

Fabege

Fördjupad skyfallsutredning Tygeln 1, 3 m.fl.

Slutleverans
2022-05-19

Fördjupad skyfallsutredning Tygeln 1, 3 m.fl.

Datum	2022-05-19
Uppdragsnummer	1320053926
Utgåva/Status	Slutleverans

Lena Sjögren
Uppdragsledare

S Sandberg/ J Brobeck /A Blomqvist
Handläggare

Patrik Gliveson
Granskare

Ramboll Sweden AB
Skeppsgatan 5
211 11 Malmö

Telefon 010-615 60 00

Unr 1320053926 Organisationsnummer 556133-0506

Innehåll

1.	Inledning	1
1.1	Omfattning.....	1
2.	Tidigare utredningar.....	1
2.1	Skyfallsutredning för detaljplan, Golder.....	1
2.2	Höjdstudie Haga Norra, Ramboll	1
3.	Beskrivning av samtliga föreslagna skyfallsåtgärder.....	2
3.1	Matildatorget	3
3.1.1	Reflektioner.....	6
3.2	Wijnbladsparken	6
3.2.1	Princip för skyfallslösning.....	7
3.2.2	Almagatans typsektion vid parken.....	7
3.2.3	Utformning av underjordiska skyfallsmagasin.....	8
3.2.4	Rinnväg 3, 4 och 5	9
3.2.5	Rinnväg 2 och 7	9
3.2.6	Rinnväg 1	10
3.2.7	Reflektioner.....	10
3.3	Allmänna principer för skyfallsåtgärder i Mathildatorget och Wijnbladsparken	10
3.4	Lilla Frösunda	12
3.4.1	Parken.....	12
3.4.2	G/C tunnel	13
3.5	Gårdsvägen.....	13
3.5.1	Gränderna.....	13
3.6	Fröparken	14
3.7	Tygeln 1	17
3.8	Tygeln 3	19
4.	Skyfallsmodell.....	19
4.1	Modelltyp.....	19
4.2	Underlag.....	20
4.3	Modellerat område.....	20
4.4	Höjdmodell.....	21
4.4.1	Befintligt scenario.....	21
4.4.2	Framtida scenario.....	21
4.5	Underjordiska skyfallslösningar.....	23

4.6	Regn	23
4.7	Infiltration.....	25
4.8	Ledningar.....	25
4.9	Dagvattenpumpstation vid Gårdsvägen	26
4.10	Järnväg	26
4.11	Resultat och diskussion	28
4.11.1	Befintlig situation	28
4.11.2	Framtida situation med åtgärder	30
4.11.3	Resultat av planerade skyfallsåtgärder	38
4.11.4	Jämförelse mellan befintligt och framtida scenario.....	39
4.11.5	Riskbedömning	41
4.12	Osäkerheter	43
4.13	Skyfallshantering i kommande skeden	44
5.	Drift och underhåll.....	45
5.1	Drift- och underhållsåtgärder Mathildatorget, Wijnbladsparken, Tygeln 1 och Tygeln 3	45
5.2	Reinvesteringsbehov, lösningens livslängd	46
5.3	Drift- och underhållsåtgärder Lilla Frösunda	47
5.4	Drift- och underhållsåtgärder Gårdsvägen.....	48
5.5	Drift- och underhållsåtgärder Fröparken	48

Bilagor

Bilaga 1	L0001901-Översikt
Bilaga 2	L0001901-Underjordiska magasin
Bilaga 3	L0001901-Rinnväg -1
Bilaga 4	L0001901-Rinnväg -2 och 7
Bilaga 5	L0001901-Rinnväg 3, 4, 5
Bilaga 6	W0005101-Sektion magasin _ schakt 1.2
Bilaga 7	W0005102-Sektion magasin _ schakt 4.1
Bilaga 8	Princip gränderna
Bilaga 9	Översvämningsdjup - Framtid med åtgärder
Bilaga 10	Höjdsättning Gårdsvägen, L.T.V Laktena Trafik-&Vägplanering AB

Fördjupad skyfallsutredning Haga Norra (PM/Rapport)

1. Inledning

Fabege och Skanska planerar tillsammans med Solna stad för att bygga nya kontorslokaler, bostäder mm, belägna öster om Arenastaden och Ostkustbanan. I samband med det arbetet har Ramboll tagit fram en skyfallsutredning för området.

1.1 Omfattning

I detta PM presenteras konkretiserade förslag för åtgärder för omhändertagandet av skyfall för Lilla Frösunda, Stora Frösunda, Gårdsvägen, Fröparken samt Tygeln 1 och 3. Skyfallsåtgärdernas effekt är simulerade i en hydraulisk modell, en skyfallsmodell, för att bland annat visa vattennivån i områdets lågpunkt på Gårdsvägen.

PM:et bygger på skyfallsåtgärder som arbetats fram av Ramboll, Structor, CF Möller architects, Landskapslaget samt även på underlag av L.T.V Laktena Trafik- & Vägplanering AB, StridLundberg och Skanska.

2. Tidigare utredningar

2.1 Skyfallsutredning för detaljplan, Golder

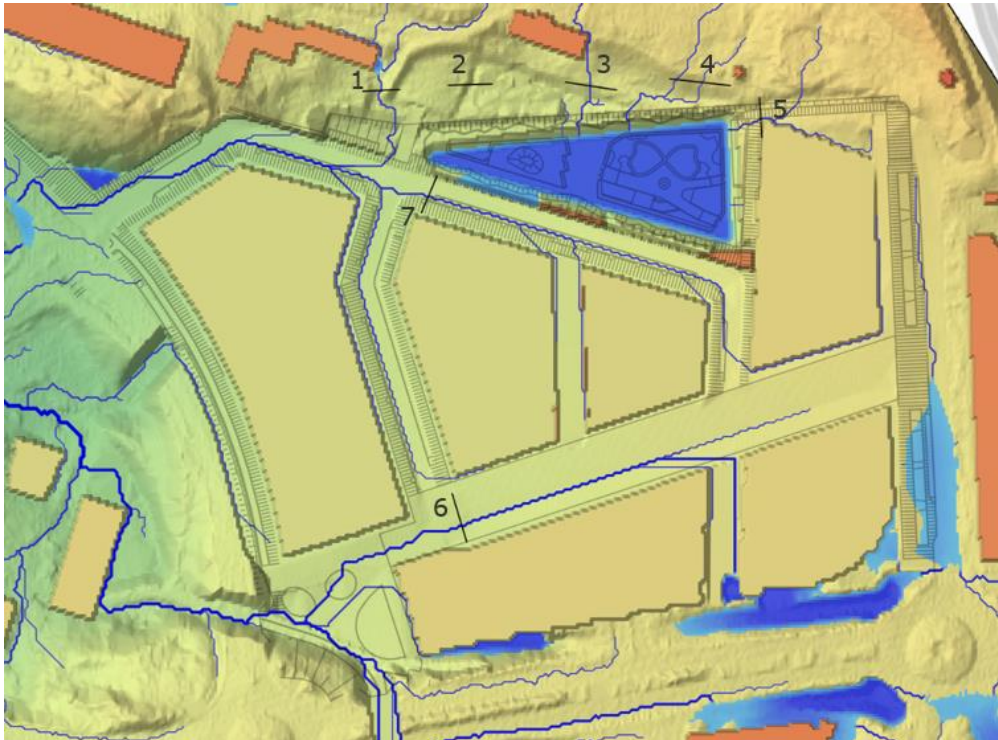
Golder visar i sin skyfallsutredning, daterad 2020-10-17, ett översiktligt resultat som beskriver att det lokala dagvattensystemet för området inte räcker till för skyfallshantering. En skyfallssimulering är därför utförd för befintlig situation samt för en framtida situation.

Planområdet har en tydlig lågpunkt på Gårdsvägen mellan Tygeln 1 och 3 där risken för översvämning är stor och där vattennivån i lågpunktens översvämning är kritisk för befintlig och planerad bebyggelse. Enda avtappningen av lågpunkten är en befintlig dagvattenpumpstation. För att avhjälpa översvämningsrisken vid lågpunkten presenteras förslag till skyfallsåtgärder på flera platser uppströms i avrinningsområdet. Dessa åtgärder har sedan simulerats i modellen och vattennivån i lågpunkten minskar då från +5,62 till +4,36.

2.2 Höjdstudie Haga Norra, Ramboll

I Haga Norra, höjdstudie, daterad 2021-04-20, visas en analys av planerade markhöjder som tagits fram av Solna stad. Syftet med analysen var att arbeta vidare med de skyfallsåtgärder som föreslagits i Golders utredning i Haga Norra. Höjdstudien visar att skyfallet från vissa delar av Haga Norra inte kommer att kunna ledas in i de föreslagna skyfallsåtgärderna såsom det var tänkt i Golders

utredning. Studien visar också skyfallets rinnvägar, vilka flöden de har och hur stor volym som passerar i en specifik sektion under hela simuleringsstiden, se Figur 1. Ett första övergripande förslag till konkretisering av skyfallsåtgärderna togs fram.

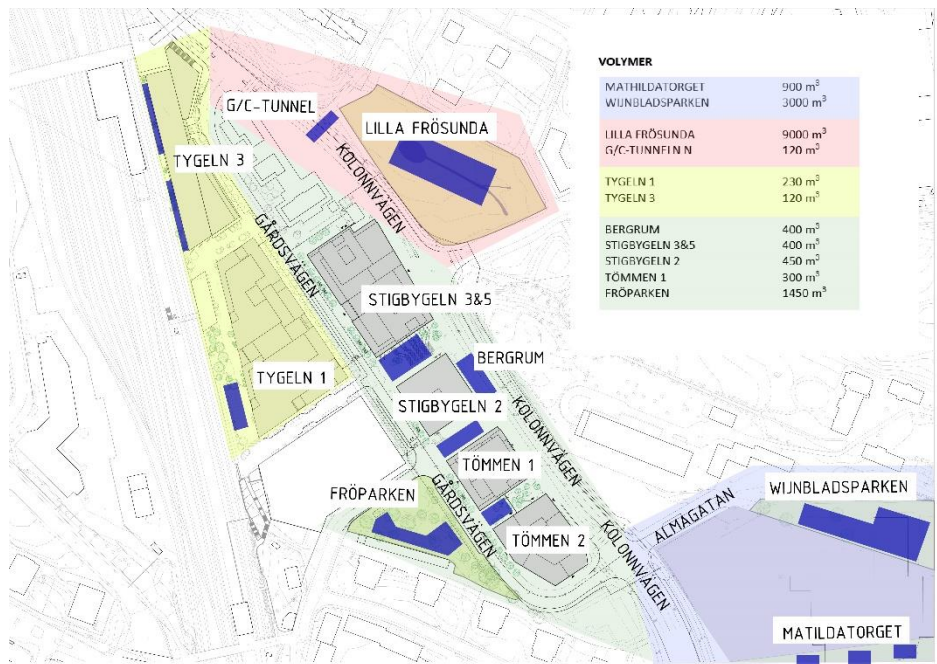


Figur 1. Rinnvägar som leder skyfallet mot områdena där skyfallsmagasin planeras i Haga Norra.

Rinnvägarnas flöden vid simulerat regn (100-års regn med klimatfaktor) varierar enligt Golders utredning, mellan 200 - 450 l/s vid Wijnbladsparken och ca 400 l/s vid Mathildatorget.

3. Beskrivning av samtliga föreslagna skyfallsåtgärder

I Figur 2 visas en översiktsbild över alla skyfallsåtgärder som arbetats in i skyfallsmodellen. Tabellen visar den volym som respektive skyfallsåtgärd rymmer. Samtliga skyfallsåtgärder beskrivs nedan mer i detalj.



Figur 2. Översikt som visar alla skyfallsåtgärder som arbetats in i skyfallsmodellen. I tabellen visas den volym som respektive åtgärd rymmer. Flera av magasinvolymerna bedöms dock enligt skyfallsmodellen kunna minskas då modellerad tillgänglig volym inte fylls upp.

Utöver dessa skyfallsåtgärder så har även taktytor på befintliga och kommande fastigheter setts över. Fastigheterna Tygeln 3, Stigbygeln 6, Stigbygeln 5, Stigbygeln 3, Stigbygeln 2, Tömmen 1, (Tömmen 2 Bostäder), Haga norra kontoren kv. 1 o 2 och (bostäder i Haga norra), har försetts med en taksarg om minst 20 cm, i de flesta fall en 30 cm hög sarg, för att samla skyfallsvatten på taken. Avtappning av taken sker sedan via invändiga vertikala stuprör som kopplas till DV systemet. En av fastigheterna, Solna United, har utvändiga stuprör som leder ned dagvattnet till ett fördröjningsmagasin som är kopplat till dagvattennätet.

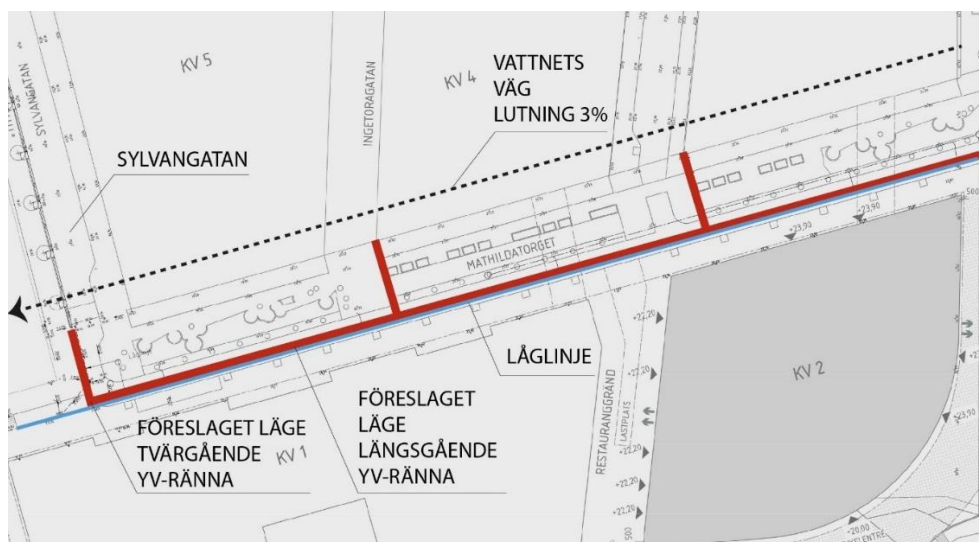
3.1 Matildatorget

Vid ett skyfall behöver en total volym på ca 900 m³ hanteras på Matildatorget för att inte bidra med skyfallsvolym vid Tygeln 1 och 3 enligt tidigare utredning. Lösningen som studerats är möjligheten att anlägga underjordiska skyfallsmagasin, så kallade kassetmagasin, under Matildatorget. I detta skede har ingen hänsyn tagits till gestaltningen på torget. Det finns i detta skede ingen dagvattenutredning för Mathildatorget utförd, varav principer för dagvattenhanteringen endast beskrivs som konsekvenser av skyfallsåtgärden. Skyfallsmagasinen och dagvattensystemet kommer att samordnas med de underjordiska parkeringsytorna.

Matildatorget har en lutning på ca 3% mot Torfredsplatsen som ligger västerut i avrinnings riktning. Lösningförslaget bygger på att stoppa vattnet innan det

når Torfredsplatsen. För att förhindra att vattnet når Torfredsplatsen föreslås flera tvärgående ytvattenrännor och en längsgående ytvattenränna som leder skyfallsvattnet vidare till de underjordiska magasinen via bräddbrunnar. Rännornas placering går att anpassa till torgets utformning men behöver ligga tvärs över torgets hela bredd.

För att hela skyfallsflödet ska kunna fångas upp har tre tvärgående rännor föreslagits på Matildatorget. En bedömning har gjorts att endast tvärgående rännor ej är tillräckligt för att få ner ett 100-årsregn till magasinen. Ett lösningsförslag är att komplettera med en längsgående ränna som löper längs med hela, eller delar av låglinjen längs torget. Förslag till placering av dessa rännor visas i Figur 3.



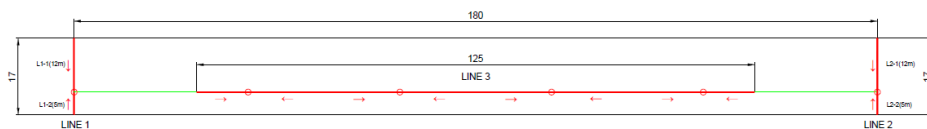
Figur 3. Förslag till placering av rännsystemet i Matildatorget.

Det som varit styrande för bedömningen om placering av rännor och av de underjordiska magasinen har bl.a. varit schaktvinklar, överbyggnad för de körbara ytorna på torget och höjden på planerade dagvattennät. Schaktvinklarna har tagits fram för att kunna bedöma om det finns begränsningar i hur stor yta magasinen kan ha då de kan behöva kunna grävas upp och då schakten inte ska kunna påverka intilliggande byggnaders grundläggning.

I detta skede har trafikclass E (60 ton) antagits för torgets överbyggnad, vilket ger en uppskattad överbyggnadstjocklek på 600 mm. Dagvattennätet beräknas ligga på ca 2 m djup enligt Systemhandling Solna, 2018-11-19.

