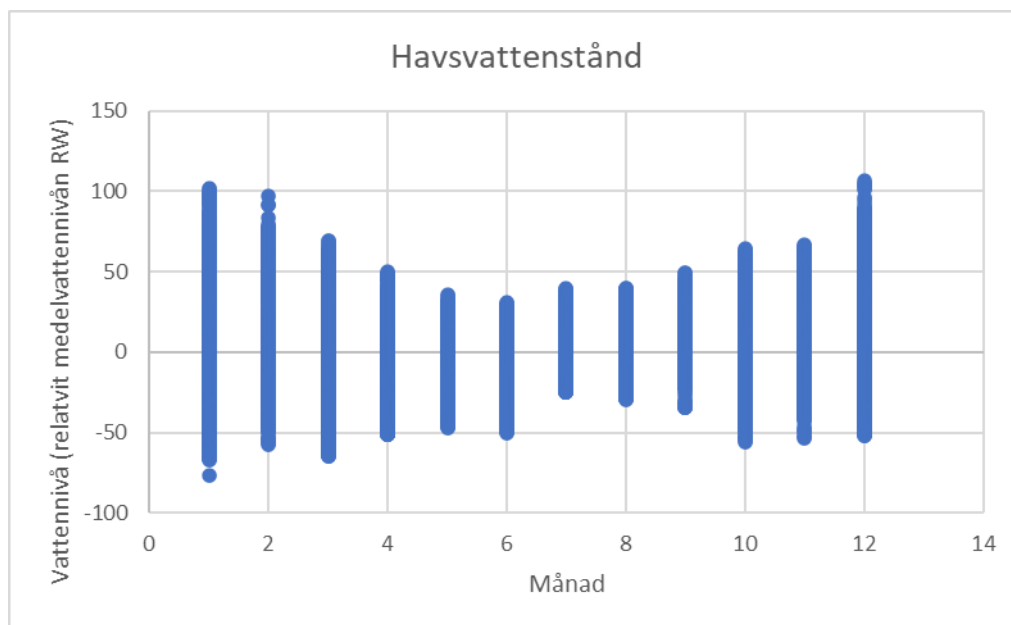
		Återkomsttid [år]		
		100	500	1000
Tidsperiod [år]	10	10%	2%	1%
	50	39%	10%	5%
	100	63%	18%	10%

Vidare har i denna rapport översvämningar från hav respektive från skyfall studerats fristående från varandra. Risken för att skyfall sammanfaller med höga vattennivåer i havet är dock låg, då skyfall generellt inträffar sommartid och höga havsnivåer främst under vintertid. SMHI har gjort en sammanställning över när på året som årets kraftigaste dygnsnederbörd har inträffat i Sverige. Sammanställningen i Figur 27 visar att den kraftigaste dygnsnederbörden i huvudsak inträffar i juni till september. Det beror på att kraftiga skyfall ofta uppstår när det finns varm och fuktig luft.



Figur 27 Sammanställning av vilken månad årets största dygnsnederbörd inträffat för perioden 1961-2011 (SMHI, 2016)

I Figur 28 visas de intervall inom vilka vattenståndet har varierat för mätstationen Bönan utanför Gävle för perioden 2009–2021. Det framgår att högvatten är högst under vinterhalvåret, alltså det omvända förhållandet jämfört med skyfall. Sannolikheten att ett kraftigt högvatten och kraftig nederbörd skulle sammanfalla är därmed mycket liten.



Figur 28 Uppmätt vattenstånd relativt medelvattennivån (RW) för mätstationen Bönan för perioden 2009 till och med 2021.

6 Diskussion och slutsatser

För att undvika översvämning av reningsverksområdet till följd av höga havsnivåer bedöms det inte vara motiverat att höja den i översiktsplanen angivna planeringsnivån. Denna nivå på 3,3 m (RH2000) bedöms vara väl tilltagen och ger en god säkerhetsmarginal till de högvatten som kan inträffa i Gävle fram till slutet av seklet. Utifrån dessa bedömningar har föreslagits att den framtida marknivån inom reningsverkets planområde bör vara 3,3 m eller högre.

