

GEOSIGMA


Grav 20417

Vattenflödessystem för Sydöstra stadsdelen Uppsala

Geosigma AB

2020-11-09

GEOSIGMA SYSTEM FÖR KVALITETSLEDNING

Uppdragsledare: Jenny Korinth	Uppdragsnr: 606197	Grp nr: 20417	Version: 1.0	Antal Sidor:	Antal Bilagor: 6	
Beställare: Uppsala kommun	Beställares referens: Johanna Wiklander		Beställares referensnr: -			
Titel och eventuell undertitel: Vattenflödessystem för Sydöstra stadsdelen						
Författad av: Johan Lundh, Erik Gustafsson, Marcus Heinke, Sofia Föhlinger och Albin Nordström				Datum: 2020-11-09		
Granskad av: Jenny Korinth				Datum: 2020-11-06		
GEOSIGMA AB www.geosigma.se geosigma@geosigma.se Bankgiro: 5331 - 7020 PlusGiro: 417 14 72 - 6	Uppsala Postadr: Box 894, 751 08 Uppsala Besöksadr: S:t Persgatan 6, Uppsala Tel: 010-482 88 00	Teknik & Innovation Seminariegatan 33 752 28 Uppsala Tel: 010-482 88 00	Göteborg Stora Badhusgatan 18-20 411 21 Göteborg Tel: 010-482 88 00	Stockholm Sankt Eriksgatan 113 113 43 Stockholm Tel: 010-482 88 00		

Inledning

I Översiktsplan 2016 för Uppsala kommun framgår det hur bebyggelse, transportsystem och grönområden bör utvecklas fram till år 2050. Översiktsplanen innefattar Uppsalapaketet som innebär att ett fyrspar byggs mellan Uppsala-Arlanda-Stockholm, att ca 33 000 nya bostäder byggs i Bergsbrunna, Sävja, Gottsunda och Ultuna samt att kapacitetsstark kollektivtrafik byggs i form av spårväg och ny tågstation vid Bergsbrunna. Uppsalapaketet ska bland annat utveckla hållbart resande lokalt och regionalt samt fungera som modell för hållbart stadsbyggande som innefattar nya stadsdelar med fokus på innovativa lösningar.

Den fördjupade översiktsplanen för Sydöstra stadsdelen innefattar bland annat 21 500 nya bostäder och 20-30 000 nya arbetsplatser, en järnvägsstation med nya spår och hållplatser, innovativ teknisk försörjning med fokus på energi samt fokus på viktiga ekosystemtjänster.

Geosigma har på uppdrag av Uppsala kommun tagit fram ett förslag på en översiktlig beskrivning över vattenflödessystemet för Sydöstra stadsdelen inom ramen för planområdets fördjupade översiktsplan (FÖP)¹. Målet med vattenflödessystemet är att ta ett helhetsgrepp på planområdets hydrologiska, geohydrologiska förutsättningar och inkludera dessa i planområdets framtida tekniska vattensystemen. Vattenflödessystemet ska ta hänsyn till den naturliga avrinningen från Lunsen, ombesörja rening och fördröjning av dagvatten inom exploateringsområdet samt medföra en hög och säker grundvattenbildning. Kravställande premisser för vattenflödessystemet är Sävjaåns och Lunsens Natura 2000-klassning samt recipienternas miljö kvalitetsnormer.

Föreliggande rapport syftar dels till att beskriva förutsättningarna för det framtida vattenflödessystemet, dels syftar till att beskriva vattenflödessystemet med olika grader av detaljeringsnivå. Rapporten är uppdelad i fyra delar och tar avstamp i Lunsens hydrologiska och geohydrologiska förutsättningar, detta följs av en riskanalys av FÖP ur grundvattensynpunkt och slutligen beskrivs hela vattenflödessystemet och dagvattensystemet.

Läsanvisningar

Del 1 – Lunsens geohydrologiska och hydrologiska förutsättningar

Rapportens första del syftar till att ge rekommendationer om vilket arbete som krävs för att påverkan av de hydrologiska och geohydrologiska förhållandena i Lunsen ska kunna undvikas. Detta är en förutsättning för att gå i mål med planerad exploatering som sannolikt kommer kräva tillstånd för bortledning av yt- och grundvatten. De rekommendationer som ges i föreliggande dokument beaktar inte i vilket skede i processen det är lämpligt att göra respektive undersökning, men det är troligt att samtliga delar krävs för ett tillstånd.

Del 2 - Riskanalys av FÖP SÖS ur grundvattensynpunkt

Riskanalysen för de Sydöstra stadsdelarna är en komplettering till de tidigare genomförda riskanalyserna (Geosigma, 2018a; Geosigma 2018b), som baserades på markanvändning år 2050 enligt ÖP 2016. Syftet med den kompletterande riskanalysen är att inkludera de förändringar i markanvändning som föreslagits i Fördjupad översiktsplan för de Sydöstra stadsdelarna inklusive Bergsbrunna (FÖP SÖS) jämfört med markanvändningen som antogs för planområdet i ÖP 2016.

Del 3 – Vattenflödessystemet i Sydöstra stadsdelarna

Vattenflödessystemet förklaras översiktligt för att beskriva hur markvattnet, grundvattnet och dagvattnet ska samspela inom området för att efterleva kraven kopplat till Natura 2000 och miljö kvalitetsnormer. Utifrån förutsättningarna Natura 2000-området Lunsen i söder och den Natura 2000-klassade vattenförekomsten Sävjaån måste det framtida dagvattensystemet vara en del i hela områdets hydrologiska och geohydrologiska flödesystem.

Del 4 – Vattenflödessystemets dagvattendel

Rapportens sista del innehåller en beskrivning av Sydöstra stadsdelens dagvattensystem där FRI-systemet kombineras med tekniska reningsfunktioner. Systemet ska anpassas efter olika dagvatten och översiktliga dimensioner ska anges för utjämning och rening av dagvatten. Dagvattensystemet ska ta hänsyn till krav och förutsättningar kopplade till Natura 2000 och recipienternas miljö kvalitetsnormer. Tillkommer gör också en analys av exploateringsområdets höjdmodell för att översiktligt säkerställa dagvattensystemets funktion.