I lösningsförslaget eftersträvas att i största möjliga mån skilja dagvattnet från skyfallsvattnet. Detta görs genom att vattnet leds via i ytvattenrännorna ner till en bräddbrunn där bräddningen till skyfallsmagasinet ligger högre än dagvattenutloppet.

Ytvattenrännorna, måste ha tillräcklig kapacitet för att hela flödet ska kunna rinna ner i dem och tillräcklig kapacitet när vattnet väl kommit ner i rännorna för avledning av skyfallsflödet. Ytvattenrännorna bedöms därför behöva flera utlopp som är kopplade på den ledning som leder vattnet vidare till bräddbrunnarna. Se principskiss i Figur 4.



Förslag på ränna i tre sektioner, Matildatorget

R200G30R – Ulma Drainage MultiV+200
 Ränna i polymerbetong (frostsäker)
 Belastningsklass D400 – tål 40 ton i punktbelastning
 Rekommenderat galler i gjutjärn för bästa inloppsareal.

Rek antal utlopp för ränna ett och två (norr & syd på yta märkt LINE 1 & 2) 1 utlopp
 Utlopp placeras i sand-fång av dimension 200.
 Längd på ränna 17 m / st
 Rek antal utlopp för ränna tre(längsta ränna utmed lågpunkt märkt LINE 3) 4 utlopp
 Utlopp placeras i sand-fång av dimension 200.
 Längd på ränna 125 m

För att anslutande rör skall kunna ta hela flödet
 bör den vara av dimension 400.

Ränna placeras enligt skiss i lågpunkt.
 Rännornas sammanlagda kapacitets överskrider angivet flöde om 370L/s

Figur 4. Principskiss med förklarings-text från leverantören Plastinjekt.

Magasinens placering och utformning har tagits fram med målet att magasinerna ska ta upp så liten yta som möjligt och samtidigt vara så grunda som möjligt.

Magasinens utlopp kan antingen utformas med avtappning med självfall till dagvattensystemet eller till en brunn där en länspump kan placeras för tömning efter att magasinet utnyttjats. En självfallsanslutning begränsar höjden på magasinet vilket i sin tur påverkar magasinets area. I bilagorna 6 och 7 visas magasinutformning med avtappning med självfall till dagvattensystemet. I bilaga 7 visas också utformning av djupt magasin med utlopp till så kallad blindbrunn för länspump.

Magasinen placeras på grund av torgets längdslutning, uppströms ytvattenrännorna. Ett djupare magasin kräver en mindre area och skulle därmed utgöra mindre risk för t ex tillgänglighet om magasinet skulle behöva grävas upp. Ett grundare magasin tar upp en större yta men uppgrävning går att säkerställa för säker schakt (att schakten ryms och inte underminerar intilliggande konstruktioner). Med en schaktvinkel på 4:1 kan magasinet ha en ännu större yta men detta medför att säker schakt inte uppfylls. Schaktväggarna kan då behöva spontas. För att få en bild av hur stor yta magasinerna kan ta upp under mark med

olika schaktvinklar och olika djup visas en sammanfattande bild i Figur 5. För sektioner för djupt och grunt magasin, se bilaga 6 och 7. Enligt bilden nedan är det endast förslag C som uppnår att magasinera en volym om $>1000\text{m}^3$. Magasin A kan troligtvis ha en större area vid noggrannare utredning och skulle därmed kunna magasinera mer än nuvarande 900m^3 . Resultatet från skyfallsmodellen (se kapitel 4.11.3) visar på att magasinerna enbart fylls med 700m^3 , varpå magasinerna bedöms kunna anläggas med en mindre volym.



Figur 5. Utbredning av magasin beroende på schakt i Matildatorget.

3.1.1

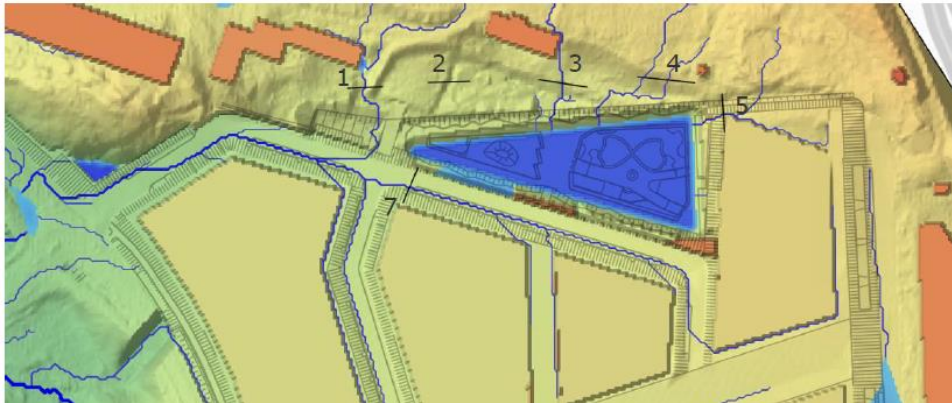
Reflektioner

Eftersom Matildatorget troligtvis kommer att ha en rik gestaltning blir magasinens placering eventuellt en fråga att utreda med mer exakt noggrannhet. Större träd och stora fundament kan tex inte placeras på magasinerna. Vidare bör även exakta placeringar och höjder för två underjordiska tunnlar mellan husen studeras mer detaljerat samt att planerade ledningar som till exempel VA och sopsug behöver samordnas med magasinlösningen. Eventuellt kan magasinerna placeras ovanpå tunnlarerna men detta skulle i så fall behöva utredas vidare.

3.2

Wijnbladsparken

Sex rinnvägar som leder skyfallet in mot Wijnbladsparken har identifierats, rinnväg 1, 2, 3, 4, 5 och 7, enligt Figur 6. Den totala skyfallsvolymen som behöver hanteras i området är ca $3\,000\text{m}^3$ enligt tidigare utredning. Modellresultatet (se kapitel 4.11.3) visar på att magasinerna enbart fylls med $2\,300\text{m}^3$ varpå magasinerna bedöms kunna anläggas med en mindre volym.



Figur 6. Rinnvägar mot skyfallsåtgärd.

Det finns i detta skede ingen komplett dagvattenutredning för Wijnbladsparken men ett dagvattenmagasin i form av ett kanal- eller dikesliknande stråk planeras i parken längs Almagatans norra kant.

3.2.1 Princip för skyfallslösning

Samtliga rinnvägar omhändertas och leds till skyfallsmagasinen som föreslås utformas som underjordiska magasin, under parken. Lösningarna delar upp hanteringen av dagvatten, som leds för anslutning mot ledningsnätet, och hantering av skyfall, som leds till de underjordiska magasinerna.

Ambitionen är att bevara utformningen som föreslås i Systemhandling Solna, 2018-11-19, med undantag för omskevvning av Almagatan (se vidare nedan).

Se bilaga 1 för detaljerad och skalenlig handling.

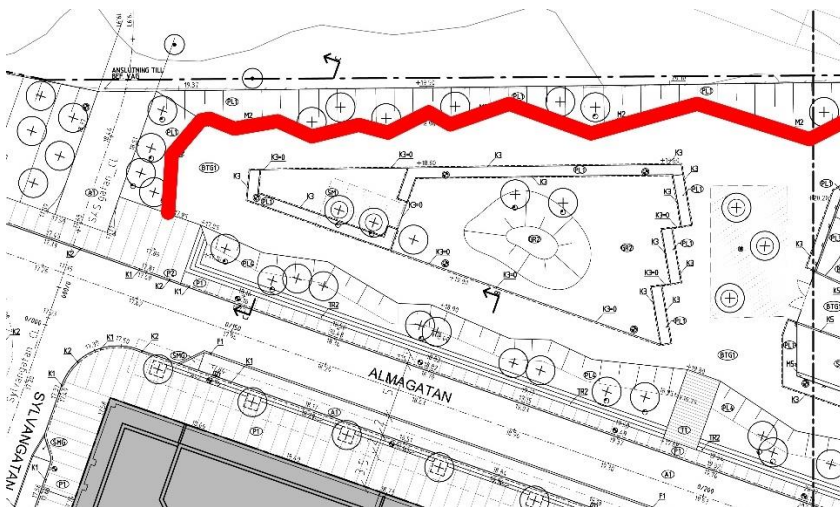
3.2.2 Almagatans typsektion vid parken

Förslaget för skyfallslösning bygger på att hela Almagatans vägsektion skevas med lutning mot parken, vilket skiljer sig mot förslaget i systemhandlingen där gatan är bomberad. En bomberad gata försvårar avrinningen mot parken och mot det dagvattenmagasin som också planeras längs med gatan i parkens södra kant. I Figur 7 visas sträckan på Almagatan som istället behöver skevas mot parken.

3.2.4

Rinnväg 3, 4 och 5

Rinnvägarna norr om parken (3 och 4) samlas upp i brunnar bakom muren se Figur 8 som är planerad i parkens norra del. Muren dämmer vattnet innan det rinner ner i kupolbrunnen som har en överkant några cm under murens överkant. Dagvattnet från dessa brunnar kopplas till dagvattendiket (dagvattenmagasinet) i söder, och skyfallet till det östra underjordiska magasinet. Brunnar och ledningar är djupa nog att ligga under överbyggnaden i parkytan och under murens grundläggning.



Figur 8. Muren i Wijtbladsparken se markering i rött. (Projekterad plan: Tyréns 2018).

Den östra rinnvägen (5) bedöms kunna hanteras genom modifiering av höjderna inom parken, till exempel genom att skapa lokala höjdryggar, och på så sätt kan vattnet ledas ytligt mot dagvattendiket i söder. Ambitionen för vidare projektering bör vara att få vattnet att rinna ner i dagvattendiket så långt österut i diket som möjligt.

Se bilaga 5 för detaljerad och skalenlig handling.

3.2.5

Rinnväg 2 och 7

Rinnväg 2 hanteras enligt samma princip som rinnväg 3 och 4. Här leds däremot dagvattnet till ledningsnätet och skyfallet till det västra underjordiska magasinet.

Rinnväg 7 rör sig längs Almagatan. Den nya skevningen av gatan, förstärkt med tvärgående rännor, typ rännodalar eller ytvattenrännor, gör att vattnet rinner längs den norra kantstenen på gatan. Kantstenen förses med släpp ned till dagvattendiket alternativt att ytvattenrännorna mynnar direkt i diket. Diket föreslås sektioneras med någon form utav murelement för att kunna fördröja dagvattnet på ett effektivt sätt. Murelementet förses med ett hål i botten för ett mindre konstant flöde av dagvatten. Vid skyfall kommer murarna däremot dämna vattnet och magasinera sin fulla kapacitet innan vattnet bräddas via kupolbrunnar

som kopplas till de underjordiska magasinen. Överkant kupolbrunn ligger ett par cm under gatans höjd för att säkerställa att vattnet vid skyfall inte rinner vidare på gatan.

Se bilaga 4 för detaljerad och skalenlig handling.

Den bästa lösningen för gatan vore om ingen kantsten alls sätts utan att vattnet kan avrinna direkt från en enkelsidigt skevad gata ner mot det längsgående dagvattenmagasinet. Det är viktigt att skyfallet verkligen stoppas tvärs över gatan och leds ner i systemet, annars byggs ett för stort skyfallsmagasin till ingen nytta. Ett skyfallsflöde är stort och kommer att rinna längs en gata, på större delen av gatan med ett vattendjup på kanske någon decimeter. Det behöver styras tydligt så att flödet skärs av tvärs över gatan.

3.2.6 **Rinnväg 1**

Vattnet fångas upp genom att ett dikesavslut i slänten skapas. Nedsänkningen dämmer vattnet tills det bräddar i en kupolbrunn. Dagvattnet leds till ledningsnätet och skyfallet leds i ledning till det västra underjordiska magasinet.

Se bilaga 3 för detaljerad och skalenlig handling.

3.2.7 **Reflektioner**

Det finns anledning att se över placeringen av träd i förhållande till placering av de underjordiska magasinen. De större träden behöver minst ha 1 000 mm djup växtbädd. Det är också viktigt att se över artval så att arter som står i torra lägen, exempelvis längst öster ut i dagvattendiket kan klara av torra och näringsfattiga perioder. Vidare finns det anledning att titta närmre på vilka platser man lokalt kan sänka ner i parken för att avlasta flödena vid normala regn. Detta kommer dock inte ha någon nämnvärd påverkan på skyfallshanteringen.

3.3 **Allmänna principer för skyfallsåtgärder i Mathildatorget och Wijnbladsparken**

Det nya ledningsnätet för dagvatten i Haga Norra är dimensionerade för att upp i markytan kunna hantera ett 30-års regn. Befintligt ledningsnät nedströms klarar inte ett 30-års regn med trycklinjen under marknivån enligt Solna Vatten. På grund av att skyfallsmagasinen är underjordiska och då bräddningen till skyfallsmagasinen sker via samma brunnar som hanterar dagvattnet, kommer bräddningen till skyfallsmagasinen ske innan dimensionerande regn fyllt systemet. Exakt vid vilket regn är svårt att avgöra utan en hydraulisk modellkontroll, där både ytavrinningen och hela dagvattensystemet är inlagt. Uppskattningsvis kommer bräddningen börja ske vid ett 20-årsregn. När bräddningen sker via dagvattenmagasinet längs Almagatan bräddar större regn än 30-årsregnet till skyfallsmagasinen.

Inloppen i kupolsilsbrunnar, dimension 1 000 mm med stor betäckning, är tillräckligt stora för flödena ner från backen mot Wijnbladsparken. Brunnarna behöver placeras något nedsänkta bakom den föreslagna muren för att intagets

fulla kapacitet ska kunna utnyttjas. Muren behöver alltså vara lite högre än kupolsilens höjd. Ytavvattningsrännorna på Mathildatorget finns också för den kapacitet som behövs där. Det är dock viktigt i alla lösningarna, att utloppsledningarna från brunnar och rännor också har tillräcklig kapacitet för att obehindrat leda flödet vidare.

Den detaljerade höjdsättningen i Wijnbladsparkens dagvattenmagasin (diket) är mycket viktig för att dagvattnet (upp till dimensionerande regn, eller strax därunder) ska kunna skiljas från skyfallet (över dimensionerande regn).

Självtömmande magasin går endast att skapa om magasinens botten ligger högre än det planerade dagvattennätet. Dagvattennätet som redan är anlagt ligger på ca 2 m djup.

Magasinen behöver ligga med tillräcklig täckning för att bärigheten ska fungera, både för magasinerna och för vägkonstruktionen (se vidare i kap 5 om bärighet). Det innebär att magasinens ovkant hamnar på ca 1 m djup. Fluktueringsnivån i magasinerna blir då mellan -1 och -2 m under markytan, vilket ger en stor area för magasinerna eftersom de blir grunda. Djupa magasin ger en mindre area, men självfallsavtömning blir svårt till omöjligt.

Att göra magasinerna täta för att hindra inläckage är möjligt, men grundvattennivån i området ligger tillräckligt lågt för att inte påverka magasinerna. Om magasinens botten inte tätas kan en del av vattenvolymen infiltrera. Att ha infiltration som enda avtappningsmöjlighet kommer orsaka att vatten blir stående i magasinerna under en mycket lång tid innan de är tomma och lösningen rekommenderas i så fall att kombineras med blindbrunn för länsumpning. Där risken för förorenad mark finns ska magasinerna utformas täta.

Inom Wijnbladsparken omfattas skyfallsanläggningen primärt av magasinering över och under mark. Magasineringen innebär fördröjning av dagvattnet. En mindre del av vattnet kan komma att infiltreras i mark men möjligheten är begränsad eftersom den omättade zonen är liten upp mot höjdområdet vid Stora Frösunda som ligger på berg. I den mån det finns markföroreningar finns de i fyllning som kommer att behöva schaktas ur för själva anläggningen. Precis nedströms Wijnbladsparken finns en spilloljeförorening från Bilja som kommer att saneras. Sammantaget kommer det inte finnas några markföroreningar som kan påverkas av infiltration från skyfallsanläggningen.

Inom Mathildatorget omfattas skyfallsanläggningen av magasinering av dagvattnet men med större möjlighet till infiltration eftersom den omättade zonen är större. För att infiltration ska fungera behöver anläggningen ligga i sandlager som är oförorenade. Vid Mathildatorget finns mindre föroreningar i fyllningen som utgör överskottsmassor och som kommer att omhändertas. Anmälan enligt miljöbalken om efterbehandling enligt 28 § förordningen om miljöfarlig

verksamhet och hälsoskydd för Mathildatorget och kvarter 1 är inlämnad och under behandling hos Solna stad.