I den parallellt genomförda Dagvattenutredningen har föreslagits att en renande dagvattendamm ska placeras i planområdets nordöstra del. Denna damm ligger precis som resten av området över 3,3 m och riskerar därmed inte att översvämmas av höga havsnivåer. För att undvika översvämning av dammen vid kraftiga skyfall anläggs den något högre än omgivande mark. För att undvika risk för utspolning av sedimenterade föroreningar begränsas dessutom inflödet till dammen med hjälp av en teknisk lösning. Vid högre flöden leds överskottsvatten istället vid sidan av dammen.

För att undvika översvämningar från skyfall inom planområdet behöver vatten från uppströmsområden avledas och själva planområdet utformas på ett lämpligt sätt. Resultaten visar att avledning enbart till Döviken fungerar väl och är tillräcklig för att i nästan helt skydda planområdet från översvämningar vid ett 100-årsregn. Inom små områden fås kortvariga översvämningar med som mest till 10-20 cm vattendjup. Den studerade kanalen räcker emellertid inte för att helt skydda planområdet mot översvämningar vid regn med 500 års återkomsttid. Då avledningen till Döviken kombineras med en avledning genom T-uddens naturreservat fås ytterligare minskningar av översvämningarna inom planområdet. Även för ett 500-årsregn fås då mycket begränsade och kortvariga översvämningar med som mest 10-20 cm vattendjup.

I båda ovan diskuterade förslag fås en kraftig avledning av vatten från uppströmsområden. Dock ger nederbörden över själva planområdet fortfarande vissa översvämningssproblem. För förslaget med avledning både till Döviken och genom T-uddens naturreservat förekommer översvämningar med ett vattendjup på minst 10 cm under som mest 20-30 minuter. Detta dock endast inom mycket begränsade områden, där byggnader har placerats olämpligt nära varandra och därför begränsar möjligheten för vattnet att rinna vidare. Översvämningar med vattendjup betydligt mindre än 10 cm kan kortvarigt förekomma över stora delar av området. Dessa bedöms dock inte orsaka problem för reningsverkets verksamhet.

Vid den slutliga utformningen av skyfallshanteringen är det viktigt att ta fram lösningar som inte tar mer mark i anspråk än nödvändigt. Detta bedöms vara allra viktigast i de västra delarna av planområdet. Det är där troligen mest lämpligt att avledningen till Döviken förläggs i en kombination av en öppen kanal och en täckt kanal/kulvert. Inom områden där större ytavrinning väntas måste dock kanalen vara öppen, för att möjliggöra att detta vatten kan tas omhand av kanalen. Möjligen kan dessa öppna delar täckas med ett grovmaskigt galler om det är fördelaktigt av andra skäl. Längs planområdets nordvästra gräns kan det möjligen finnas möjlighet att skapa ett bredare ytligt skyfallsstråk. Detta bör dock kombineras med en kanal/kulvert som även leder dagvatten

från uppströmsområden. Framförallt i de nedre delarna behöver denna lösning troligen utformas som en kulvert, då den mynnar i Döviken tämligen långt under markytan.

Den studerade kanalen/kulverten har bottennivåer under den rekommenderade planeringsnivån på 3,3 m. Detta bedöms dock inte vara något problem, då sannolikheten att höga havsnivåer och skyfall sammanfaller är extremt låg. Den idag befintliga dagvattenkulverten genom området ligger också den på nivåer långt under 3,3 m.

Vid detaljutformningen av reningsverksområdet bör markytorna ges goda avrinningsegenskaper och om möjligt goda infiltrationsegenskaper. Goda avrinningsegenskaper fås då marken är jämn och då avrinningen inte hindras av plank, kraftig vegetation eller liknande. Vidare rekommenderas byggnader och känsliga installationer utformas för att klara översvämningar med minst 20 cm vattendjup under 30 minuter. För att ytterligare minska riskerna rekommenderas alla konstruktioner placeras så att de i minsta möjliga mån hindrar vattnet från att rinna vidare nedströms. Exempelvis är det betydligt bättre att placera en långsmal byggnad längsmed marklutningen än att placera den på tvärs mot slutningen. Detta för att vattnet lättare ska kunna passera runt byggnaden och inte bli stående på dess uppströmssida.