Innehållsförteckning

1	Lunsens geohydrologiska och hydrologiska förutsättningar	9
1.1	Bakgrund och syfte	9
1.1.1	Underlagsdokument	9
1.2	Områdesbeskrivning	9
1.3	Hydrologiska/hydrogeologiska systemet	10
1.4	Påverkan från exploatering	10
1.5	Rekommendationer	11
1.6	Sammanfattning	12
2	Riskanalys FÖP Sydöstra stadsdelarna ur grundvattensynpunkt	14
2.1	Sammanfattning – Riskanalys grundvatten	14
2.2	Bakgrund och syfte	15
2.3	Sydöstra stadsdelarna inklusive Bergsbrunna	15
3	Förutsättningar	15
4	Skyddsobjekt, hänsynskrav och riskobjekt	17
4.1	Skyddsobjekt	17
4.2	Hänsynskrav	17
4.3	Riskobjekt	17
5	Översiktlig hydrogeologisk beskrivning	17
5.1	Allmänt	17
5.2	Uppsalaåsen	18
6	Känslighet för grundvattenförorening	19
6.1	Känslighetsklassificering	19
6.2	Känslighetskarta för planområdet FÖP SÖS	20
7	Grundvattenbildning	21
8	Metodik för riskanalys	22
8.1	Risk	22
8.2	Riskhantering	22
9	Resultat - Riskanalys	23
9.1	Identifierade skadehändelser och sannolikheten att de inträffar	23
9.2	Risicanalys	23

9.2.1	Risker inom områden med hög känslighet.....	24
9.2.2	Risker inom områden med måttlig känslighet	27
9.2.3	Grundvattenbildning	28
9.2.4	De största riskerna för grundvattenförekomsterna.....	29
10	Riskreducering	30
10.1	Generella riskreducerande åtgärder inom områden med hög känslighet.....	31
11	Slutsatser – Riskanalys grundvatten.....	34
12	Vattenflödessystemet i Sydöstra stadsdelarna	36
13	Dagvattensystemets förutsättningar.....	41
13.1	Planområdet.....	41
13.2	Avrinningsområden och tekniska delavrinningsområden.....	42
13.3	Befintlig markanvändning	43
13.4	Framtida strukturplan	44
13.5	Översiktliga avrinningsförhållanden och befintliga dagvattenledningar	45
13.6	Infiltrationsförutsättningar och geohydrologi.....	46
13.7	Markavvattningsföretag.....	47
14	Flödesberäkningar	48
14.1	Dimensioneringsförutsättningar	48
14.2	Resultat - Dagvattenberäkning.....	49
14.3	Naturliga flöden.....	51
15	Dagvattensystemet i Sydöstra stadsdelen.....	53
15.1	Dagvattensystemet	54
15.2	Ytanspråk och dimensionering	56
15.2.1	FRI-systemets ytanspråk.....	56
15.2.2	Slutstegets ytanspråk ett andra fördröjning- och reningssteg.....	59
15.2.3	Kulvertdimensionering	60
15.3	Funktionskrav teknisk kravspecifikation	61
15.3.1	Vattenflödessystemets generella funktionskrav.....	61
15.3.2	Teknisk kravspecifikation - Vattenflödessystem Sydöstra stadsdelen	62
16	Skyfallshantering	63
17	Analys av höjdmodell.....	66
17.1	Befintliga markvattenflöden	66

17.2	Höjdanalys – planerad höjdsättning.....	67
17.2.1	Höjdanalys delavrinningsområde F1	69
17.2.2	Höjdanalys delavrinningsområde F2	71
17.2.3	Höjdanalys delavrinningsområde S1	72
17.2.4	Höjdanalys delavrinningsområde S2	74
17.2.5	Höjdanalys delavrinningsområde S3	75
18	Föroreningsberäkningar	76
19	Flödesystemets effekt på Sävjaån, Fyrisån och Lunsen.....	77
19.1	Sävjaån - Natura 2000	77
19.2	Sävjaån miljökvalitetsnormer	77
19.2.1	Fosfor – acceptabel belastning.....	78
19.2.2	Kemisk status.....	78
19.3	Vattenflödesystemets effekt på Sävjaån	79
19.4	Natura 2000 Lunsen	80
19.5	Fyrisån Miljökvalitetsnormer och Lokalt åtgärdsprogram	81
20	Referenser	82

Del 1 - Lunsens geohydrologiska och hydrologiska förutsättningar

1 Lunsens geohydrologiska och hydrologiska förutsättningar

1.1 Bakgrund och syfte

En samrådshandling daterad 2020-02-06 har skickats ut till berörda myndigheter och bland annat länsstyrelsen har inkommit med ett antal synpunkter avseende planområdets potentiella påverkan på de hydrologiska förhållandena i Lunsen.

Föreliggande dokument syftar till att ge rekommendationer om vilket arbete som krävs för att påverkan av de hydrologiska och geohydrologiska förhållandena i Lunsen ska kunna undvikas. Detta är en förutsättning för att gå i mål med planerad exploatering som sannolikt kommer kräva tillstånd för bortledning av yt- och grundvatten. De rekommendationer som ges i föreliggande dokument beaktar inte i vilket skede i processen det är lämpligt att göra respektive undersökning, men det är troligt att samtliga delar krävs för ett tillstånd.

1.1.1 Underlagsdokument

För Geosigmas arbete med att titta på planens påverkan på Lunsen hydrologi har ett antal dokument nyttjats som underlag vilka listas nedan:

- -Fördjupad översiktsplan för de Sydöstra stadsdelarna inklusive Bergsbrunna (2020-02-06)
- -Bilaga 1 till FÖP, Förutsättningar
- -Bilaga 2 till FÖP, Hållbarhetsbedömning
- -Övergripande utredning om hydrologi och Natura 2000 i anslutning till FÖP för Sydöstra stadsdelarna, Ekologigruppen, granskningsversion 2019-10-27.

Samrådshandlingen som bland andra Länsstyrelsen granskat har inte inkluderat slutsatser från ekologigruppens PM. Sedan samrådshandlingen har också Uppsala kommun justerat utsträckningen av bebyggelsen för att undvika påverkan på Lunsen.

1.2 Områdesbeskrivning

Lunsen är ett småkuperat skogsområde med en undulerande bergöveryta som ömsom går i dagen och ömsom ligger djupare vilket skapar blötare partier/våtmarksområden mellan bergshöjderna. Den generella topografiska gradienten i området är riktad mot ost och nordost med höjder i väst på ca +60 och i ost-nordost på ca +50 till +40. Vid Lunsens norra gräns sker avvattning generellt ut från Lunsenområdet och endast små områden lokalt i direkt anslutning till gränsen bedöms avrinna till Lunsen och bidra till dess vattenbalans. En stor del av reservatet avvattnas genom Skromsmossen - Pinglaström mot sydost, medan en upp till ca. 1 km bred nordlig remsa av reservatet avvattnas mot norr.

Kalspolningsgränsen från landhöjningen ligger på ca +50 m i norra och östra delarna av Lunsen, medan den i syd och väst stiger upp mot +55 m. Andelen moränmark tilltar under kalspolningsgränsen men även ett par meter under denna gräns är moränen på ett flertal ställen starkt ursköljt. Inom delar av Lunsen överlagras moränen av minerogena sediment, för det mesta sandigt/moigt svallmaterial ur morän (Skötselplan för naturreservatet Norra Lunsen).