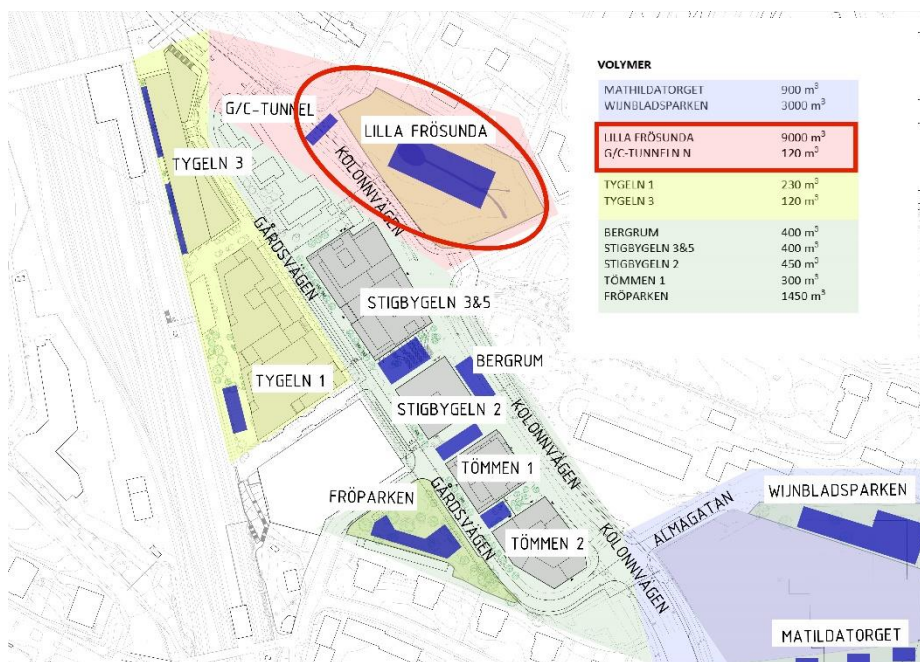
Infiltration under alla skyfallsanläggningar är till sin natur lokal och tillfällig. För markföroreningar är den storskaliga infiltrationen över lång tid vad som kommer att påverka föroreningsspridningen.

3.4 Lilla Frösunda

Skyfallsåtgärderna har arbetats fram av Landskapslaget 2021.

3.4.1 Parken

Lilla Frösunda fungerar redan idag som dagvattenmagasin med utlopp till dagvattensystemet. Den främsta anledningen till parkens omgestaltning är att ytan ska magasinera vatten vid skyfall. I parken finns en befintlig damm som är kopplad till dagvattenledningar längs Kolonnvägen. För att kunna magasinera ett skyfall behöver en dammvall byggas i den nordvästra delen av parken. Total fördröjningsvolym i Lilla Frösunda uppgår till 11 000 m³ enligt tidigare utredning. För att skyfallsvattnet ska styras in i magasinet görs även en del höjdsättningsåtgärder på gångvägen upp mot Ballongberget. Utloppet från magasinet behöver förses med återströmningsskydd, tex backventil pga att utloppsledningen ligger lågt i förhållande till ledningsnätet. Åtgärdens placering visas i Figur 9 och en sektion genom parken med skyfallsåtgärden i Figur 10.



Figur 9. Skyfallsåtgärd i Lilla Frösunda visas inringad i figuren.

LILLA FRÖSUNDA SEKTIONER



Figur 10. Sektion genom skyfallsmagasin vid Lilla Frösunda (Landskapslaget 2021)

Magasinet kan rymma en större volym än vad som krävs för 100-års regnet med klimatfaktor vilket ger en säkerhet för hantering av något större regn eller en marginal för förändrade förutsättningar i kommande skeden.

3.4.2 G/C tunnel

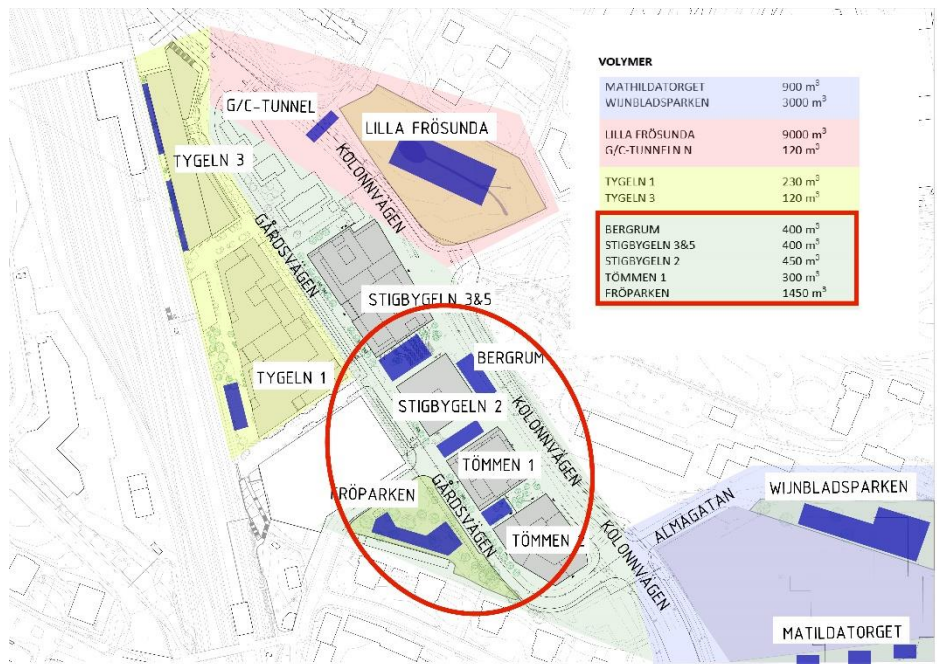
Genom att stänga G/C-tunneln som går under Kolonnvägen vid Lilla Frösunda förhindras skyfallsvatten att rinna ner mot Gårdsvägen via portalen på fastigheten Stigbygeln 6. Tunneln blir istället ett skyfallsmagasin som beräknas rymma 120m³ genom att den västra delen av tunneln stängs. Nedledning av vatten sker via dagvattenbrunnar. Avtappning sker antingen till dagvattennätet eller till blindbrunn för läns-pumpning.

3.5 Gårdsvägen

Längs Gårdsvägen ligger byggnaderna Tömmen 1 och 2 och Stigbygeln 2, 3 och 5. I gränderna mellan husen föreslås underjordiska kassetmagasin för att hantera skyfallsvatten dels från kvarteren i sig och dels från Gårdsvägen. Den skyfallsvolym som behöver magasineras lokalt vid Gårdsvägen är ca 800 m³ enligt Golders utredning 2020-10-17. Under arbetet med denna utredning har magasinsbehovet visat sig behöva vara större än i den tidigare utredningen.

3.5.1 Gränderna

I gränderna föreslogs tidigare tre underjordiska kassetmagasin som kan magasinera en volym om totalt 1150 m³. Då skyfallsmodellen visar på att denna volym inte fylls fullständigt (se kapitel 4.11.3) bedöms volymen kunna minskas till totalt 850 m³. Magasinet mellan Tömmen 1 och Stigbygeln 3 kopplas samman med ett befintligt bergrum där ytterligare en volym om 400 m³ kan magasineras. Bergrummet seriekopplas då med skyfallsmagasinet så att vatten kan ledas från skyfallsmagasinet till bergrummet när vattennivån stiger i magasinet. Området kring Gårdsvägen kan därmed totalt magasinera 1550 m³. Placering av åtgärderna visas i Figur 11. För principskiss se bilaga 8.



Figur 11: Skyfallsåtgärderna vid Gårdsvägen visas inringade i figuren.

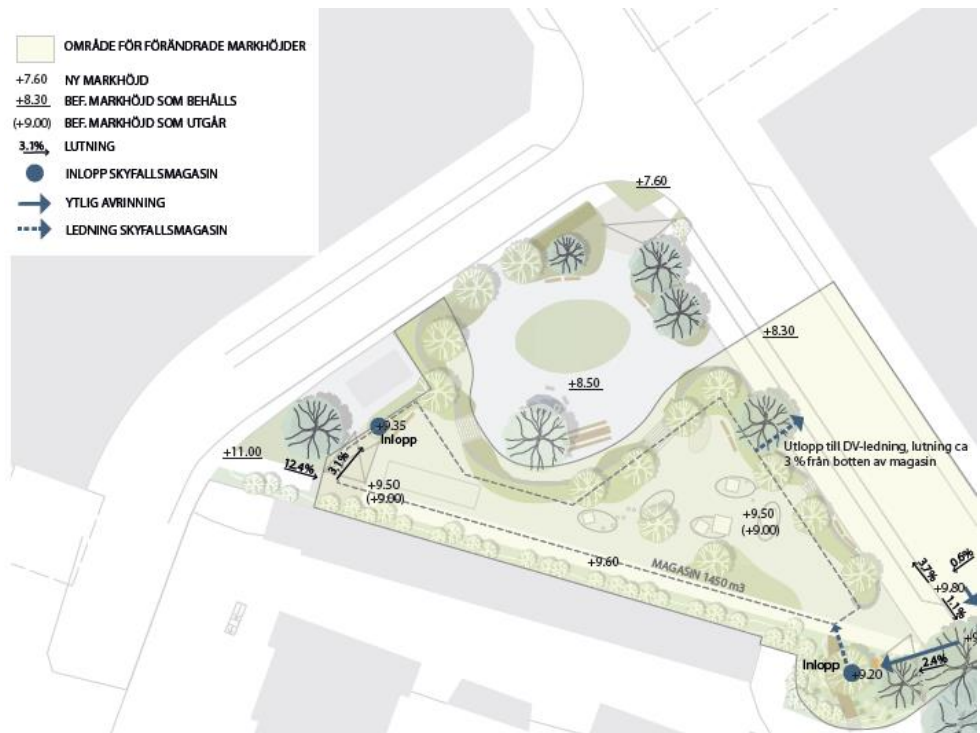
I söder från anslutningen till Kolonnvägen är Gårdsvägen höjdsatt bomberad för att driva vattnet från Kolonnvägen och söder ifrån in mot parkens sydöstra del. Efter inledningen av vattnet till parken, se bilaga 10, är gatan enkelskevad mot gränderna mellan stigbygeln 3 & 5, Stigbygeln 2, Tömmen 1 och Tömmen 2 för att leda skyfallet till de underjordiska magasinen som föreslås där.

För att få ner vattnet i magasinen i gränderna skapas upphöjda ytor nedströms gränderna. De upphöjda ytorna samt kvartersmarken lutar sedan mot nedsänkta växtbäddar. Under växtbädden i gränden är kassetmagasinet placerat med avtappning till dagvattenledning eller bräddbrunnar (ø600mm). Bräddbrunnarna ligger upphöjda i de nedsänka växtbäddarna med samma höjd på betäckningens inlopps nivå som den upphöjda ytans högsta nivå. Princip visas i bilaga 8.

3.6

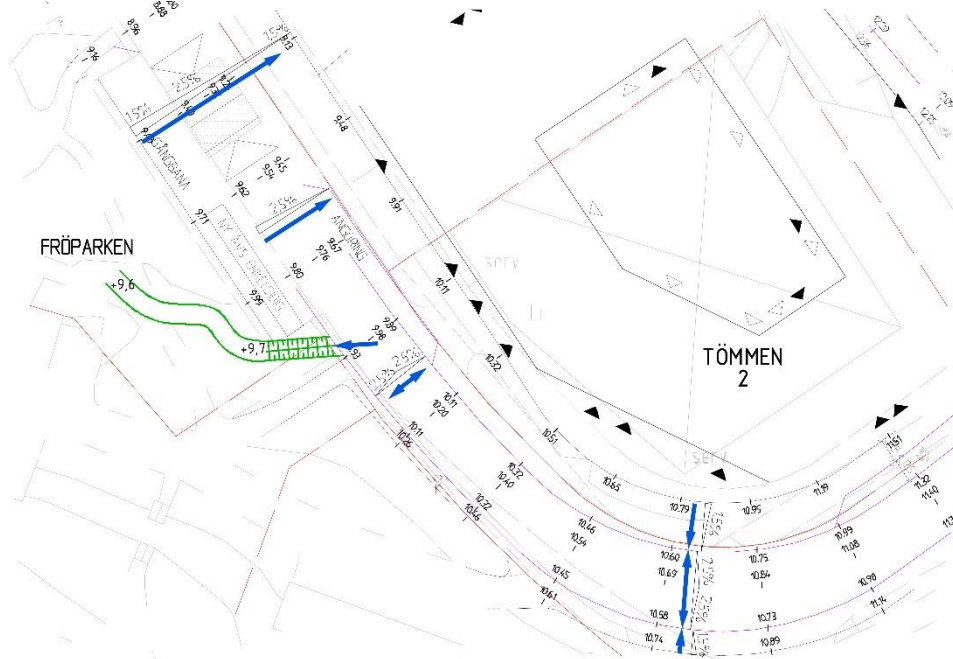
Fröparken

Fröparken är idag en lekpark vid Gårdsvägen. Här föreslås ett underjordiskt skyfallsmagasin som ska kunna magasinera 1450 m³.



Figur 12. Fröparken, skyfallsmagasin. Bilden visar principen för magasinets utbredning. Höjderna är ej gällande. (Illustration: Landskapslaget 2021)

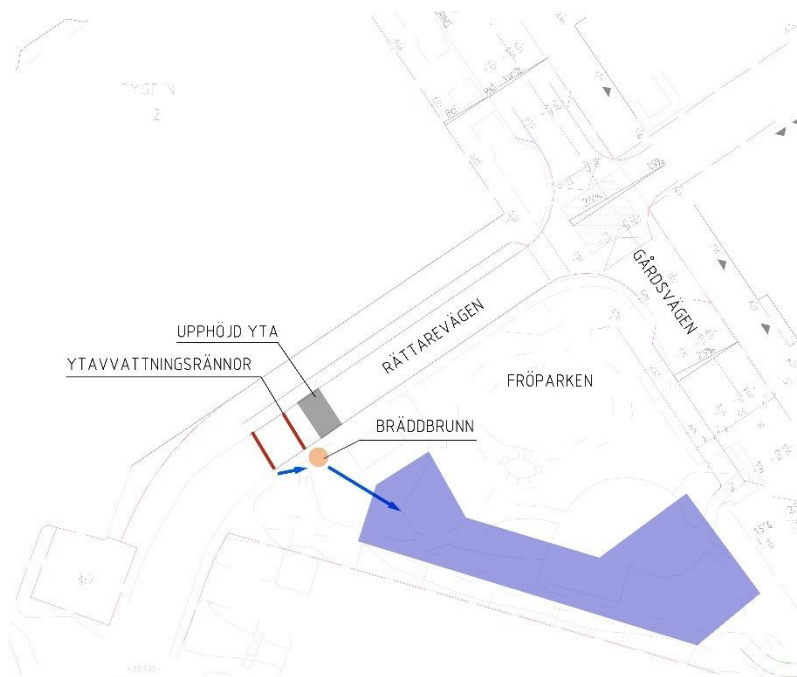
För att tvinga in flödet till magasinet har gatorna runtomkring höjdsatts så att vattnet leds in i parkens sydöstra hörn.



Figur 13. Vattnet leds in i parkens sydöstra del från Gårdsvägen via ett dike.

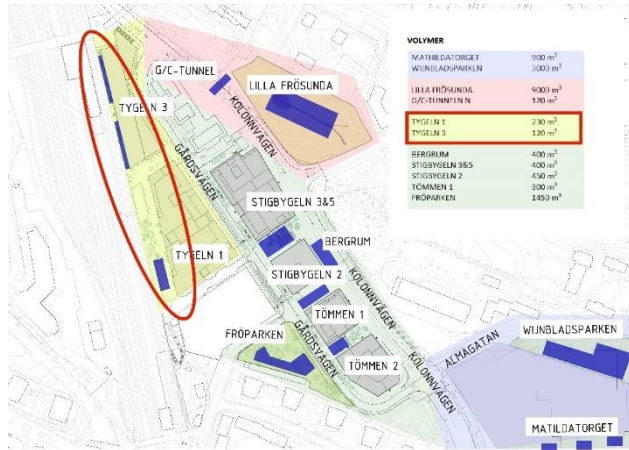
Gårdsvägen är därefter enkelskevad österut mot gränderna längs med parkens sträckning. Rinnvägar som kommer söderifrån ner mot parken fångas upp genom dämning och via kupolbrunnar som tar hand om det dämnda vattnet och leder ner det till magasinet.

Vid Rättarvägen, på parkens västra sida, skapas en tydlig avskärning av flödet i form av t ex en lokal sänka eller upphöjning på vägen. Eftersom vägen har en så pass stor lutning kan det vara svårt att skapa ett farthinder som gör tillräckligt stor nytta för att stoppa ett skyfallsflöde. För att bättre kunna ta in skyfallsflödet i magasinet skulle avskärande ytvattenrännor behöva komplettera upphöjningen på vägen. Där vägen idag är enkelskevad mot parken kompletteras fartguppet med två stycken ytvattenrännor med cirka två meters mellanrum i tvärgående riktning på körbanan. I lösningsförslaget eftersträvas att i största möjliga mån skilja dagvattnet från skyfallsvattnet. Detta görs genom att vattnet leds via i ytvattenrännorna ner till en bräddbrunn där bräddningen till skyfallsmagasinet ligger högre än dagvattenutloppet.



Figur 14. Principskiss som visar Rättarevågen där två breda tvärgående ytvattenrännor läggs i körbanan vilka kompletterar en upphöjd yta för att fånga upp skyfallsvatten och leda det till magasinet.