Om en byggnads läge inte kan ändras, kan istället marklutningen kring byggnaden anpassas för att underlätta för vattnet att passera. Utöver de storskaliga lutningarna inom området bör lokal avledning av skyfallsvatten göras kring byggnader. Främst genom att marken bör luta ut från alla byggnader och känsliga installationer, men med fördel skapas även lågstråk som leder vattnet i önskad riktning (vilket principiellt visas i figuren t.h., där den huvudsakliga marklutningen visas med orange pil och lokala lågstråk med blå pilar).



I delar av området där det finns extra stora behov av att helt undvika risk för översvämningar kan det även vara möjligt att skapa mindre gallertäckta kanaler som ansluter till den större skyfallsavledningen mot Döviken i områdets nordvästra ytterkant.

De ovan presenterade rekommendationerna är utformade helt utifrån de lokala förhållandena för reningsverkets område. Som nämnts ovan är varken reningsverkets utformning klar eller detaljerad höjdsättning gjord. Detta innebär att översvämningens problematiken kan minska ytterligare och marginalen till påverkan av reningsverkets samhällsviktiga verksamhet ytterligare förbättras. Som jämförelse till rekommendationerna kan nämnas att man i översiktsplanen för Göteborg har satt generella riktlinjer som säger att samhällsviktig verksamhet ska förläggas 50 cm över vattennivån för ett skyfall med 100 års återkomsttid. Motsvarande marginal för byggnader är 20 cm, medan prioriterade stråk och utrymningsvägar får ligga 20 cm under denna vattennivå.

42(44)

RAPPORT
2021-12-15
REVIDERAD VERSION MED FÖRÄNDRAD
SKYFALLSAVLEDNING – SLUTVERSION
TILLSTÅNDSANSÖKAN NYTT ARV GÅSTRIKE VATTEN

Slutligen konstateras att det, utöver att vidta åtgärder i anslutning till reningsverket, även kan finnas möjligheter att fördröja regnvatten lokalt på många platser inom avrinningsområdet uppströms reningsverket. Detta skulle kunna leda till att betydligt lägre flödestoppar når planområdet för reningsverket, och därmed också minskar behoven för skyfallsavledning kring detta område.

7 Referenser

- Gävle kommun (2020). *Fördjupad översiktsplan för Norra Brynäs*. Antagen av Kommunfullmäktige den 15 juni 2020. Dnr. 18KS360.
- Göteborgs stad. (2019). *Översiktsplan för Göteborg - Tematisk tillägg för översvämningsrisker*.
- Länsstyrelsen i Stockholm. (2015). *Faktablad 2015:14 Rekommendationer för lägsta grundläggningsnivå längs Östersjökusten i Stockholms län - med hänsyn till risken för översvämning*.
- NOAA. (2017). *NOAA Technical Report NOS CO-OPS 83 - Global and regional sea level rise scenarios for the United States*.
- SGU och SMHI. (2012). *Gävle kommun - Analys av förutsättningar för naturolyckor längs kuststräckan*.
- SMHI. (2017). *Klimatologi nr 45 - Beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust*.
- Svenskt Vatten (2011). *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem*. Publikation P104.
- Tyréns (2019). *Dagvatten- och översvämningsutredning Norra Brynäs, Gävle*. 2019-10-09.
- Tyréns. (2020). *PM Havsvattenstånd i Gävle, inre fjärden, i ett förändrat klimat*. Version 1.2.

44(44)

RAPPORT
2021-12-15
REVIDERAD VERSION MED FÖRÄNDRAD
SKYFALLSAVLEDNING – SLUTVERSION
TILLSTÄNDSANSÖKAN NYTT ARV GÅSTRIKE VATTEN