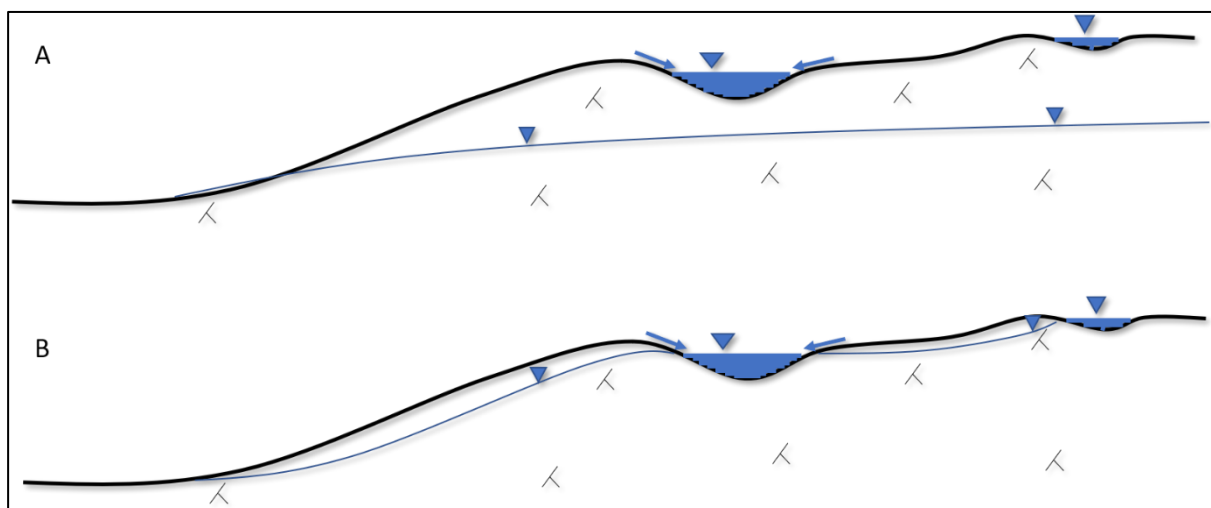
Flera av de större torvmarkerna som ligger i den nordliga remsan som avvattnas mot norr så som Dytaget, Dragonkärret, Surstagårderna och Triangelkärret, är sedan lång tid tillbaka dränerade.

Bollmossen, en av reservatets största myrmarker, är inte dikad, men kan ändå vara hydrologiskt påverkad genom tidigare rensning av naturliga utflöden eller indirekt genom dränering av Triangelkärret som ligger nedströms.

1.3 Hydrologiska/hydrogeologiska systemet

Kopplingen mellan yt- och grundvatten i lågpunkt/våtmarksområde mellan högre berglägen kan fungera på två olika sätt vilket beskrivs nedan i exempel A och B.

- A. Den potentiella grundvattenbildningen, dvs nederbörd minus avdunstningen vid respektive lågpunkt/våtmarksområde är större än infiltrationen till berget. Grundvattennivån i bergets sprickor och porer ligger då under botten på våtmarken och vatten rinner till lågpunkterna som ytvatten och i lokala sprickor. Infiltrationen till berg beror antingen på att infiltrationskapaciteten i berg är låg eller p.g.a. att sedimenten i våtmarken har en låg genomsläpplighet. Det vatten som inte kan infiltrera och perkolera vidare ner till grundvattenytan avrinner via topografiska lågområden som surdrag eller sammankopplade våtmarker som är typiska inom området, se skiss A i Figur 1-1.
- B. Infiltrationskapaciteten till berg och den hydrauliska kontakten mellan våtmarken och grundvattnet i berget är god. Grundvattennivån i berget sammanfaller med grundvattenytan i våtmarken och utgör således samma magasin, se skiss B i Figur 1-1.



Figur 1-1. Principskiss över kopplingen mellan yt- och grundvatten inom Lunsen.

En genomgång av befintliga brunnar inom planområdet visar att berggrunden till viss del är uppsprucken och ger i vissa fall relativt mycket vatten.

1.4 Påverkan från exploatering

Höjdsättningen för planerad exploatering medför, på grund av områdets topografiska förutsättningar, att bergtrösklar kommer sprängas bort och lågpunkter fyllas ut vilket kommer påverka både ytvavrinning och grundvattenförhållanden lokalt vid schakterna som i sin tur kan ge en påverkan på vattenförhållanden i Lunsen.

En övergripande utredning avseende hydrologin har tagits fram (Ekologigruppen, 2019) inom ramen för FÖP där trösklar identifierats som om de tas bort kan påverka ytvattenförhållanden i Lunsen. Utredningen är begränsad till analys av topografiska förhållanden och beaktar inte dränering via ett

eventuellt spricksystem i berget. Det finns en risk att en dränering av grundvatten i berg vid bergschakt kan ge en dränering av vattensamlingar uppströms i berggölar i eller i närheten av Lunsen i det fall systemet fungerar som fall B i Figur 1-1. Det gäller oaktat om identifierade trösklar lämnas intakta. Det finns dock i dagsläget inte tillräcklig information för att uttala sig mer ingående om denna påverkan.

För att styra ytvattenflöden och i de fall det bedöms finnas risk för grundvattenpåverkan kan vattenledare anläggas, det kan dock i sin tur medföra en risk att vid olika ytvattenflöden och grundvattennivåer dämna vattnet uppströms vilket också kan medföra en påverkan på Lunsen.

1.5 Rekommendationer

För att säkerställa att planerad exploatering inte påverkar yt- och grundvattenförhållandena i Lunsen krävs att mer och utförligare underlag kontinuerligt tas fram och att ett helhetsgrepp tas kring denna fråga.

Genom bergschakt kan bergets spricksystem leda vatten från Lunsen till öppna schakter inom exploateringsområdet och på så sätt dräneras området på lite större avstånd. Vid en första anblick ser bergkvalitén i området ut att vara god men den bedömningen behöver verifieras av en berggrundsgeolog som karterar området. De brunnar som finns inom planområdet och som i vissa fall ger bra med vatten indikerar att det ändå finns ett vattenförande spricksystem i berget. Även en kartering av de våtmarksområden/bergsgölar inom Lunsen i närheten till gränsen mot planområdet behöver genomföras för att bedöma eventuell jordlagerföljd i dessa. Är det finare sediment på berget minskar risken för påverkan vid en eventuell kontakt mellan sprickor i berget och schakter inom exploateringsområdet.

Geosigma bedömer att det även krävs installation av grundvattenrör inom Lunsen samt inom planområdet för att bedöma befintliga gradienter i området. På grund av begränsat jorddjup inom stora delar av området kan rören behöva sättas i berg. Mätning av dessa rör bör sedan genomföras under minst ett år för att fånga upp säsongsvariationer, mätningar för i vissa observationspunkter ske så tätt som dagligen för att fånga upp snabba svängningar av grundvattennivån. Geosigma har inom ramen för denna översiktliga utredning inte kontrollerat de trösklar som identifierats av ekologigruppen 2019. Detta arbete bör dock utvecklas vidare genom att undersöka hur jordlagerföljderna ser ut i anslutning till dessa och nyttja denna information i kombination med grundvattennivå och därmed kunna dra slutsatser om en potentiell påverkan.