3.7 Tygeln 1

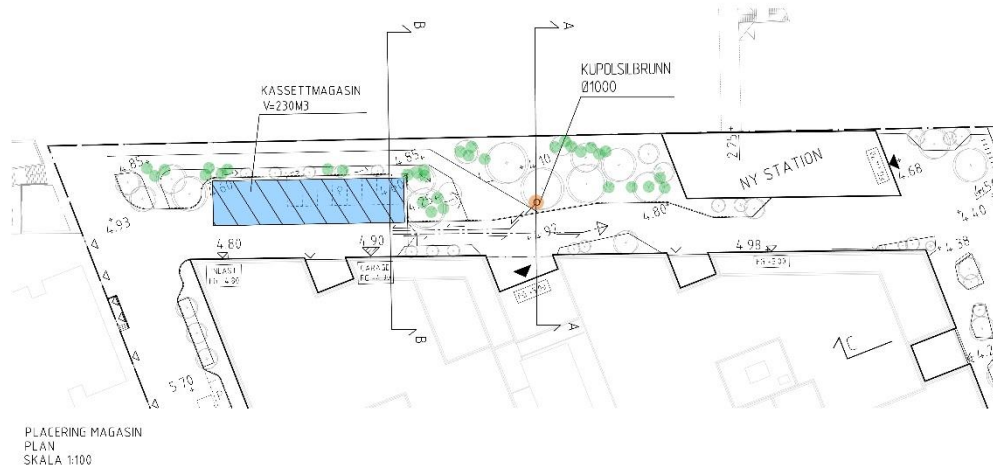


Figur 15. Skyfallsåtgärder för Tygeln 1 och 3 visas inringad i figuren.

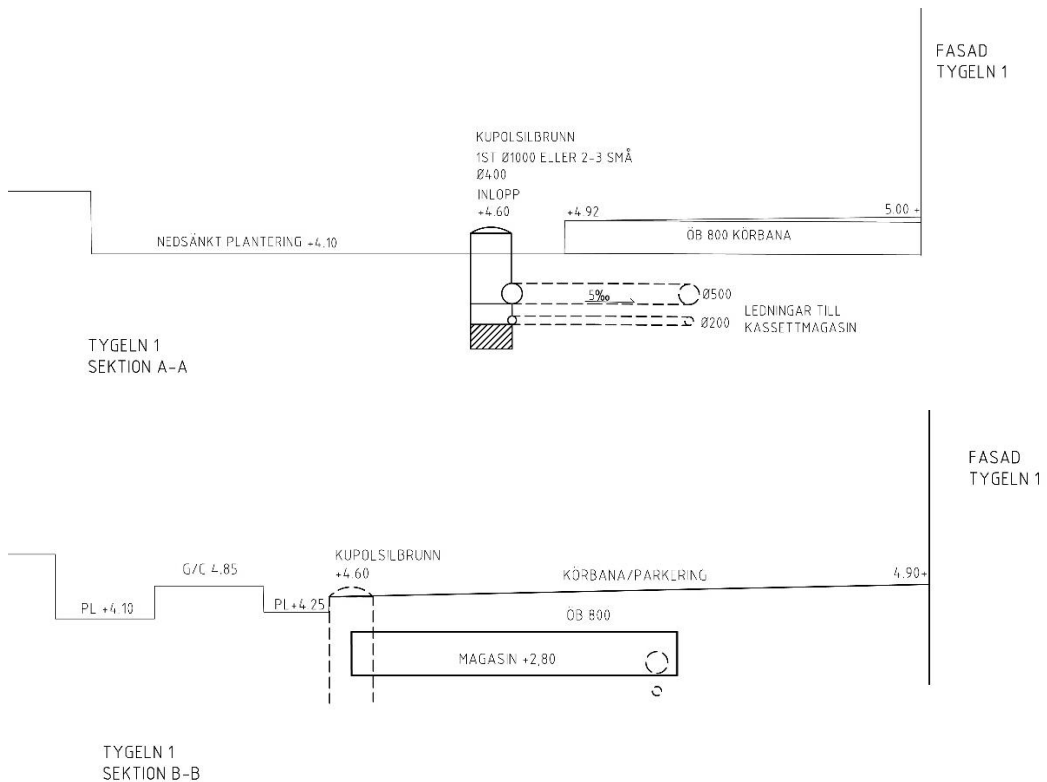
Ytan mellan Tygeln 1 och järnvägen består av angöringsytor, parkeringsyta samt av två nedsänkta växtytor se figur. Den mindre och den större nedsänkta ytan förbinds med en öppning som minst är 1 m bred för att vattnet ska kunna flöda fritt emellan ytorna. I den större nedsänkta växtytan sätts upphöjda kupolsilsbrunnar med dimension 1000 mm som översvämningssvatten vid skyfall, kan brädda ner i. Brunnarnas utlopp leder vattnet till ett underjordiskt magasin, t ex ett kassetmagasin som placeras under den södra angöringsytan och parkeringsytan. Magasinets volym blir 230 m³ för att anläggning, drift och underhåll ska vara möjligt utan att byggnaden och träd påverkas nämnvärt.

Magasinet planeras att vara ca 1 m djupt. Ett grundare magasin underlättar både vid anläggning och skötsel. Ett djupare magasin skulle kunna innebära att magasinets yta minskar och ändå behålla samma volymkapacitet. Det kräver dock vidare utredning och mer detaljerad projektering om hur avtappning av skyfallsvattnet ska ske då om utloppsnivån inte fungerar för självfallsavtömning.

Magasinet utlopp ansluts med självfallsledning till befintligt dagvattennät. Principen visas i plan i Figur 16.



Figur 16. Underjordiskt kassettmagasin tygeln 1. Volym 230 m³. Utformningsplanen är framtagen av Landskapslaget (2021) och skyfallsåtgärderna är framtagna av Ramboll.

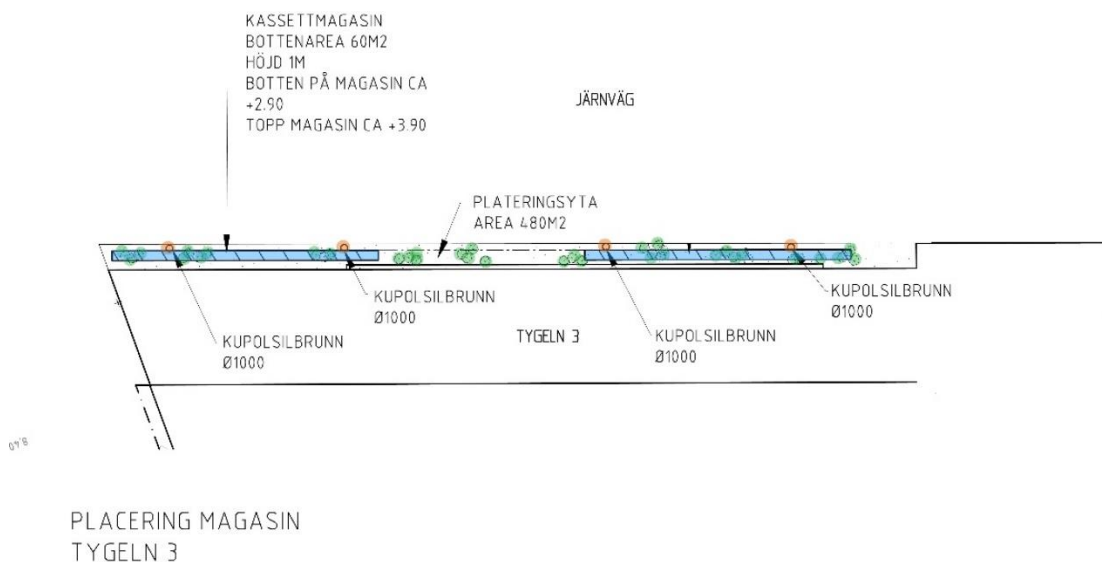


Figur 17. Profil Underjordiskt magasin för Tygeln 1, SEKTION A-A OCH B-B.

3.8 Tygeln 3

Norr om Tygeln 1 ligger Tygeln 3. Ytan väster om byggnaden Tygeln 3 är idag en smal grön plantering invid järnvägsspåret. För att hantera skyfallsvattnet här kan två underjordiska kassettmagasin anläggas och hantera cirka 60 m³ vardera, dvs totalt 120 m³. Magasinen kan sammanlänkas med en ledning till ett kommunicerande kärl. Magasinets avtappning föreslås ske med självfall till dagvattensystemet. Principen visas i Figur 18. Magasinen grävs ned och det finns möjlighet med en täckning på ca 1 meter vilket gör att ytan även fungerar bra som växtbädd med möjlig plantering för buskar och mindre träd.

Alternativa lösningar kan vara att anlägga krossdike eller en ytlig lösning i form av ett dike på ytan. Skyfallsvolymen som kan hanteras blir inte lika stor men möjliggör en enklare drift och anläggning. Effekten av de underjordiska magasinen är för översvämningen på Gårdsvägen relativt liten.



Figur 18. Två separata underjordiska magasin som ett kommunicerande kärl. Möjlig skyfallsvolym som magasinerna kan hantera är 120m³. Magasinen ligger nedgrävda i en yta som för övrigt kan fungera som växtbädd för mindre träd och buskar. Utformningsplanen är framtagen av Landskapslaget (2021) och skyfallsåtgärderna är framtagna av Ramboll (2021).

4. Skyfallsmodell

4.1 Modelltyp

Skyfallsmodellen är uppbyggd i DHI:s mjukvaruprogram MIKE FLOOD och är en tvåvägskopplad modell som tar hänsyn till den ytliga markavrinningen och den del av avrinningen som ledningsnätet hanterar.

Markavrinningsmodellen är en hydrodynamisk 2D-modell som är uppbyggd av Ramboll i programvaran MIKE 21 FM (med ett quadrangulär mesh). Ledningsnätsmodellen har erhållits från Solna Vatten och är en 1D-modell i MIKE Urban som täcker in stora delar av Solna kommuns befintliga ledningsnät. Genom att koppla dessa två modeller har det dynamiska utbytet mellan markyta och ledningsnät kunna modellerats.

4.2 Underlag

Underlag som använts för modellens uppbyggnad är:

- SBG_Rastabacken_20191014_1_djo.mdb (MIKE URBAN-modell)
- Lantmäteriets GSD-höjddata, grid 2+ (hämtad från SCALGO)
- SGU:s jordartkarta (hämtad från SCALGO)
- Naturvårdsverkets Nationella Marktäckedata (hämtad från SCALGO)
- PM pumpstation Gårdsvägen 20150421.pdf (Tyréns, 2015-04-21)
 - GV-2014-021.pdf
 - GV-2014-022.pdf
 - GV-2014-023.pdf
 - GV-2014-024.pdf
 - GV-2014-025.pdf
 - GV-2014-026.pdf
- Utökad samlingskarta Signalen_mod2.dwg
- inm badhus 3d.dwg (Nivåer kring ishallen)
- L-31-P-01.dwg (Nivåer kring ICA, 2020-03-17)
- Solna station dag.dwg (Ledningskarta, 2019-11-14)
- Gårdsvägen VA 2019-11-18.dwg (Ledningskarta)
- Kolonnvägen GIIIB VA.dwg (Ledningskarta, 2019-12-13)
- Lilla Frösunda VA.dwg (Ledningskarta, 2019-12-13)
- Fröparken_underlag till skyfallssimulering_20210521.xml (Fröparken 2021-05-21)
- L-01-P-03_Lilla Frösunda_2100906.dwg (Ballongberget, 2021-09-06)
- Lilla Frösunda_underlag till skyfallssimulering_20210528.xml (Lilla Frösunda, 2021-05-28)
- 2021-09-03-DP-Gardsv_vägytor_3d.dwg (Gårdsvägen, 2021-09-03)
- A40-1-45-0500.pdf (Utformning Haga Norra, 2022-03-18)
- 3D-sweref_220408.dwg (Höjder kring Tygeln 1, 2022-04-08)
- Information om sarg runt tak (mail, 2022-01-20)
- 22-03-18Nya gator_trm.dwg (Nya gator Haga Norra, 2022-03-18)
- INM STORA FRÖSUNDA_3d.dwg (Inmätning Haga Norra, 2022-03-21)

4.3 Modellerat område

Skyfallsmodellen har avgränsats genom att analysera de delavrinningsområden som ligger kring studieområdet. För att säkerställa att samtliga flöden som kan tänkas påverkas av den framtida exploateringen och eventuella åtgärder har ett

område större än det avrinningsområde som avrinner till Gårdsvägen inkluderats i markavrinningsmodellen. Modellerat område redovisas i Figur 19.



Figur 19: Område som inkluderats i markavrinningsmodellen inramat med röd linje.

4.4 Höjdmodell

4.4.1 Befintligt scenario

Ett scenario med befintliga markhöjder har simulerats för att kunna utgöra ett jämförelsesscenario ("nollalternativ"), det vill säga för att kunna analysera konsekvenserna av den planerade exploateringen kring Gårdsvägen. Befintliga markhöjder baseras på Lantmäteriets höjdmodell "Laserdata Nedladdning, skog" och har en upplösning på 1x1 m i horisontalplanet. Nollalternativet inkluderar planerade byggnader och höjder inom Haga Norra då byggnation inom detta område redan har påbörjats.

4.4.2 Framtida scenario

Framtida höjdmodell har utgått från befintlig höjdmodell där projekterade vägar, byggnader och skyfallsåtgärder har arbetats in i höjdmodellen i GIS. De projekterade vägarna innefattar Kolonnvägen och Gårdsvägen, och de planerade byggnader innefattar Kv Tygeln 1 & 3, Tömmaren 1 samt Stigbygeln 2, 3 och 5.

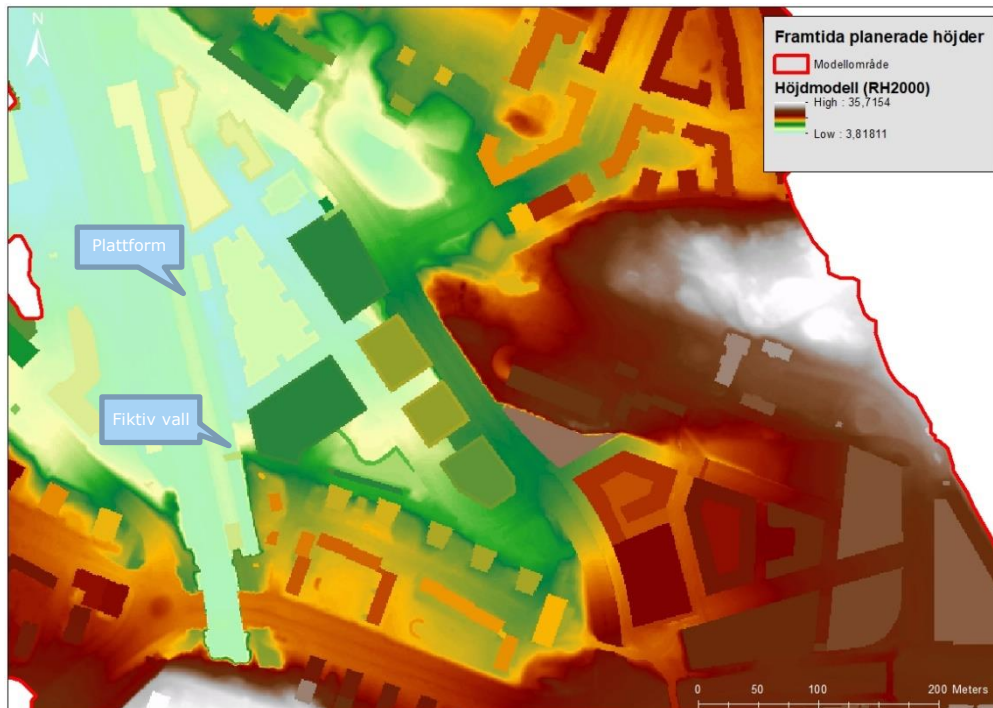
Även planerad utformning av Lilla Frösunda samt framtida GC-väg söder om Kv Ballongberget 1 har inkluderats i höjdmodellen, se Figur 20. Även framtida byggnad närmast denna GC-väg har inkluderats. Det bör noteras att övriga, framtida marknivåer inom Kv Ballongberget 1 inte har inkluderats i höjdmodellen då underlag saknats.

Flera av de planerade och befintliga byggnaderna längs Gårdsvägen har (enligt uppgift från Fabege/Skanska) platta tak med en sarg på cirka 20–30 cm. Vid skyfall är det inte troligt att de ledningar som avvattnar taken har kapacitet att avleda de flöden som genereras, utan vatten kommer istället ansamlas på taken. För att återspegla detta har en "sarg" lagts in runt taken på följande byggnader: Tygeln 1, Tygeln 3, Stigbygeln 6, Stigbygeln 5, Stigbygeln 3, Stigbygeln 2, Tömmen 1, Tömmen 2, Solna United.

Planerad exploatering vid Solna Station har inte inkluderats i höjdmodellen. Enligt uppgift från Skanska/Faberge kommer vatten vid skyfall inte avledas mot Gårdsvägen i framtiden, utan vatten från exploateringen avleds istället mot västra sidan av järnvägen. För att säkerställa att vatten från området inte leds till Gårdsvägen utan att lägga in exploateringen i höjdmodellen har en mindre vall lagts in vilket skapar en fiktiv ansamling av vatten. Detta bedöms ge ett likvärdigt översvämningsresultat för området kring Gårdsvägen, jämfört med att lägga in hela exploateringen i höjdmodellen. Det lokala avrinningsområdet bakom den lilla vallen är mycket litet och det vatten som hamnar där sprider sig i järnvägens ballast. Om vallen skulle tas bort i modellen kommer resultatet inte påverkas nämnvärt. Avrinningen från Rättarevägen blockeras inte med vallen.