I underlaget har den eventuella användningen av vattenledare nämnts. Hur de eventuella vattenledarna kan utformas, vilket syfte de har och vilka risker/problem som bör beaktas inför en tillämpning av en sådan teknisk lösning bör utredas vidare i kommande utredningar. Det har också nämnts nyttjande av tätspons som en åtgärd för att minska påverkan på Lunsen. Tätspons förutsätter vattenförande jordlager och geologin i området kan försvåra denna lösning på grund av de begränsade jorddjupen. En lämplig barriär som ersättning för trösklar bör utredas vidare och användas i kombination med injektering av berg i de fall spricksystem som står i kontakt med Lunsen påträffas vid bergschaktarbeten. Var dessa barriärer ska placeras bör redovisas i framtida utredningar med tillhörande motivering till vald placering.

Beroende på vad man kommer fram till hur systemet fungerar kan det vara lämpligt att ställa upp en hydrologisk modell med fokus på koppling mellan yt- och grundvatten för att svara på grundvattnets

strömningsriktning, grundvattenbildning, ytvattennivåer, flödesvägar m.m. som också möjliggör att simulera funktionen av eventuella åtgärder så som vattenledare.

1.6 Sammanfattning

De undersökningar som rekommenderas för att förhindra påverkan på Lunsen listas nedan:

- Geologisk kartering
- Undersökning av jordlagerföljd i våtmarksområden
- Installation av grundvattenrör och insamling av grundvatten nivådata samt ytvattennivådata.
- Undersök jordlagerföljd i läget för identifierade trösklar
- Hydrologisk modell för att på ett illustrativt sätt kunna simulera de åtgärder som föreslås för att minska påverkan.

Inför utbyggnad behöver en detaljerad kunskap om yt- och grundvattennivåer erhållas som underlag för att fastställa i vilka områden och till vilka nivåer åtgärder för att motverka dränering ska projekteras.

Del 2 - Riskanalys FÖP Sydöstra stadsdelarna ur grundvattensynpunkt.

2 Riskanalys FÖP Sydöstra stadsdelarna ur grundvattensynpunkt

2.1 Sammanfattning – Riskanalys grundvatten

Stadsutvecklingen inom Sydöstra stadsdelen måste ske på ett sådant sätt att den inte medför några oacceptabla risker för grundvattnet Uppsala- och Vattholmaåsarna som försörjer större delen av befolkningen i Uppsala kommun med dricksvatten. För att säkra grundvattenskyddet har Uppsala kommun genomfört ”Riskanalys av Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde ur grundvattensynpunkt” (Geosigma, 2018a) samt beslutat om ”Riktlinje för markanvändning inom Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde ur grundvattensynpunkt” (Uppsala kommun, 2018). Riskanalysen har gjorts med avseende på potentiell grundvattenpåverkan och med utgångspunkt i befintlig och planerad markanvändning enligt ÖP 2016. För den ovan nämnda spårvägen genomfördes något senare en kompletterande riskanalys ”Kunskapsspåret – Riskanalys spårväg, Riskanalys av Kunskapsspåret ur grundvattensynpunkt” (Geosigma, 2018b).

Sammanfattningsvis visar riskanalysen att det finns ett antal potentiella risker som särskilt behöver beaktas för att säkerställa att planerad exploateringen inom FÖP SÖS inte kommer att medföra någon negativ påverkan på vattenkvalitet i grundvattenförekomsterna Uppsalaåsen-Uppsala och Sävjaån - Samnan.

Under anläggningsfasen bedöms de största grundvattenrelaterade riskerna vara kopplade till utsläpp av byggdagvatten, pålning och markarbeten i potentiellt förorenade områden som klassats med stor eller måttlig risk och ligger inom mark med hög känslighet. Även olyckor med arbetsfordon inom områden med hög känslighet kan innebära en stor risk.

Under driftfasen utgör släckvatten från bränder i spårfordon en stor risk. Depåer ska inte anläggas i områden med hög känslighet. Den senast föreslagna depåplaceringen är inom mark med måttlig känslighet, vilket innebär att ett utsläpp av ett miljöfarligt ämne i dessa depålägen medför en *Måttlig* risk för grundvattnet.

Riskanalysen visar att grundvattenbildningen kommer att minska med den föreslagna exploateringen. För att minimera minskningen bör systemlösningen för hantering av dagvatten och mark-/ytvatten inom planområdet bygga på att så stor andel som möjligt av detta vatten kan tillåtas infiltrera inom FRI-systemet och bilda grundvatten. Dock med beaktande av att orenat dagvatten från körbara ytor (vägar, gator, parkering, laskaj, parkeringshus m.m.) inte ska infiltreras utan föregående rening i stadsmiljöns FRI-ytor.

Under förutsättning att de riskreducerande åtgärder som presenteras i kapitel 9 och Bilaga 4 vidtas under byggfas och driftfas bör exploateringen inom planområdet kunna genomföras utan negativa konsekvenser för vattenkvalitet och kvantitet i grundvattenförekomsterna Uppsalaåsen-Uppsala och Sävjaån - Samnan.

Genomförd riskanalys baseras till stor del på känslighetskartan. Känslighetskartan är ett storskaligt planeringsverktyg och har den upplösning och noggrannhet som ingående underlagsdata medger vilket innebär att den inte ger all information om de verkliga förhållandena på en specifik plats. Inför detaljplaneskedet bör de lokala geotekniska och geohydrologiska förutsättningarna utredas vidare.

Den information som framkommer vid sådana utredningar bör användas till en lokal uppdatering av känslighetskartan och riskanalysen.

2.2 Bakgrund och syfte

I Uppsala kommer omfattande exploateringar att ske inom de närmaste 30 åren för att möta upp för den växande befolkningen. Enligt översiktsplanen ÖP 2016 ska stadsutvecklingen koncentreras till fyra stadsnoder (Gränby, Börjetull, Gottsunda-Ulltuna och Bergsbrunna) och till tre stora verksamhetsområden (Boländerna-Fyrislund, Husbyborg-Libroäck och Bergsbrunna). Med stadsutvecklingen följer ett behov av att utveckla förbindelserna mellan stadsnoderna, innerstaden och de stora verksamhetsområdena. Den planerade spårvägsförbindelsen, Kunskapsspåret, är ett led i utvecklingen för att klara det ökande behovet av hållbara persontransporter. Kunskapsspåret ska koppla ihop Södra staden med innerstaden och med de Sydöstra stadsdelarna (Nåntuna, Sävja, Vilan och Bergsbrunna). I Bergsbrunna planeras en ny tågstation.