Höjdmodellen har en relativt hög upplösning på 1x1 m i horisontalplanet, men trots detta är det inte möjligt att få med markytans alla detaljer och konstruktioner som kan tänkas bidra vid skyfall. För att modellen ska fungera som planerat har vissa justeringar gjorts. Exempelvis har en vall lagts in över Rättarvägen för att avleda vatten till Fröparken, vilket projekterad väg kommer göra. Vallen bidrar inte till någon fördröjningsvolym, utan enbart till att det underjordiska magasinet i Fröparken fylls som planerat. Detta gäller även Almagatan där delar av vägen i höjd med Wijnbladsparken ska avvattnas till Wijnbladsparken men inte gör det till följd av höjdmodellens upplösning.

En lång vall inom järnvägen är inkluderad i höjdmodellen (se "Plattform" i Figur 20), vilket representerar tågstationens plattform. Plattformen är befintlig och bedöms hindra vatten från att rinna från östra till västra sidan om järnvägen.



Figur 20: Framtida höjder, byggnader och ytliga skyfallsåtgärder kring Gårdsvägen och Haga Norra.

4.5 Underjordiska skyfallslösningar

Samtliga underjordiska magasin som presenteras i kapitel 3 har inkluderats i ledningsnätsmodellen. Det underjordiska magasinet i Fröparken har beskrivits som en "Basin" i MIKE URBAN, medan övriga magasin (inklusive igensatt GC-tunnel vid Lilla Frösunda) beskrivits som rörmagasin av modelltekniska skäl. Syftet med att inkludera magasinen har varit att säkerställa att rätt fördröjningsvolym finns beskriven i modellen, medan exakt utformning och funktion har bedömts vara sekundärt.

De underjordiska magasinen har i modellen inte kopplats till övrigt ledningsnät, utan de har enbart fyllts via ytliga inflöden och har inte haft någon form av avtappning. Om magasinen utformas med självfallsavtömning till ledningsnätet är det viktigt att de även förses med avstängning för avtömning när vatten i det övriga ledningsnätet har runnit igenom och trycknivån i ledningsnätet är låg. Detta skulle säkerställa att magasinen inte bidrar till höga trycknivåer i övriga ledningsnätet vid skyfall.

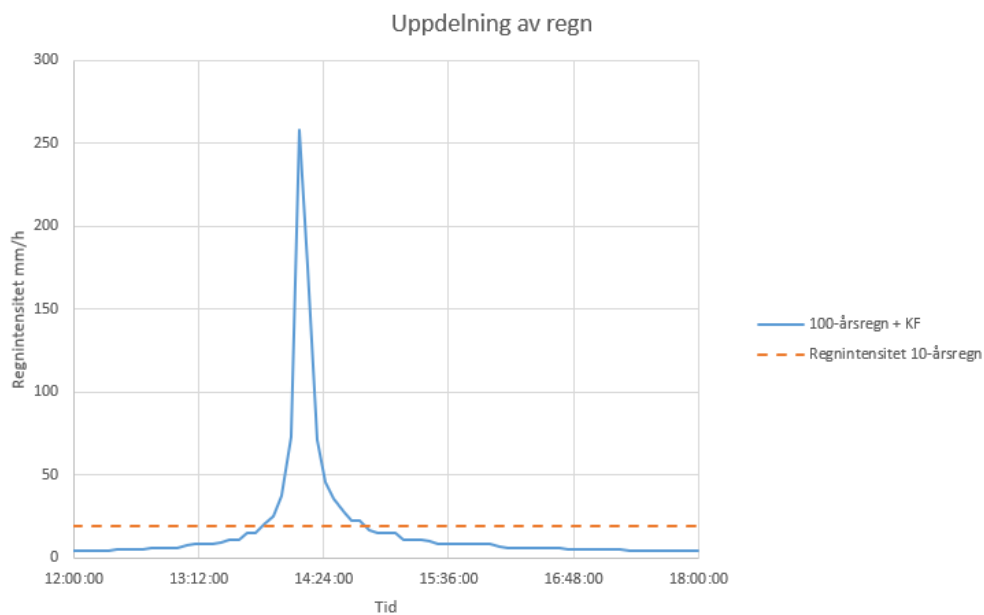
4.6 Regn

Simuleringarna har utförts med ett fiktivt 100-årsregn med en klimatfaktor på 1,25 av typen CDS (Chicago Design Storm) framtaget med Dahlström metodik i enlighet med Svenskt Vattens publikation P104. 100-årsregnet har en total varaktighet på 6 timmar, centralblock på 5 minuter och en maximal regnintensitet

på 258 mm/h (se Figur 21). Total nederbördsmängd under regnscenariot uppgår till ca 105 mm.

Efter de första 6 timmarna har simuleringen pågått ytterligare 2 h för att säkerhetsställa att större vattenrörelser avstannat och maximala översvämningsdjup uppnåtts. Den totala simuleringstiden är således 8 h.

I en kopplad modell är det möjligt att dela upp regnbelastningen över ledningsnätet och markytan separat, genom att applicera en del av nederbörden direkt till ledningsnätet via ledningsnätsmodellens avrinningsområden och resterande del på markytan. Detta tillvägagångssätt säkerställer att ledningsnätet utnyttjas till maximal kapacitet. I denna utredning antas ledningsnätet vara dimensionerat för ett 10-årsregn. Den del av 100-årsregnet vars intensitet understiger motsvarande intensitet för ett 10-årsregn har därför belastats på ledningsnätsmodellen, medan övriga delen av regnet har belastat ytavrinningsmodellen (se Figur 21). Sammanlagt belastas de två modellerna med ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25.



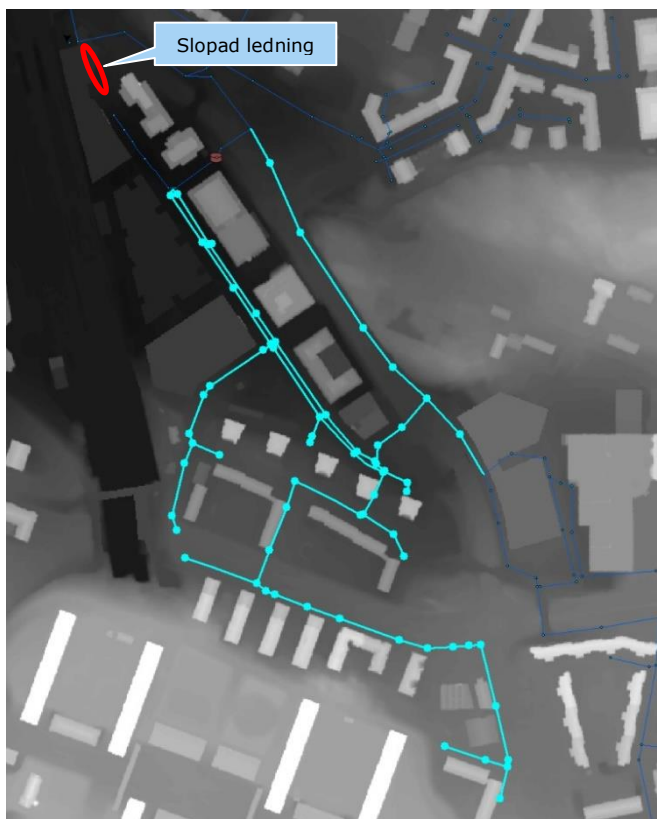
Figur 21. Uppdelning av regn på de olika modellerna. Den del av regnet som ligger under orange linje har belastat ledningsnätsmodellen, medan den del som ligger ovan har belastat ytavrinningsmodellen.

4.7 Infiltration

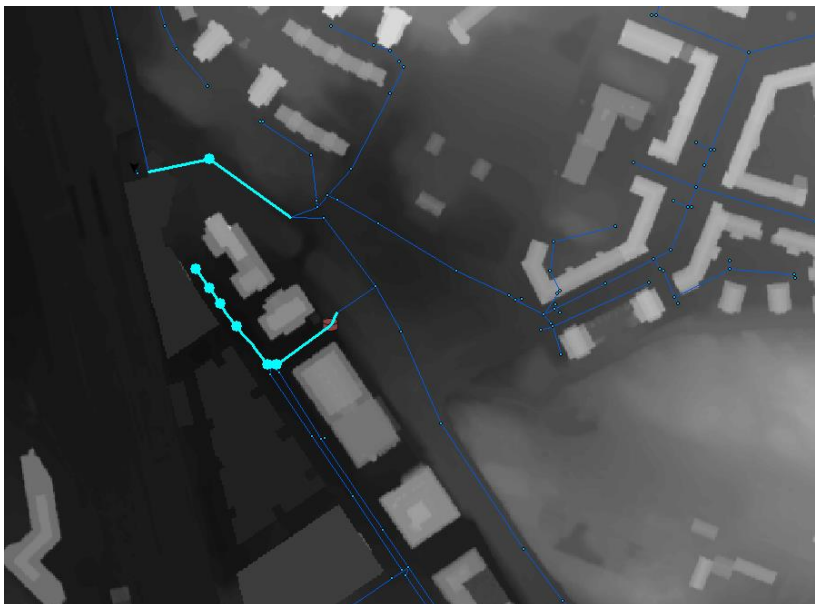
Hänsyn till infiltration har enbart tagits genom de avrinningskoefficienter som finns definierade i MIKE Urbans avrinningsområden ("catchments"). Infiltrationsmodul i MIKE 21 har således inte inkluderats. Detta medför att avdrag för infiltration enligt avrinningskoefficienter görs på det 10-årsregn som belastar ledningsnätmodellen, medan inget avdrag för infiltration görs på det regn som belastar ytavrinningsmodellen (för information om uppdelning av regn se kapitel 4.6). Eventuell ytterligare infiltration som kan ske vid skyfall bedöms som mycket begränsad, och får ses som en säkerhetsmarginal.

4.8 Ledningar

Befintliga ledningar inom studieområdet baseras på de ledningar som inkluderats i den erhållna MIKE URBAN-modellen. Vissa sträckor har dock justerats då de förändrats sedan modellen upprättades. I Figur 22 presenteras de ledningar och brunnar som uppdaterats i aktuell modell. Uppdateringen inkluderar vattengångar, ledningsdimensioner och sträckning. Vissa ledningssträckor saknar uppgift om vattengångar, varpå de har antagits och interpolerats fram. Interpolerade och antagna ledningssträckor presenteras i Figur 23.



Figur 22: Ledningar och brunnar inlagda/uppdaterade utifrån underlagsfilerna Solna station dag.dwg och Gårdsvägen VA.dwg markerade med ljusblått.



Figur 23: Ledningssträckor med bristande information om vattengång markerade med ljusblått.

4.9 Dagvattenpumpstation vid Gårdsvägen

I den erhållna modellen från Solna Vatten var pumpstationen placerad i norra änden av Gårdsvägen. Pumpstationen har i denna utredning placerats på den plats där den i verkligheten har anlagts mellan Kv Stigbygeln 5 och 6. Maximal pumpkapacitet uppgår till 1100 l/s. Start- och stoppnivå finns dokumenterad i Tyréns rapport PM pumpstation Gårdsvägen 20150421.pdf. Nivåerna är enligt rapporten preliminära. Nivåerna har i modellen utgått från rapportens relativa start- och stoppnivåer till sumpbotten, och justerats efter pumpritningarnas angivna sumpbotten. Pumpsumpen har en volym på cirka 80 m³.

Tabell 1. Inlagda parametrar för de tre olika pumparna i Gårdsvägens pumpstation.

Pump	Startnivå	Stoppnivå	Kapacitet
Pump_Gårdsvägen_P1	+2,35 m	+0,55 m	550 l/s
Pump_Gårdsvägen_P2	+2,75 m	+0,55 m	350 l/s
Pump_Gårdsvägen_P3	+3,15 m	+0,55 m	200 l/s

4.10 Järnväg

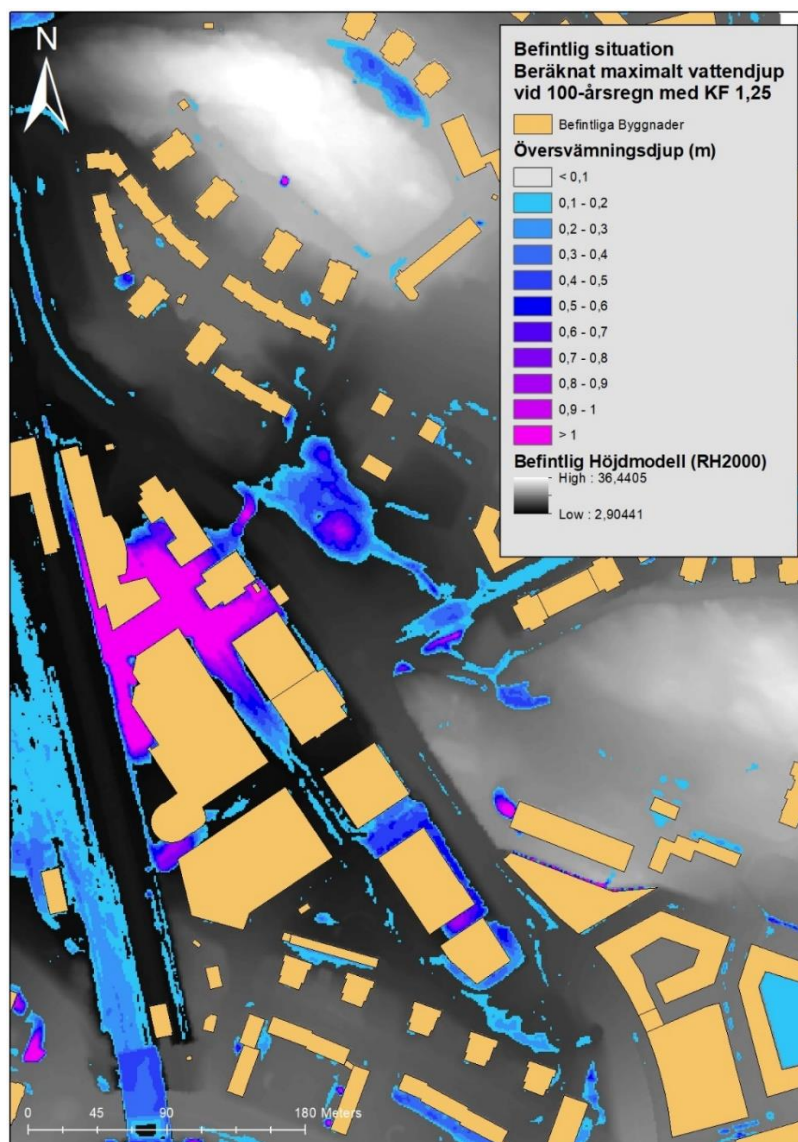
I Lantmäteriets höjdmödel representeras järnvägen med ballastens högsta nivå, och tar således in höjd för att vatten idag kan brädda in från omgivande mark till järnvägens ballast på en lägre nivå. Då detta är en förutsättning som kan tänkas påverka nivån i Gårdsvägen har ballastens hålrum representerats i modellen som ett 500 m långt magasin längs med Solna station. Enligt uppgift från Golder Associates har ballasten ett djup på 0,6 m. Ballasten har antagits ha en porositet

på 30%, varpå spårets verkliga bredd reducerats till 30%. I modellen representeras därför porositeten som en enda volym, istället för ett nätverk av små sammanhängande hålrum. Ballastens råhet har satts till ett relativt lågt Manningstal på 9 för att efterlikna den tröghet ballasten utövar på flödena. Ett dynamiskt utbyte mellan markytan och ballasten sker på 6 platser där översvämning uppstår. I norra delen av modellerad ballast finns ett fiktivt utlopp.

4.11 Resultat och diskussion

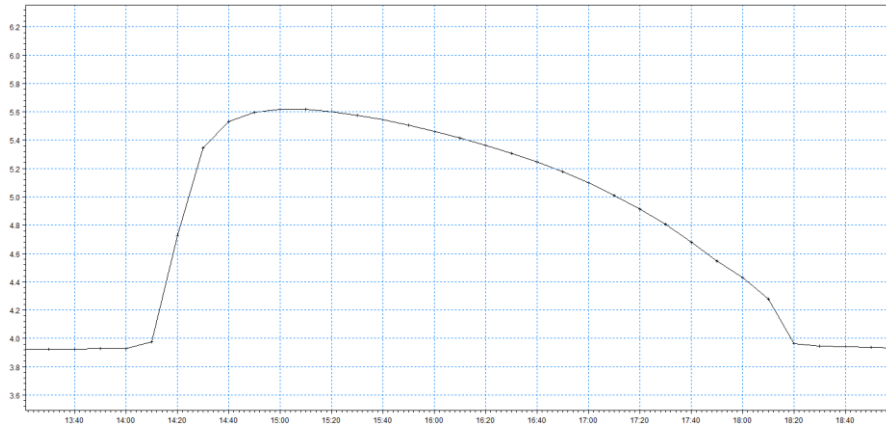
4.11.1 Befintlig situation

I Figur 24 redovisas beräknade maximala översvämningsdjup kring Gårdsvägen för befintlig situation vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25. Det bör noteras att de maximala vattendjupen inte nödvändigtvis inträffar vid samma tidpunkt, utan resultatet är en sammanställning av alla maximala vattendjup under simuleringsperioden. Gårdsvägen är en befintlig lågpunkt som beräknas översvämmas med en maximal vattennivån på cirka +5,62 m. Utöver området kring själva lågpunkten beräknas samtliga byggnader längs med Gårdsvägen översvämmas, med varierande vattendjup stående mot fasad.



Figur 24. Beräknat maximalt översvämningsdjup vid 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 för befintlig situation.

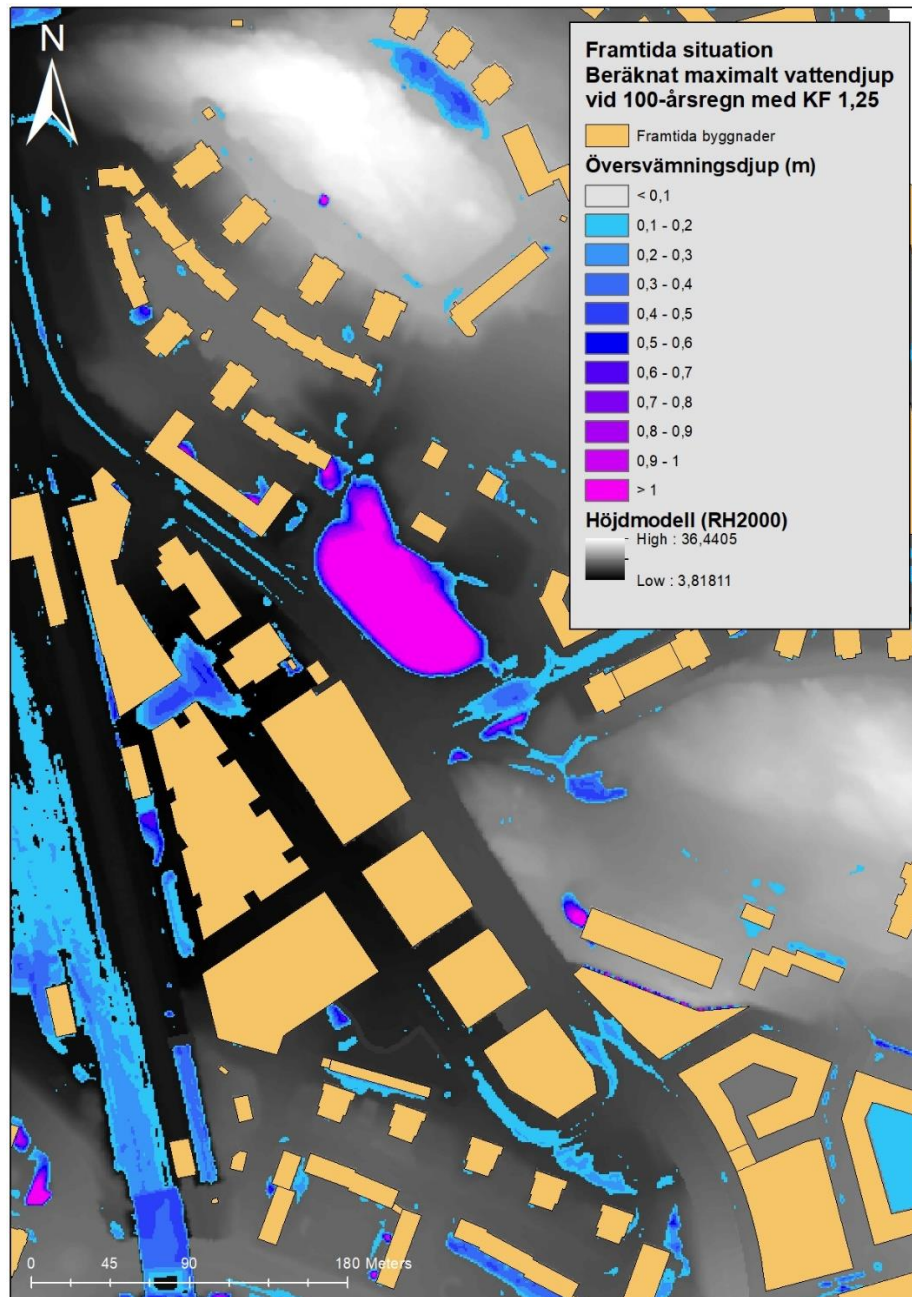
I Figur 25 redovisas hur den beräknade vattennivån inom Gårdsvägens lågpunkt varierar över tid för befintlig situation vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25. Resultatet visar på att vatten blir stående inom lågpunkten i cirka 4,5 timmar.



Figur 25. Beräknad vattennivå över tid inom Gårdsvägens befintliga lågpunkt vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25.

4.11.2 Framtida situation med åtgärder

I Figur 26 och Figur 30 presenteras beräknat maximalt översvämningsdjup vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 inom området kring Gårdsvägen, Lilla Frösunda och Haga Norra. Det bör noteras att de maximala vattendjupen inte nödvändigtvis inträffar vid samma tidpunkt, utan resultatet är en sammanställning av alla maximala vattendjup under simuleringsperioden.

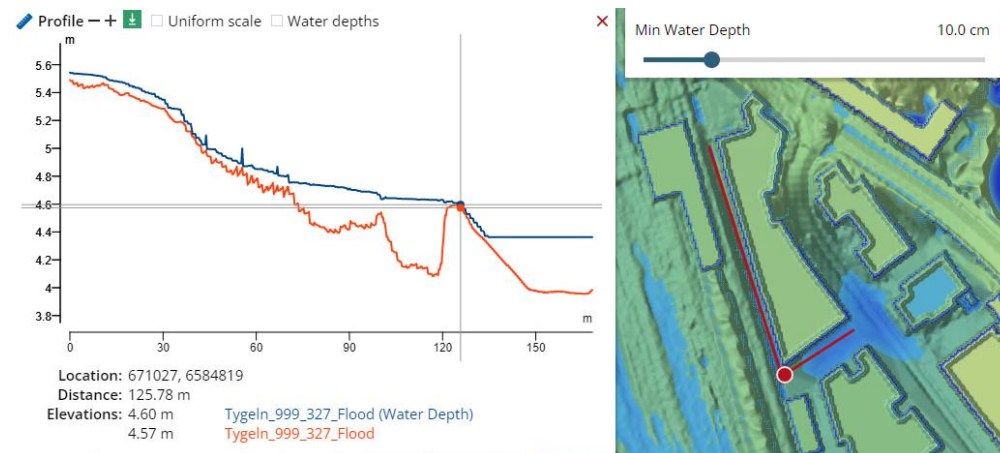


Figur 26: Beräknat maximalt översvämningsdjup vid 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 för framtida situation med åtgärder.

Inom Gårdsvägens lågpunkt visar resultatet på att den maximala vattennivån uppgår till +4,36 m vilket är cirka 1,25 m lägre jämfört med befintlig situation. Vattennivån leder till att ett generellt vattendjup på ca 10 cm blir stående mot delar av Tygeln 3:s fasad. Översvämningen bedöms delvis uppstå till följd av att Gårdsvägen är ett instängt område som förlitar sig på ledningsnätet och dagvattenpumpstationen för att tömmas på inkommande vatten. Vid regn med hög regnintensitet riskerar därför inflödet till lågpunkten att bli högre än pumpstationens kapacitet, varpå vattennivån stiger och översvämningen uppstår. Genom anläggande av föreslagna skyfallsåtgärder (magasin och dammar) fördröjs och minskar inflödet till Gårdsvägen vilket leder till en lägre översvämningsnivå jämfört med befintlig situation och framtida situation utan åtgärder. Till följd av att vattennivån i framtiden blir lägre jämfört med befintlig situation bedöms även mängden vatten som bräddar till järnvägen från Gårdsvägen att minska.

Efter utförda simuleringar har det framkommit att enbart den norra delen av Tygeln 3 kommer att nyproduceras, medan på den södra delen behålls befintligt kontorshus från 2020. Då befintlig byggnad saknar sarg runt taket kommer en något större volym att nå Gårdsvägens lågpunkt då den inte fördröjs på taket jämfört med utförd simulering. Den utformning av Tygeln 3 som simulerats hade en takarea om totalt 1 600 m² för både norra och södra delen vilket gav en fördröjningsvolym om totalt ca 112 m³ för båda huskropparna. När enbart den norra delen kommer byggas bedöms i stället cirka 49 m³ fördröjas då norra delen kommer ha en takarea om ca 700 m² och utformas med sarg. Den södra planerade byggnaden som nu inte uppförs hade en takarea om ca 900 m² vilket leder till att 63 m³ extra kommer tillföras Gårdsvägens lågpunkt jämfört med utförd simulering. Skulle ett momentant tillskott på 63 m³ ske samtidigt som lågpunktens översvämning är som störst bedöms vattennivån stiga med ca 3 cm (63 m³ dividerat med översvämningsutbredningen på ca 2 300 m²). Volymen tillförs dock inte momentant utan flödar till lågpunkten under ca 6 timmar (lika länge som regnets varaktighet) varpå nivån i lågpunkten inte bedöms öka mer än 3 cm.

Mellan järnvägen och Tygeln 3 syns vattendjup på upp till 1 m, och dessa relativt höga vattendjup bedöms till stor del vara modelltekniska. Området mellan byggnad och järnvägen baseras på befintliga höjder då projekterade höjder bakom Tygeln 3 inte varit tillgängliga. Detta medför att ett instängt område skapas då befintliga höjder möter Gårdsvägens projekterade höjder (se Figur 27). Området bör därför beaktas i fortsatt projektering för att säkerställa att vatten inte blir stående/instängt inom området, exempelvis genom anläggning av krossdike.



Figur 27. Profil längs med området mellan järnvägen och Tygel 3, ner till Gårdsvägen. Höjdmödel och vattenyta representeras av röd respektive blå linje. Röd cirkel markerar var befintliga höjder bakom Tygel 3 möter Gårdsvägens projekterade höjder.

Den framtida dammen i Lilla Frösunda bidrar till att översvämningsdjupet inom Gårdsvägen blir lägre jämfört med befintlig situation. Den nya dammen beräknas få ett maximalt vattendjup på cirka 3 m, och en vattennivå på ca +8,85 m. Väster om dammen ligger Kv Ballongberget 1, inom vilket framtida marknivåer till stor del saknas. Vissa (grova) höjder har dock inkluderats kring förskolegården, samt en planerad byggnad. Inom förskolegården bildas djup på upp till 0,2–0,3 m vilket till stor del bedöms bero på den grova höjdsättningen. Området ligger dock utanför detta projekt, och det vatten som flödar dit kommer främst från Kv Ballongberget 1 och bör därför utredas vidare inom det projektet.

Den planerade utformningen väster om Tygel 3 leder till att två översvämningar på ca +4,78 m uppstår på parkeringen samt på den nedsänkta grönyta som är utformad som fördröjningsyta norr om parkeringen. I modellen har de två områdena kopplats samman med en ledning för att bilda ett kommunicerande kärl. Då dimension på ledningen saknas har det i modellen antagits att ledningen är 1 m bred och 0,4 m hög. Vid fortsatt projektering är det viktigt att dimensionen på ledningen är väl tilltagen (med bra kapacitet vid låga vattennivåer vilket med fördel uppnås med rektangulär ledning). För att säkerställa att vattennivån inte överstiger +4,78 och skadar de entréer som är placerade inom området är det även viktigt att tröskelnivån ut från området (i höjd med stationshuset) inte överstiger +4,70 m.

Norr om Stigbygeln 5 vid pumpstationen finns en befintlig elnätstation som riskerar att översvämmas i framtiden vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25. Byggnaden riskerar dock redan att översvämmas för befintlig situation, och översvämningsrisken beräknas minska i framtiden till följd av att lågpunkten inom Gårdsvägen får en lägre vattennivå jämfört med befintlig situation. Då

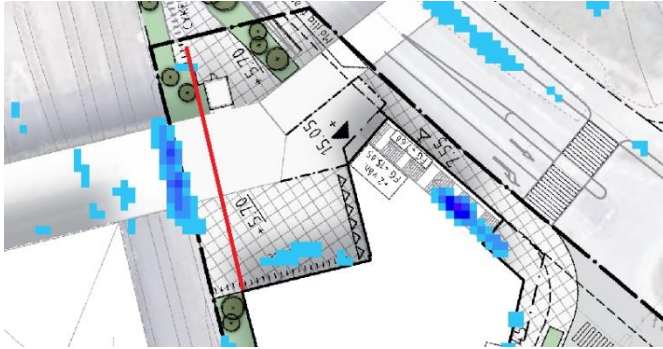
elnätstationen ligger utanför detta projekt finns inget krav på att översvämningsrisken måste åtgärdas.

Utöver nämnda översvämningar som redovisats i text och i Figur 30 uppstår både större och mindre översvämningar inom omkringliggande områden. Flera av dessa översvämningar är "befintliga" och har således inte uppstått till följd av planerad exploatering. Att översvämningar uppstår vid skyfall är naturligt och kan bedömas som godtagbara om de inte leder till skada. I de fall då befintliga översvämningar leder till skada behöver de inte lösas inom detta projekt, men planerad exploatering får inte leda till att översvämningsituationen förvärras.

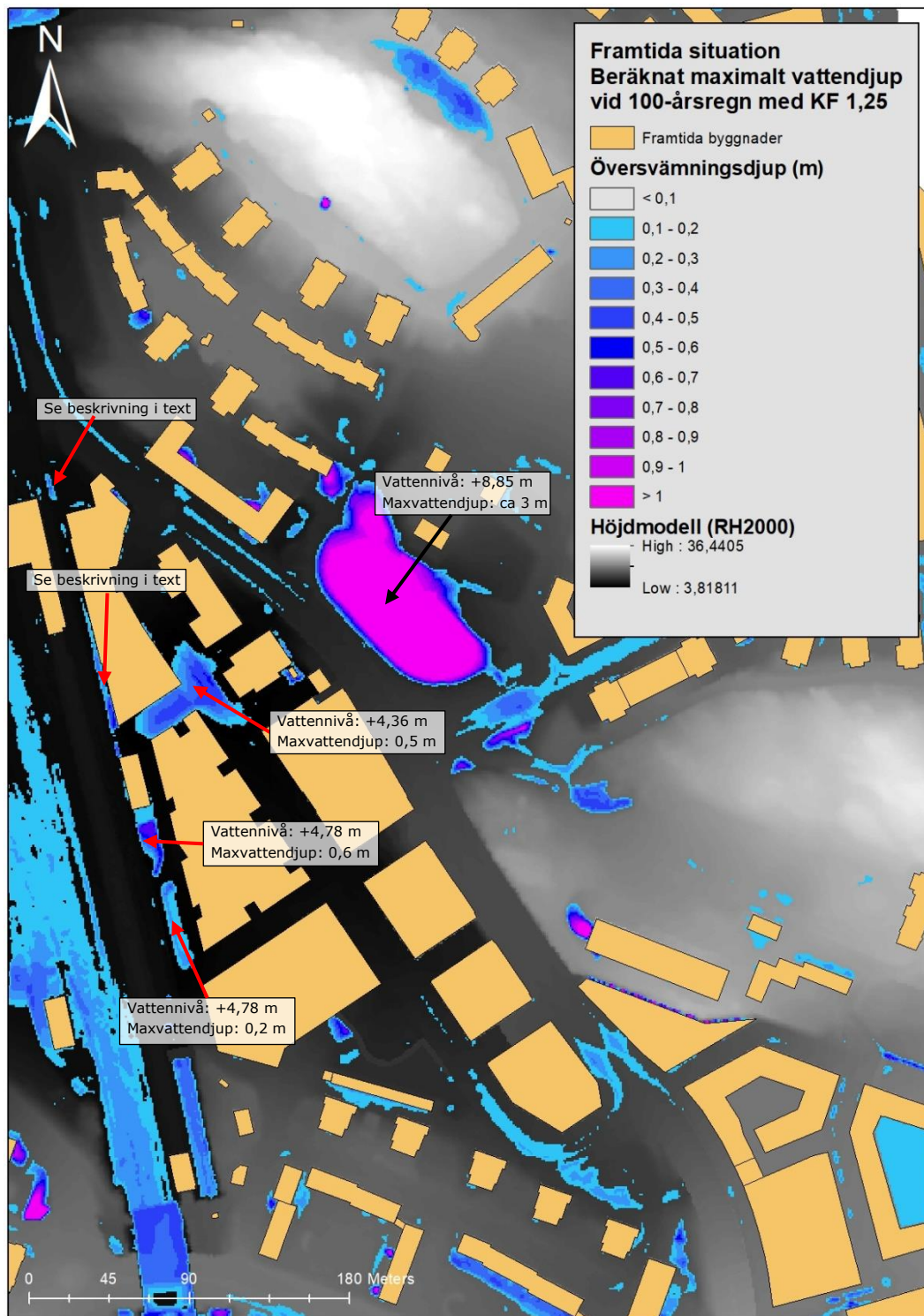
Nordväst om Tygeln 3 finns ett antal elskåp placerade under gångbron över järnvägen (se Figur 28). I den höjdmmodell som hämtats från Scalgo har bron sänkts ner till omkringliggande marknivåer vilket medför att exakta nivåer under bron saknas och viss osäkerhet i resultatet råder kring området. Beräknad nivå i både befintlig och framtida modell är cirka +5,68 m, med ett maximalt vattendjup på cirka 30–40 cm. Elskåpen är dock placerade öster om översvämningen (se röd linje i Figur 29) och bedöms därför inte ligga inom riskzonen för översvämning. Med hänsyn till osäkerheterna finns även möjlighet att höja elskåpen till en högre nivå, alternativt valla in dem om framtida mer detaljerade studier visar på översvämningsrisk.