Stadsutvecklingen måste ske på ett sådant sätt att den inte medför några oacceptabla risker för grundvattnet Uppsala- och Vattholmaåsarna som försörjer större delen av befolkningen i Uppsala kommun med dricksvatten. För att säkra grundvattenskyddet har Uppsala kommun genomfört *"Riskanalys av Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde ur grundvattensynpunkt"* (Geosigma, 2018a) samt beslutat om *"Riktlinje för markanvändning inom Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde ur grundvattensynpunkt"* (Uppsala kommun, 2018). Riskanalysen har gjorts med avseende på potentiell grundvattenpåverkan och med utgångspunkt i befintlig och planerad markanvändning enligt ÖP 2016. För den ovan nämnda spårvägen genomfördes något senare en kompletterande riskanalys *"Kunskapsspåret – Riskanalys spårväg, Riskanalys av Kunskapsspåret ur grundvattensynpunkt"* (Geosigma, 2018b).

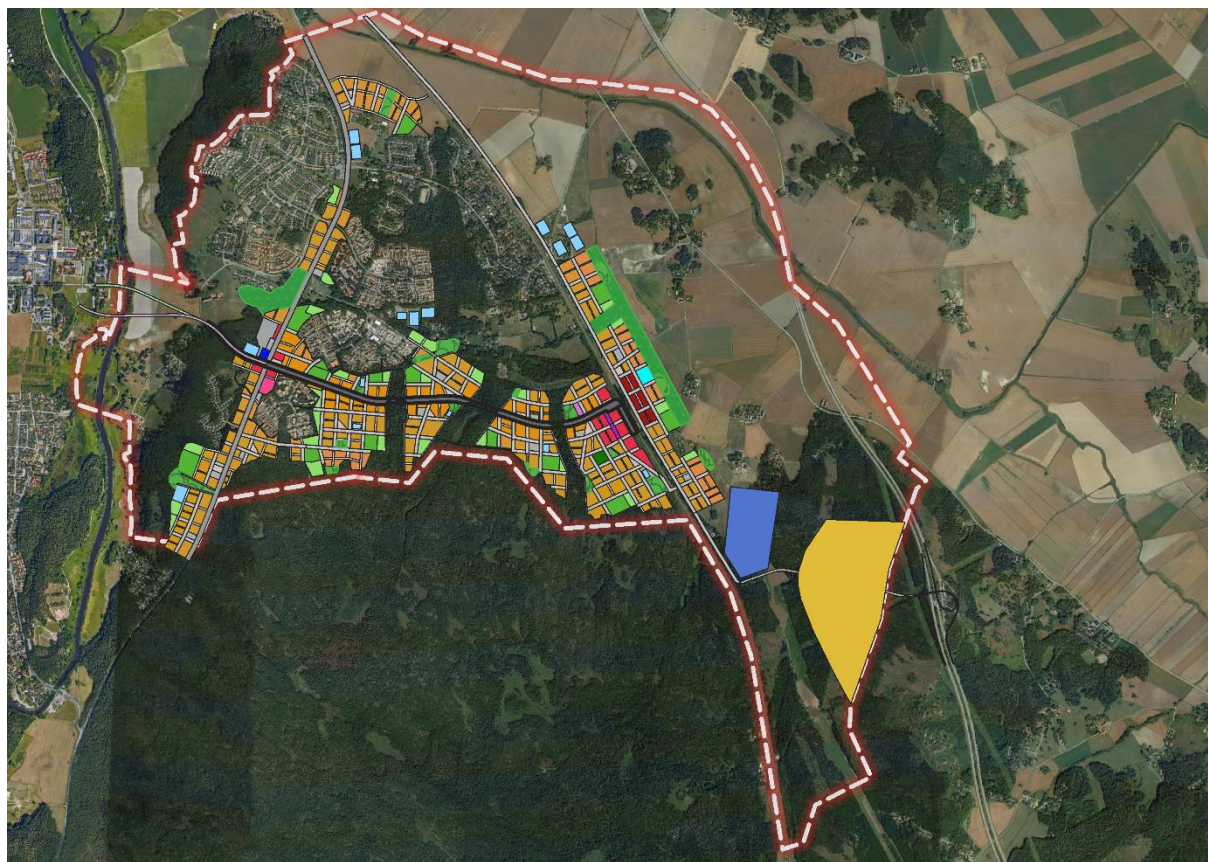
2.3 Sydöstra stadsdelarna inklusive Bergsbrunna

Föreliggande riskanalys för de Sydöstra stadsdelarna är en komplettering till de tidigare genomförda riskanalyserna (Geosigma, 2018a; Geosigma 2018b), som baserades på markanvändning år 2050 enligt ÖP 2016. Syftet med den kompletterande riskanalysen är att inkludera de förändringar i markanvändning som föreslagits i Fördjupad översiktsplan för de Sydöstra stadsdelarna inklusive Bergsbrunna (FÖP SÖS) jämfört med markanvändningen som antogs för planområdet i ÖP 2016.

3 Förutsättningar

Riskanalysen avser planerad markanvändning enligt Fördjupad översiktsplan för de Sydöstra stadsdelarna inklusive Bergsbrunna (FÖP SÖS). Föreslagen markanvändning på kvartersnivå presenteras i Figur 3-1.

Riskanalysen har utförts enligt samma metod som använts inom projektet *"Riskanalys av Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde ur grundvattensynpunkt"* (Geosigma, 2018a) Metoden bygger delvis på handböcker från MSB (2011) och Trafikverket (2013). Analysen är begränsad till risker för vattenkvalitet och vattenkvantitet i grundvattenförekomsterna Uppslaåsen – Uppsala och Sävjaån – Samnan, se kapitel 3. Andra risker som markanvändningen kan orsaka beaktas inte. Utifrån resultaten av riskanalysen har riskreducerande åtgärder föreslagits.



Kvarter

Centrum 2	Kulturhus	27 m gata
Bostäder	Simhall	Spårvägsallé
Bostäder	Sjukhus	Ishall
Förskola	Bostäder	Norra bron
Skola	Bostäder	Södra bron
Gymnasium	Sport	Utredningsområde ridskola
Torg	Gata	Utredningsområde verksamhetsområde
P-hus	Bostäder	Plattform station
Park	Centrum 1	
Depå	Stadspark	

Figur 3-1. Föreslagen markanvändning på kvartesenivå inom planområdet FÖP SÖS.

4 Skyddsobjekt, hänsynskrav och riskobjekt

4.1 Skyddsobjekt

Riskhanteringsprocessens målsättning är att Uppsala ska kunna utvecklas på ett sådant sätt att grundvattenförekomsterna har ett fullgott skydd idag och på lång sikt. Den planerade exploateringen/utvecklingen inom planområdet Sydöstra stadsdelarna inklusive Bergsbrunna är inom Uppsalaåsens tillrinningsområde, mer specifikt inom tillrinningsområdet till grundvattenförekomsterna Uppsalaåsen-Uppsala och Sävjaån - Samnan. Grundvattenförekomsterna Uppsalaåsen-Uppsala och Sävjaån – Samnan har valts som skyddsobjekt för riskanalysen.

4.2 Hänsynskrav

Grundvattenförekomsten Uppsalaåsen-Uppsala omfattas av både ramdirektivet för vatten (2000/60/EG) och grundvattendirektivet (2006/118/EG). Den utnyttjas även som grundvattentäkt för produktion av dricksvatten. Utgångspunkten i riskanalysen är att förhindra att grundvattenförekomsten hotas av risker som kopplas till försämrade vattenkvalitet- och kvantitet. Som hänsynskrav i riskanalysen används därför miljökvalitetsnormer (MKN) för grundvatten och gränsvärden för dricksvattenkvalitet enligt Livsmedelverkets föreskrifter om dricksvatten.

Miljökvalitetsnormerna för grundvatten avser både kvalitet och kvantitet. God kvantitativ status innebär att det råder balans mellan grundvattenuttag och grundvattenbildning.

I Bilaga 1 redovisas hänsynskrav i form av miljökvalitetsnormer och Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten för de ämnen som i dagsläget omfattas av MKN/gränsvärden. I Bilaga 1 redovisas även rekommenderad åtgärdsgräns för poly- och perfluorerade alkylsubstanser (PFAS).

4.3 Riskobjekt

Riskerna som grundvattenförekomsten kan utsättas för beror framför allt på hur markanvändningen ser ut just i området där risken uppstår. Därför väljs markanvändningsytor som riskobjekt i riskanalysen. En markanvändningsyta avser i det här sammanhanget en sammanhängande geografisk yta med en viss markanvändning, se Figur 3-1.

5 Översiktlig hydrogeologisk beskrivning

5.1 Allmänt

De hydrogeologiska förhållandena styr hur känsligt grundvattnet är för förorening och därmed vilka markanvändningar som är lämpliga eller olämpliga för ett visst område. De hydrogeologiska förhållandena och känsligheten styr också vilka skyddsåtgärder som kan behövas för att minska sannolikhet och konsekvens för att en förorening når grundvattnet.

5.2 Uppsalaåsen

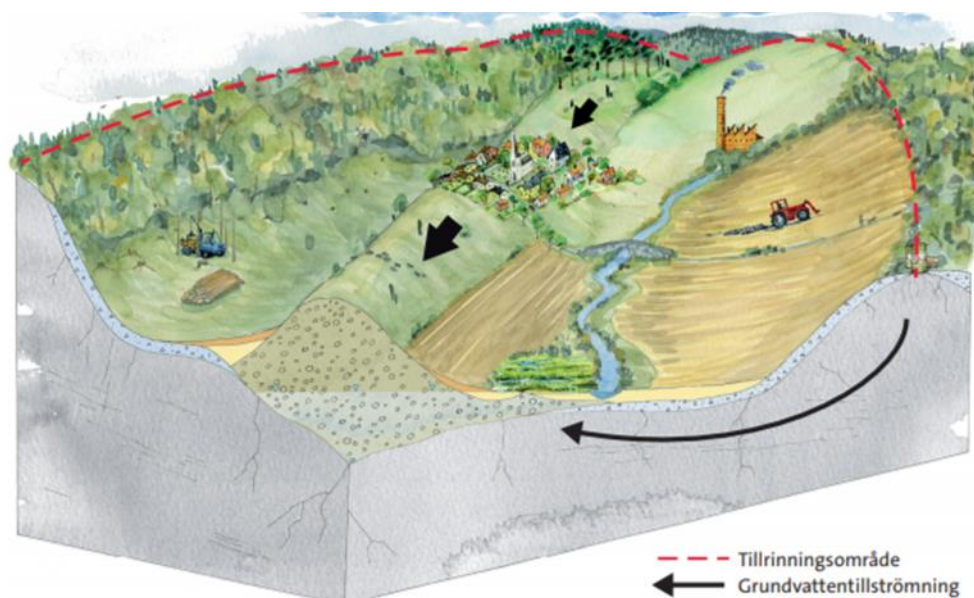
I Uppsalatrakten förekommer Uppsalaåsen både som topografiskt framträdande åsryggar i dagen och under mer än 50 m djupa lager av finsediment (lera och silt). Leran kan vara torr i ytan och sprucken (torrskorpelera) ner till ett djup av 3 – 4 m. Genom Uppsala har åsen avlagrats längs en nord-sydlig förkastning i berggrunden.

Större delen av åsen täcks av finsediment av varierande tjocklek. Områdena med åsmaterial i dagen utgör endast ca 15 % av den totala utbredningen av åsens grundvattenmagasin inom tillrinningsområdet. Huvudåsens vattenförande mäktighet överstiger ställvis 30 m och åsens centrala delar ligger oftast direkt på berg. Den vattenförande mäktigheten i biåsarna i Sävjaåns dalgång är väsentligt mindre, oftast inte mer än ca 5 m.

Den huvudsakliga naturliga grundvattenströmningen i tillrinningsområdet är riktad mot åsarna och mot söder och en utströmning sker till Mälaren.

I områden där åsmaterialet går i dagen varierar medelgrundvattenbildningen mellan knappt 250 till drygt 300 mm/år (Rodhe et al, 2006). Även om grundvattenbildningen per ytenhet är högst i dessa områden bildas dock huvuddelen av det grundvatten som tillförs åsen i den resterande delen av åsens tillrinningsområde. Se figur 5-1. Planområdet för de Sydöstra Stadsdelarna (FÖP SÖS) ligger i utkanten av tillrinningsområdet och till stora delar inom ett höjdområde med ringa jorddjup.

Mälaren är under naturliga förhållanden utströmningsområde för åsens grundvatten. Fyrisån, och Sävjaån rinner alla på vissa sträckor längs med åsarna eller korsar dem, och utgör där potentiella in- eller utströmningsområden beroende på relationen mellan grundvattennivån och vattendragens nivåer. Jordlagerförhållandena på dessa sträckor är avgörande för om det finns en hydraulisk kontakt av praktisk betydelse.



Figur 5-1. Generell bild över grundvattenströmning runt en åsformation. Tillrinningsområdet avgränsas geografisk av topografiska ytvattendelare. Källa: SGU (2017).

6 Känslighet för grundvattenförorening

6.1 Känslighetsklassificering

En markytas känslighet är en geografiskt distribuerad egenskap som indikerar i vilken utsträckning en marknära förorening kan ha en potentiell skadlig inverkan på en grundvattenförekomst så att denna inte längre kan utnyttjas som dricksvattenresurs.

För att kunna bedöma känsligheten inom olika delar av grundvattenförekomstens tillrinningsområde har ett antal känslighetsklasser definierats (Tabell 6-1). Dessa utgår från de geologiska och hydrogeologiska förhållandena i tillrinningsområdet, se kapitel 4.