Figur 28. Elskåp placerade under gångbro nordväst om Tygeln 3.

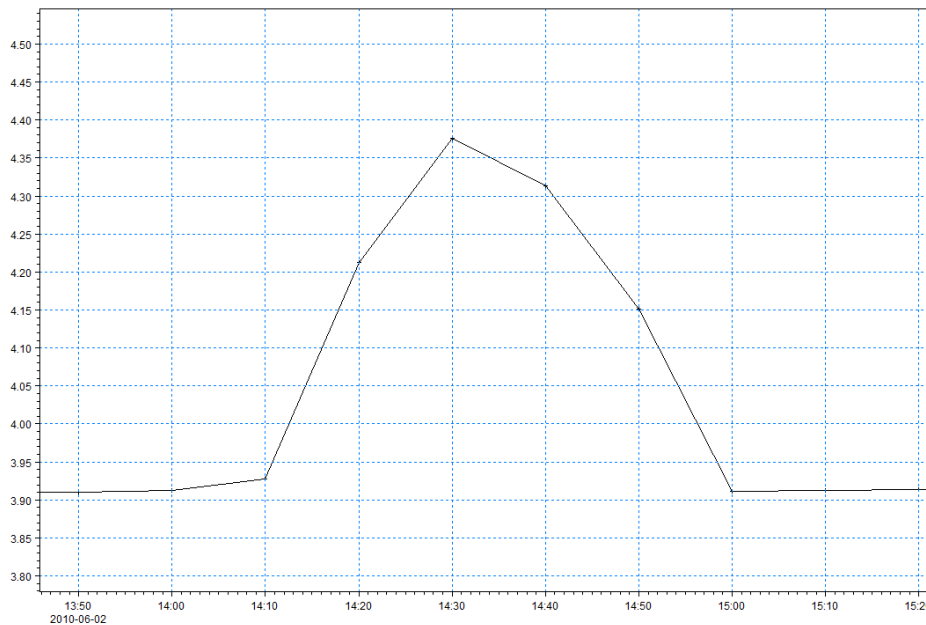


Figur 29. Placering av elskåp (öster om röd linje) i relation till beräknad översvämning.



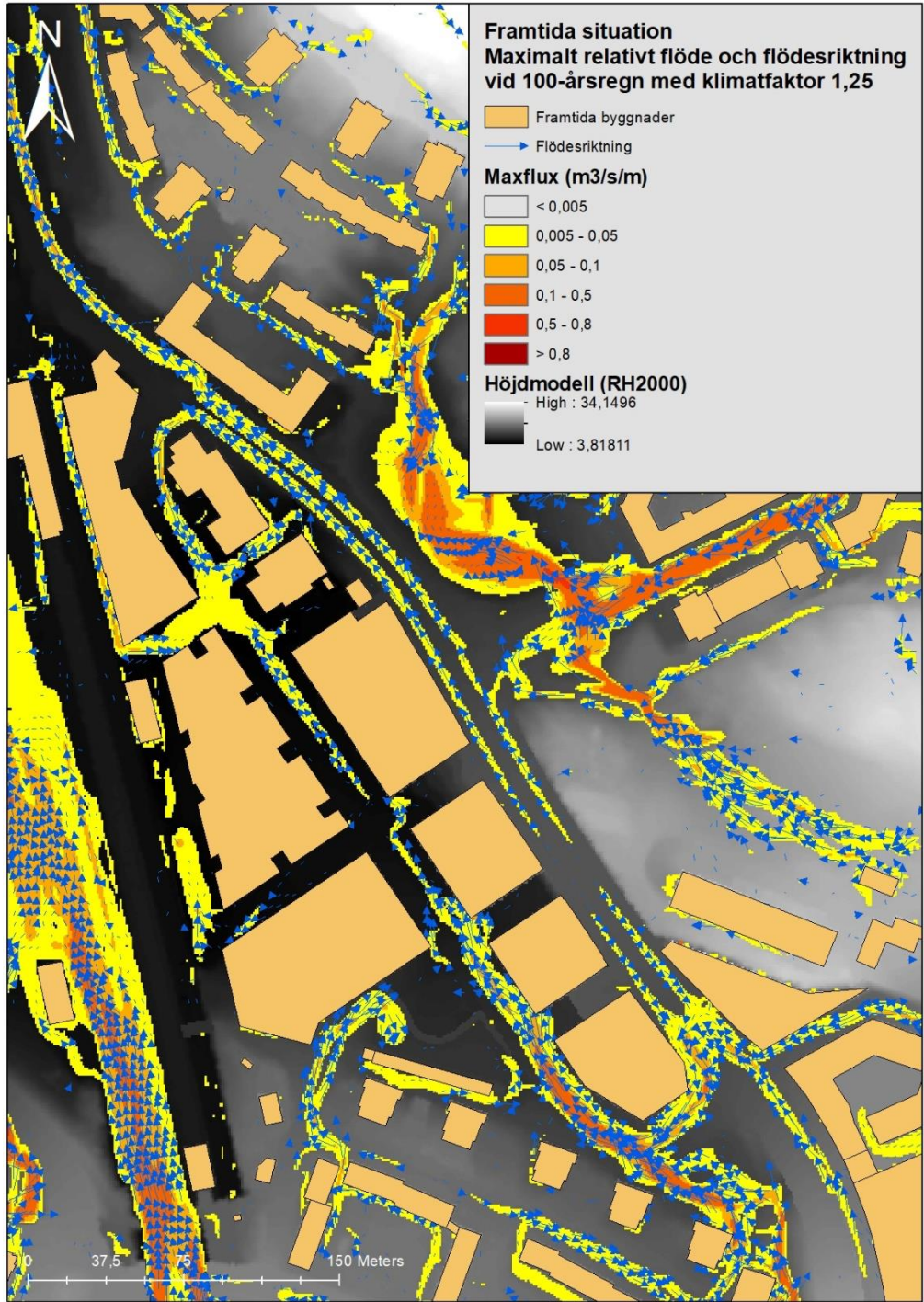
Figur 30: Inzoomad bild av beräknat maximalt översvämningdjup vid 100-årsregn med klimatafaktor 1,25 för framtida situation med åtgärder.

I Figur 31 redovisas hur den beräknade vattennivån inom Gårdsvägens lågpunkt varierar över tid vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25. Resultatet visar att översvämningen uppträder under cirka 1 timme.



Figur 31: Beräknad vattennivå över tid inom Gårdsvägens lågpunkt vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25.

I Figur 32 presenteras en översikt av relativa maximala flöden och flödesriktning för framtida situation kring Gårdsvägen vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25. Resultatet visar på att det största flödet till Gårdsvägens lågpunkt härstammar från vägens södra ände vid Kolonnvägen och flödar sedan i nordvästlig riktning mot lågpunkten. Till följd av vägens planerade utformning leds en stor del av flödena in i de underjordiska magasin som är placerade på östra sidan av Gårdsvägen.



Figur 32. Beräknat maximalt relativt flöde och flödesriktning för framtida situation vid 100-årsregn med klimatfaktor 1,25.

4.11.3 Resultat av planerade skyfallsåtgärder

Skyfallsmodellen har simulerats med de magasin som presenteras i kapitel 3, och är dimensionerade med magasinvolymerna framtagna i tidigare skede. Det senaste modellresultatet som presenteras i denna rapport visar på att flera av magasinerna troligtvis kan utformas med en mindre magasinvolym. I Tabell 2 presenteras en sammanställning av de planerade magasinens tidigare bedömda volymbehov, samt vilken volym de olika skyfallsmagasinerna nu beräknas fyllas med vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 enligt skyfallsmodellen. Huruvida magasinens volym kan minskas jämfört med de nu planerade volymerna får utredas vidare under bygghandlingskedan.

Tabell 2. Sammanställning av tidigare planerad volym och vilken volym de olika magasinerna beräknas fyllas med enligt skyfallsmodellen.

Område	Planerad volym	Volym som fylls enligt skyfallsmodell
Mathildatorget	900 m ³	700 m ³
Wijnbladsparken	3000 m ³	2300 m ³
Lilla Frösunda	9000 m ³	8500 m ³
GC-tunneln	120 m ³	100 m ³
Tygeln 1	230 m ³	230 m ³
Tygeln 3	120 m ³	Ersätts med krossdike
Bergrum	400 m ³	225 m ³
Stigbygeln 3 & 5	400 m ³	150 m ³
Stigbygeln 2	450 m ³	225 m ³
Tömmen 1	300 m ³	250 m ³
Fröparken	1450 m ³	1450 m ³

I Tabell 3 redovisas en sammanställning av de fastigheter som har tak med sarg, med respektive area och volym som beräknas hållas på taken vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25.

Tabell 3. Uppskattad volym som bedöms fördröjas på byggnaders tak.

Fastighet	Takarea m ²	Volym m ³
Tygeln 1	5710	400
Tygeln 3	700	49
Stigbygeln 2	2100	150
Stigbygeln 3 och 5	4000	280
Stigbygeln 6	2100	150
Tömmen 1	1700	120
Solna United	4880	340

4.11.4

Jämförelse mellan befintligt och framtida scenario

Områdets planerade höjdsättning tillsammans med föreslagna åtgärders utformning leder till en tydlig förbättring längs Gårdsvägen där översvämningsdjupen i stora delar bedöms minska med över 1 m jämfört med befintlig situation vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25. Figur 33 visar hur skillnaden i vattendjup varierar i framtiden jämfört med befintlig situation. Områden som bedöms få högre vattendjup jämfört med idag (markerat med rött i Figur 33) återfinns främst inom Lilla Frösunda, längs med Kolonnvägen, samt kring Gårdsvägen vid Fröparken. Att ett område får ett ökat översvämningsdjup kan bedöms som godtagbart såvida ökningen inte leder till ny eller ökad skada på byggnader och infrastruktur.

Inom Lilla Frösunda visar resultatet på att den största ökningen i översvämningsdjup kommer ske, vilket dock är medvetet då området planeras utformas som en fördröjningsyta. Norr om parken vid östra källaringången till Ballonggatan 10–14 ses en framtida försämring. Försämringen bedöms till stor del bero på att de framtida höjderna inom området är mycket grova och resultatet är därför osäkert. I modellen flödar vatten mot källaringången från norr och väst (från nya exploateringen inom Ballongsberget). Vid fortsatt arbete och projektering är det viktigt att dessa flöden i stället styrs ut mot Lilla Frösunda, vilket bedöms vara möjligt med hjälp av höjdsättning och eventuellt en mur (framförallt för det flöde som härstammar norrifrån).

Längs med Kolonnvägen och i södra delen av Gårdsvägen bedöms översvämningsdjupen öka i framtiden till följd av vägarnas planerade utformning. Även om översvämningsdjupen ökar jämfört med befintligt scenario beräknas de faktiska djupen understiga 20 cm och vägarna kan därför betraktas som farbara för räddningsfordon.



Figur 33. Skillnad i översvämningsdjup mellan befintligt och framtida scenario. Gröna nyanser innebär ett mindre översvämningsdjup i framtiden, medan rosa/röd nyans innebär ett större.

4.11.5 Riskbedömning

I Figur 34 och Figur 35 redovisas den beräknade befintliga respektive framtida faran för människors liv enligt DEFRAS metodik, vilken presenteras i MSB:s rapport *Vägledning för skyfallskartering* (2017). För att beräkna risken har skyfallsmodellens resultat i form av maximal hastighet och vattendjup kombinerats i GIS enligt följande ekvation:

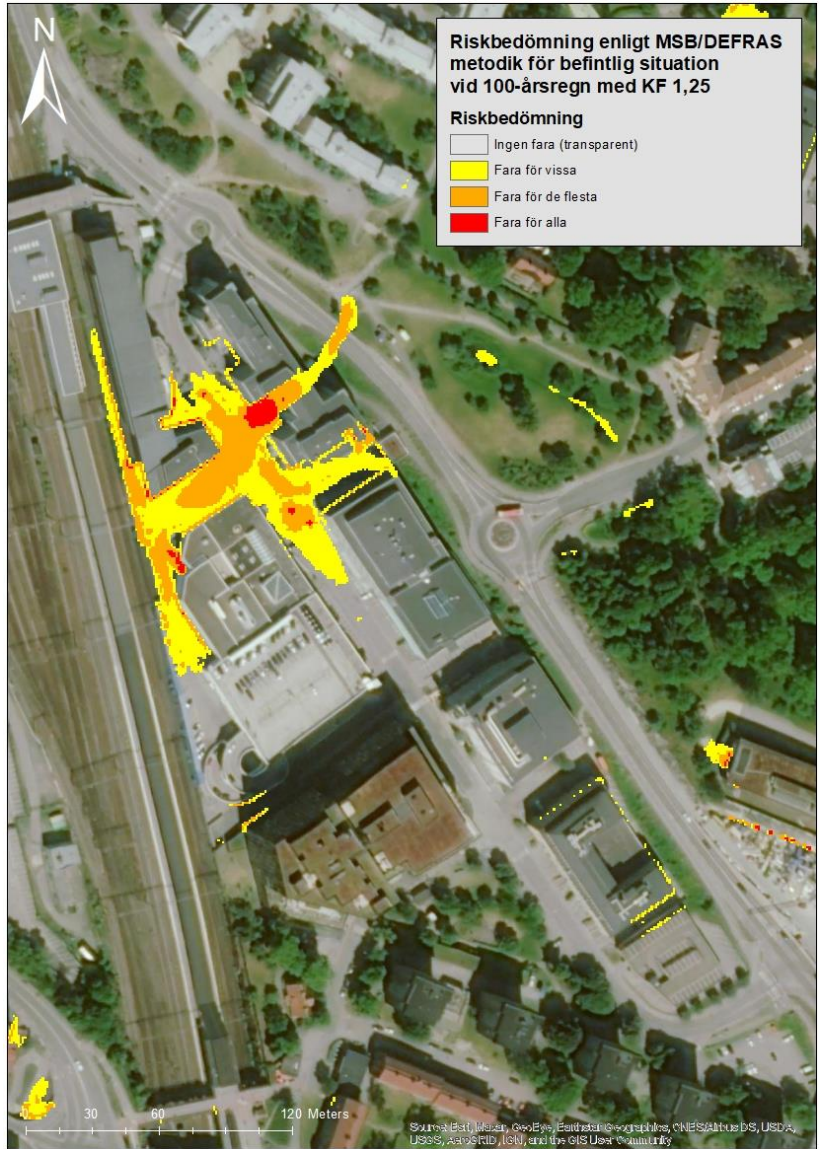
$$Fara = (Hastighet + 0,5) * Vattendjup$$

Resultatet från beräkningen har sedan delats in i fyra olika klasser vilka presenteras i Tabell 4. Det bör noteras att beräkningen bygger på de maximala hastigheter och vattendjup som uppstår någon gång under simuleringen, och dessa måste inte nödvändigtvis inträffa samtidigt. Detta medför att risken i vissa fall överskattas.