Tabell 7-1. Kriterier för känslighetsklassificeringen.

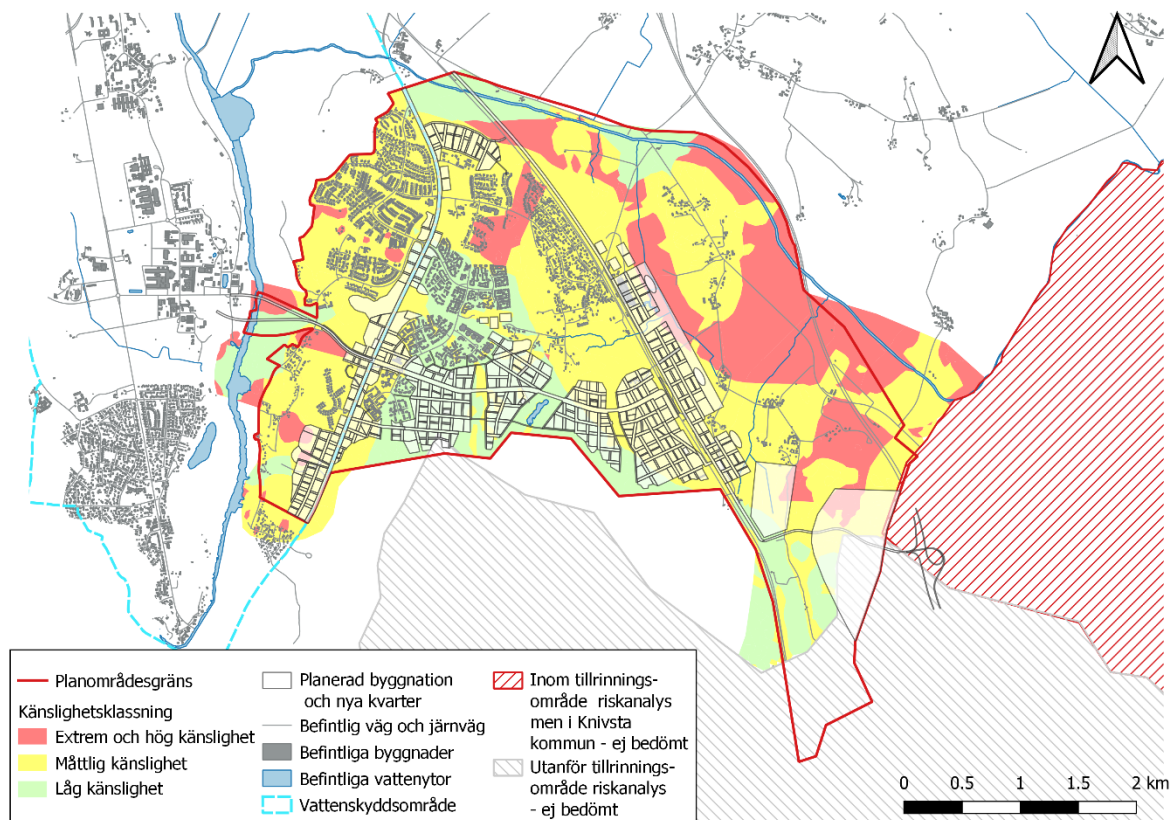
Känslighetsklassificering	Kriterier
Extrem känslighet	a) Isälvsmaterial i dagen (grönt) på jordartskartan + 50 m osäkerhetsmarginal (baserat på SGU:s rekommendationer m.a.p. generaliseringar och onoggrannhet i kartgränser).
Hög känslighet	a) Lera med mäktighet mindre än 5 m som överlagrar isälvsmaterial. b) Lera med mäktighet större än 5 m som överlagrar isälvsmaterial och som avvattnas mot områden i klass extrem. c) Lera som överlagrar morän och som avvattnas mot områden i klass extrem. d) Morän och bergområde inom 1000 m från kontaktytan mellan morän och utbredning isälvsmaterial med hydraulisk kontakt med isälvsmaterial.
Måttlig känslighet	a) Lera med mäktighet större än 5 m som överlagrar isälvsmaterial och som avvattnas mot klass hög. b) Lera med mäktighet större än 5 m som överlagrar morän och som avvattnas mot klass hög. c) Lera med mäktighet mindre än 5 m som överlagrar morän som inte avvattnas mot områden i klass extrem. d) Morän och bergområde på ett avstånd större än 1000 m från kontaktytan mellan morän och utbredning isälvsmaterial med hydraulisk kontakt med isälvsmaterial. e) Morän och bergområde inom 1000 m från kontaktytan mellan morän och utbredning isälvsmaterial utan hydraulisk kontakt med isälvsmaterial.
Låg känslighet	a) Lera med mäktighet större än 5 m som överlagrar isälvsmaterial och som inte avvattnas mot områden i klass extrem eller hög. b) Lera med mäktighet större än 5 m som överlagrar morän och som inte avvattnas mot områden i klass extrem eller hög. c) Morän- och bergområden på ett avstånd större än 1000 m från kontaktytan mellan morän och isälvsmaterial utan hydraulisk kontakt med isälvsmaterial.

6.2 Känslighetskarta för planområdet FÖP SÖS

Det senaste förslaget till ny bebyggelse inom planområdet redovisas tillsammans med känslighetsklassningen i figur 6-1. Den planerade bebyggelsen och tillhörande infrastruktur ligger huvudsakligen inom känslighetsklass Låg och Måttlig. Några mindre delar av den planerade bebyggelsen ligger inom känslighetsklass Hög.

Den nordvästra delen av utredningsområde för verksamhetsområde ligger inom känslighetsklass Hög. Den nordöstra delen av utredningsområde för ridskola går delvis in på marksom är klassad Hög känslighet.

För spårvägen finns i dagsläget två alternativa dragningar över Fyrisån. Det norra alternativet innebär att spårvägen kommer att gå över mark som är klassad Hög känslighet.



Figur 6-1. Känslighetskarta med planerade bebyggelseområden inom planområdet FÖP SÖS.

7 Grundvattenbildning

Beräkning av grundvattenbildningen för befintlig samt framtida markanvändning enligt FÖP SÖS har baserats på programvaran StormTac.