Tabell 4. Klassificering av fara för människors liv

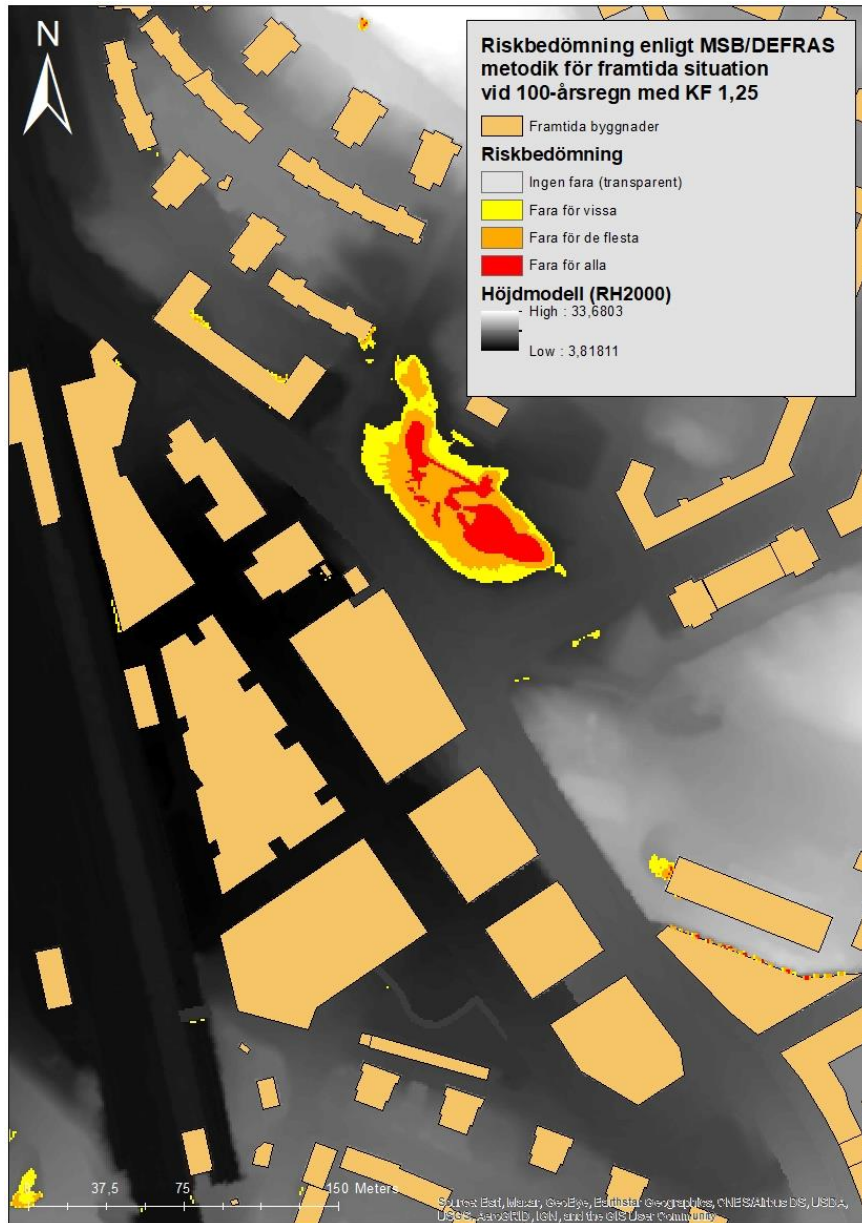
Klassgräns	Bedömd fara
<0,75	Ingen fara
0,75 – 1,25	Fara för vissa
1,25 – 2,5	Fara för de flesta
>2,5	Fara för alla

Den beräknade risken vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 för befintligt scenario redovisas i Figur 34. Resultatet visar på att risken är koncentrerad till Gårdsvägens lågpunkt och sträcker sig upp genom tunneln till Lilla Frösunda. Bortsett från några mindre områden där risken uppgår till *fara för alla*, bedöms risken främst klassas som *fara för vissa* och *fara för de flesta*.



Figur 34. Resultat av beräknad fara för människors liv enligt MSB/DEFRAS metodik för befintlig situation.

I det framtida scenariot visar resultatet (se Figur 35) på att ingen risk för människors liv förefaller inom Gårdsvägen. Istället beräknas den största faran finnas inom den framtida dammen i Lilla Frösunda, där risken generellt är klassad som *fara för de flesta* och *fara för alla*. Till följd av den höga risken inom Lilla Frösunda kan skyltar som varnar för höga vattendjup vid skyfall inom området sättas upp. Att risken förflyttats till Lilla Frösunda är dock önskvärt eftersom vägar genom området saknas, varpå inga bilar (och troligtvis få människor) kommer vistas inom området vid och efter skyfall.



Figur 35. Resultat av beräknad fara för människors liv enligt MSB/DEFRAS metodik för framtida situation.

4.12

Osäkerheter

Syftet med en skyfallsmodell är att efterlikna de verkliga förhållandena vid ett skyfall, men modellen kan aldrig fullständigt återspegla den verkliga situationen då ett stort antal komplexa parametrar påverkar situationen vid skyfall.

En av osäkerheterna kopplade till den framtagna modellen bedöms vara infiltrationen. Vid skyfall/höga regnintensiteter är infiltrationshastigheten ofta

begränsad och varierar till stor del av lokala markförhållanden vilket inte nödvändigtvis återspeglas i modellens avrinningskoefficienter eftersom dessa är statiska och inte tar hänsyn till regnintensitet. Avrinningskoefficienterna har dock enbart applicerats på en del av regnet (cirka 30 mm), medan resten av regnet (cirka 75 mm) har applicerats direkt på markytan utan infiltration.

I modellen har dagvattenpumpstationen vid Gårdsvägen antagits fungera under hela simuleringsperioden. Vid skyfall finns det dock alltid en risk att pumparna stannar till följd av elavbrott eller att den sätts igen av skräp och bråte. Det finns även en risk att gallerbrunnar sätts igen vilket leder till att vatten inte kan ta sig in i ledningsnätet.

Regnets varaktighet kan spela roll i hur omfattande översvämningen blir inom ett instängt område. Ju längre regnet är desto mer omfattande riskerar översvämningen att bli i utbredning och djup. Samtidigt ökar sannolikheten för ledningsnätets förmåga att avleda dagvattnet vid längre varaktigheter då regnets intensitet avtar med ökad varaktighet.

Höjdmodellens upplösning påverkar även detaljeringsgraden vilket leder till viss osäkerhet. Höjdmodellen har i denna utredning en upplösning på 1x1 m vilket medför att mindre topografiska hinder så som murar och kantstenar inte alltid finns representerade på ett korrekt sätt.

4.13 Skyfallshantering i kommande skeden

Modellresultatet visar att samtliga beskrivna skyfallsåtgärder behövs för att vattennivån i lågpunkten på Gårdsvägen ska hamna på +4,36 m. Om förutsättningarna förändras, t ex genom att ett av magasinen inte visar sig kunna genomföras i den omfattning som denna utredning visar, kan kompenserande åtgärder studeras i form av att annat magasin görs större. Det är dock viktigt att denna förändring bekräftas genom modellsimulering av två anledningar:

- avrinningsförloppet är dynamiskt och magasinens tillrinning och avtappning sker olika i olika delar i systemet.
- det är viktigt att kontrollera att tillrinningen till ett magasin verkligen motsvarar magasinets storlek om ett magasin t ex görs större. Annars skapar man ett större magasin än vad som behövs i onödan.

Utrymmesmässigt skulle magasinen i Lilla Frösunda, Wijnbladsparken och Mathildatorget eventuellt kunna göras större. Det är dock extra viktigt att nyttan av att göra magasinen större studeras i en modellsimulering.

5. Drift och underhåll

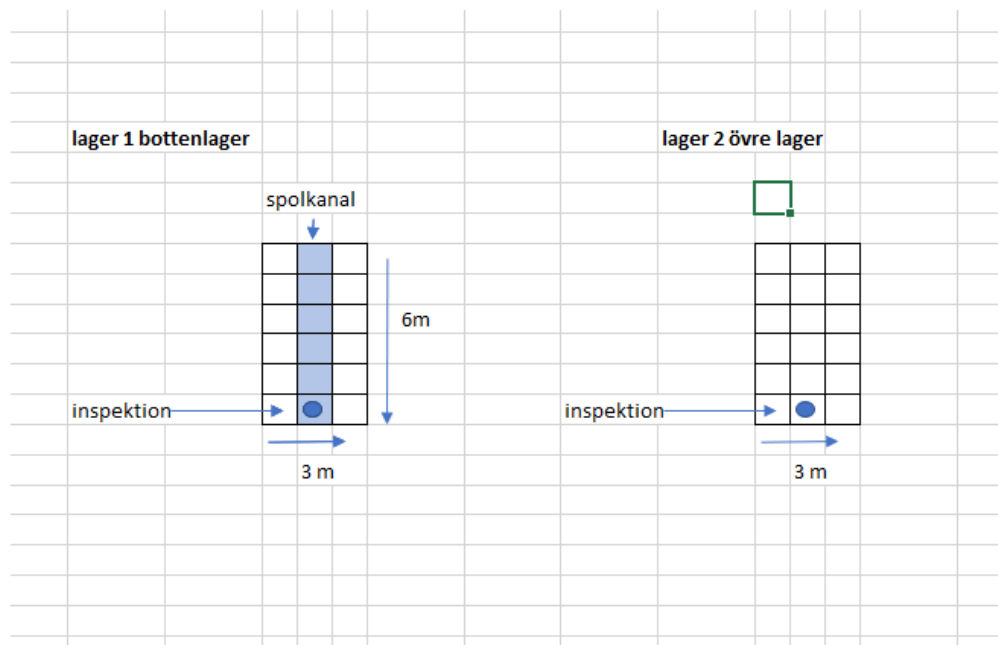
5.1 Drift- och underhållsåtgärder Mathildatorget, Wijnbladsparken, Tygeln 1 och Tygeln 3

Inlopp: i och med att bräddningen sker i dagvattenbrunnar kommer normal skötsel av dessa krävas, det vill säga normal dagvattenbrunns driftsfrekvens. Även ytvattenrännorna kräver normal drift. Sen tillkommer extra tillsyn efter stor nederbörd.

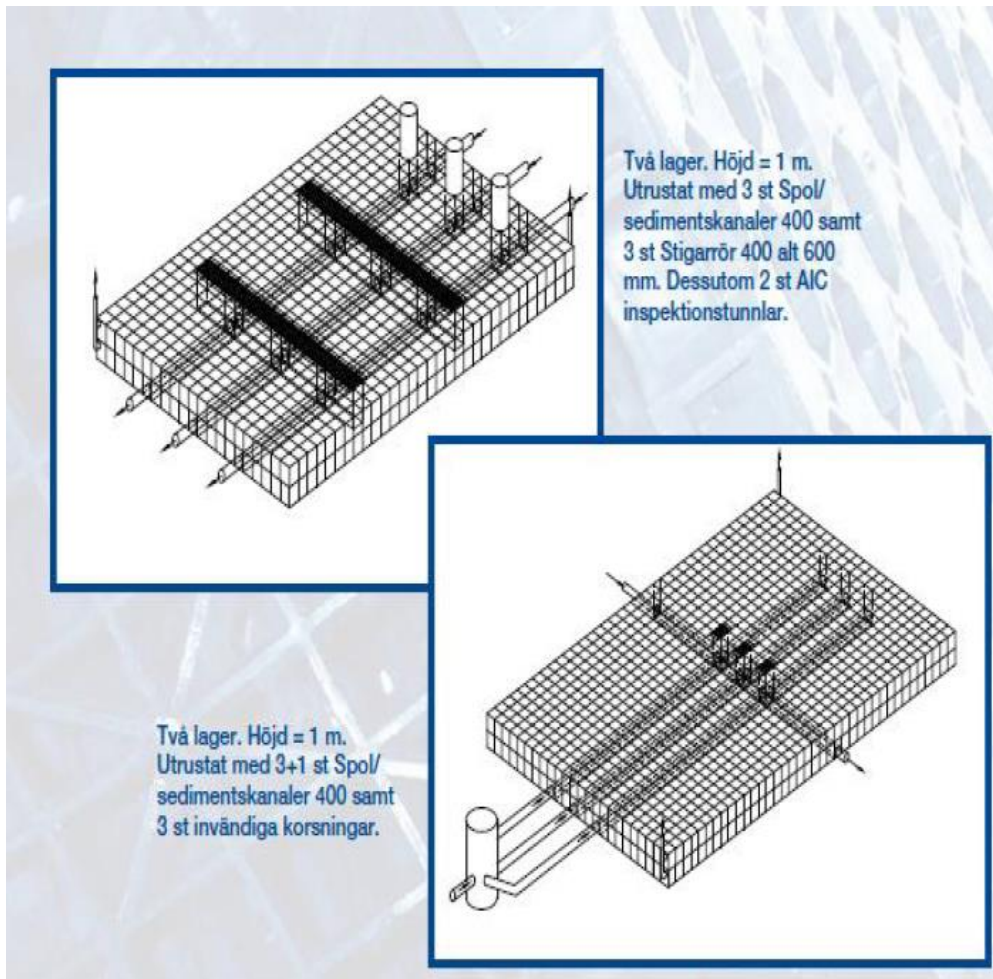
Tömning: alternativ för tömning av magasinen är självfallstömning eller tömning med pump. Självfallstömning i Mathildatorget kräver stora, grunda magasiner. Självfallstömning i Wijnbladsparken är endast möjligt mellan magasinen, men detta bör studeras vidare i nästa skede då självfallstömning är att föredra. Utloppen förbereds med brunn som är tillräckligt stor för placering av läns pump.

Kassettbyte: möjliggörs genom kontroll i detaljprojekteringen så att schakter kan fungera utan att till exempel grundläggningar påverkas.

Sediment: Kassettmagasinen utformas med en eller flera spolkanaler i botten för att underlätta spolning och slamsugning, se Figur 36 och Figur 37. Det ska vid vanligt förekommande regn inte brädda vatten till magasinen. Därför innebär driften årlig inspektion, medan spolning och slamsugning endast behöver göras i samband med större nederbörd.



Figur 36: Leverantörens principbild över spolkanaler i magasinet.



Figur 37: Leverantören bygger in spolkanaler på två håll på så stora magasin samt inspektionsmöjligheter ovan. Man brukar rekommendera minst en inspektion per kanal på så stora magasin.

5.2

Reinvesteringsbehov, lösningens livslängd









Enligt svar från kontakt med leverantör:

Materialen är tredjeparts testat för en livstid på plus 50 år. Täckningen på magasinen för tung trafik (E600 eller SLW 60) är minst 60 cm. Max installationshöjd 5 m.

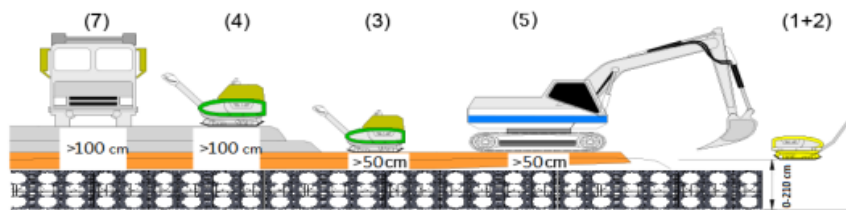
Leverantören har inte haft några oegentligheter gällande så stora magasin, man har levererat flertalet i de aktuella storlekarna och även betydligt större. Det är dock extremt viktigt med information till entreprenören om exakt hur magasinet skall läggas samt om hur material ska packas runt om och över magasinen, se Figur 38 för återfyllningsskiss och exempel på installationsanvisning. Stabiliteten kan också säkerställas genom tillägg av sidopaneler för extra stabilitet.

Belastningstabell vid återfyllning av PiVoid XL -magasin.

OBS! ENBART MINDRE FRAKTIONER max 16-32, SOM KRINGLIGGANDE LAGER RUNT KASSETTEN!(Ca 20 cm).

Höjdangivelse	Belastning/tillåten utrustning
0-50 cm mätt från botten av grop I samband med återfyllning av magasinets sidor	Vibroplatta för kompaktering: Max vikt: ca 100 Kg Format på platta: 380 mm x 500 mm Vibrationskraft: 12 kN Vibrationsfrekvens: 85 Hz  1
>50 cm mätt från botten av grop I samband med återfyllning av magasinets sidor	Vibroplatta för kompaktering: Max vikt: ca 255 Kg Format på platta: 600 mm x 800 mm Vibrationskraft: 35 kN Vibrationsfrekvens: 80 Hz  2
0-50 cm mätt från toppen av magasinet I samband med återfyllning av magasinets topp	Vibroplatta för kompaktering: Max vikt: ca 100 Kg Format på platta: 380 mm x 500 mm Vibrationskraft: 12 kN Vibrationsfrekvens: 85 Hz  1
Från 50 cm mätt från toppen av magasinet I samband med återfyllning av magasinets topp	Vibroplatta för kompaktering: Max vikt: ca 400 Kg Format på platta: 450 mm Vibrationskraft: 59 kN Vibrationsfrekvens: 65 Hz  3
Från 100 cm mätt från toppen av magasinet I samband med återfyllning av magasinets topp	Vibroplatta för kompaktering: Max vikt: ca 760 Kg Format på platta: 700 mm Vibrationskraft: 100 kN Vibrationsfrekvens: 56 Hz  4
Från 50 cm mätt från toppen av magasinet När återfyllning av magasinets topp har kompakterats	Larvmaskin för flyttning av massor Max vikt: 20 ton Yttryck: <5 kN/m ²  5
Från 70 cm mätt från toppen av magasinet När återfyllning av magasinets topp har kompakterats	Hjulfordon för flyttning av massor Max hjullast (även vid tippling): 4 ton Yttryck: 6,7 kN/m ²  6
Från 100 cm mätt från toppen av magasinet När återfyllning av magasinets topp har kompakterats	Hjulfordon för flyttning av massor Max hjullast (även vid tippling): 6,5 ton Yttryck: 16,7 kN/m ²  7

OBSERVERA! Vid kompaktering skall endast punktbelastande vibrationsutrustning enl. ovan användas. Tyngre utrustning eller vibrationsvärlar är ej att rekommendera. Vridande punktbelastning, t.ex att stillastående vrida på lastbils styrhjul medför även det att tillåten belastning riskerar att överskridas.



Figur 38: Leverantörens anvisningar gällande belastning.

5.3

Drift- och underhållsåtgärder Lilla Frösunda

Drifts- och underhållsåtgärder är ej studerade av Ramboll.

5.4 **Drift- och underhållsåtgärder Gårdsvägen**
Drifts- och underhållsåtgärder är ej studerade av Ramboll.

5.5 **Drift- och underhållsåtgärder Fröparken**
Drifts- och underhållsåtgärder se funktion Mathildatorget/ Wijnbladsparken ovan.