Evapotranspirationen beräknas i StormTac utifrån ett empiriskt framtaget samband med den markanvändningsspecifika avrinningskoefficienten, φ_i , som variabel.

$$E = 1000(0.50 - 0.55\varphi_i)$$

(6-1)

Andelen nederbörd som infiltrerar i markytan, K_{inf} , uppskattas vidare i StormTac från ekvation (6-2) som en funktion av nederbörd, den markanvändningsspecifika avrinningskoefficienten, φ_i , och evapotranspirationen, E, inom planområdet (Larm, 2000).

$$K_{inf} = \frac{p - p\varphi_i - E}{p}$$

(6-2)

Baserat på ekvationerna (6-1) och (6-2) från StormTac modellen har grundvattenbildning, Q_{gr} , beräknas enligt ekvation (6-3) som en funktion av nederbörd (p ; 544 mm/år, Uppsala med omnejd 1961-1990; SMHI, 2020b), andelen nederbörd som infiltrerar i markytan (K_{inf} , enhetslös), andelen infiltrerad nederbörd som bildar grundvatten (K_x , enhetslös), Avrinningskoefficienten, φ_i , samt detaljplaneområdets area, A.

$$Q_{gr} = K_{inf} p A (1 - \varphi_i K_x)$$

(6-3)

8 Metodik för riskanalys

Riskanalysen är en sammanvägning av ett områdes känslighet, ett förorenande ämnes mängd och farlighet kopplat till en given skadehändelse och hur omfattande konsekvensen av denna blir, samt sannolikheten för att en given skadehändelse inträffar. Sammantaget ger detta risken för att en given skadehändelse medför en skadlig inverkan på skyddsobjektet. Metodiken för riskanalysen redovisas mer i detalj i Bilaga 2.

8.1 Risk

I riskbedömningen så värderas konsekvensen något högre än sannolikheten. Därigenom motiveras riskreducerande åtgärder alltid där konsekvensen är mycket stor eller katastrofal, trots att sannolikheten är liten. Utfallet för en skadehändelse som klassificerats med en mycket stor, stor, måttlig, förhöjd, eller liten risk sammanfattas i Tabell 7-1.

Tabell 7-1. Utfall per risk

Risk	Utfall
Mycket stor (svart)	Grundvattenförekomst obrukbar. Negativ påverkan på grundvattnet är irreversibel.
Stor (röd)	Grundvattenförekomst obrukbar. Negativ påverkan på grundvattnet är reversibel. Långtgående förebyggande, riskreducerande åtgärder är motiverade.
Måttlig (orange)	Grundvattenförekomst temporärt obrukbar men kan ersättas med befintlig reservvattenkapacitet. Förebyggande, riskreducerande åtgärder bör vidtas, omfattande åtgärder kan i vissa fall vara motiverade.
Förhöjd (gul)	Grundvattenförekomst brukbar men med temporärt något försämrad kvalitet. Förutsättningarna för efterbehandlingsåtgärder är goda. Smärre förebyggande, riskreducerande åtgärder kan vara motiverade.
Liten (grön)	Grundvattenförekomst brukbar. Förebyggande, riskreducerande åtgärder (utöver vad som normalt tillämpas) är inte motiverade

Omfattningen hos åtgärderna bör avgöras för respektive fall beroende på förutsättningarna i det aktuella området. För riskklasserna *Måttlig* och *Förhöjd* antas att enkla förebyggande åtgärder kan utföras som inte innebär några större kostnader. Riskklasserna *Mycket stor* och *Stor* innebär så stora konsekvenser att långtgående förebyggande, riskreducerande åtgärder är motiverade. Detta kan till exempel innebära att planerade anläggningar inom områden med hög eller extrem känslighet utformas med extra säkerhetsanordningar eller att stränga restriktioner i markanvändning implementeras inom dessa områden enligt gällande *Riktlinje för markanvändning inom Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde* (Uppsala kommun, 2018).

8.2 Riskhantering

Riskreducerande åtgärder bör vidtas med utgångspunkt i de skadehändelser som identifierats i riksinventeringen och de risker som bedömts i riskanalysen. Riskreducerande åtgärder kan riktas antingen mot att reducera sannolikheten att en viss skadehändelse ska inträffa eller mot att reducera konsekvensen om en skadehändelse inträffar. Fokus i riskhanteringen ligger på förebyggande

åtgärder. Efterhandsåtgärder för att minska konsekvensen av inträffade skadehändelser behandlas inte.

Inom planområdet omfattas delarna väster om väg 255 av den yttre zonen i vattenskyddsområde som finns upprättat för Uppsala kommuns grundvattentäkter i Uppsala- och Vattholmaåsarnas (Länsstyrelsen i Uppsala Län, 1989). Riskreducerande åtgärder ska utföras på ett sätt som är förenligt med vattenskyddsföreskrifterna.

Enligt indelningen i riskklasser i avsnitt 7.1 ovan ska riskreducerande åtgärder vidtas om risken är måttlig eller större. Vid förhöjd risk kan förebyggande riskreducerande åtgärder vara motiverade, men då bör dessa vägas mot kostnaden för efterbehandlingsåtgärder samt hur stor den bedömda konsekvensen är vid ett skadetillfälle. Vid liten risk har bedömningen gjorts att inga riskreducerande åtgärder, utöver vad som normalt tillämpas, är motiverade. Vilka riskreducerande åtgärder som normalt tillämpas styrs av lagar, förordningar och lokala föreskrifter, till exempel vattenskyddsområdets föreskrifter. Man ska dock ha i åtanke att även normala riskreducerande åtgärder kan innebära omfattande åtgärder för att förhindra en skadehändelse.

9 Resultat - Riskanalys

9.1 Identifierade skadehändelser och sannolikheten att de inträffar

De identifierade skadehändelserna bygger främst på tidigare erfarenheter av olyckor, incidenter eller riskanalyser. Vid identifieringen av skadehändelserna har hänsyn tagits till de specifika förhållandena (naturgivna förutsättningar samt befintlig och planerad markanvändning). Använt statistiskt material utgörs till största del av data från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). Identifierade potentiella skadehändelser inom hela tillrinningsområdet för Uppsala- och Vattholmaåsarna och sannolikheten för att de ska inträffa presenteras i Bilaga 3.

För att anpassa sannolikheten till befintlig och planerad markanvändning görs en korrigering av de generella sannolikheterna, som redovisas i Bilaga 3, med hänsyn till markanvändningen. Korrigeringen innebär exempelvis att för markanvändning som inte berörs av en viss skadehändelse sätts sannolikheten för denna skadehändelse till noll och beaktas därmed inte i den fortsatta riskanalysen för den planerade exploateringen inom planområdet (FÖP SÖS).

9.2 Riskanalys

Inom planområdet finns inga områden med Extrem känslighet.

Resultatet av riskanalysen presenteras ordnat områdesvis efter känslighetsklass.

Områden med hög känslighet

De största riskerna för försämrad grundvattenkvalitet vid exploatering inom planområdet för FÖP SÖS utgörs av skadehändelser inom områden med Hög känslighet för grundvattenförorening.

Områden med låg och måttlig känslighet

De tidigare genomförda riskanalyserna för hela Uppsala- och vattholmaåsarnas tillrinningsområde (Geosigma, 2018a) respektive för den planerade spårvägen (Geosigma 2018b) visar att riskerna för

grundvattnets kvalitet ligger inom intervallet *Liten* till *Förhöjd* i områden som klassats som *Låg* och *Måttlig* känslighet.

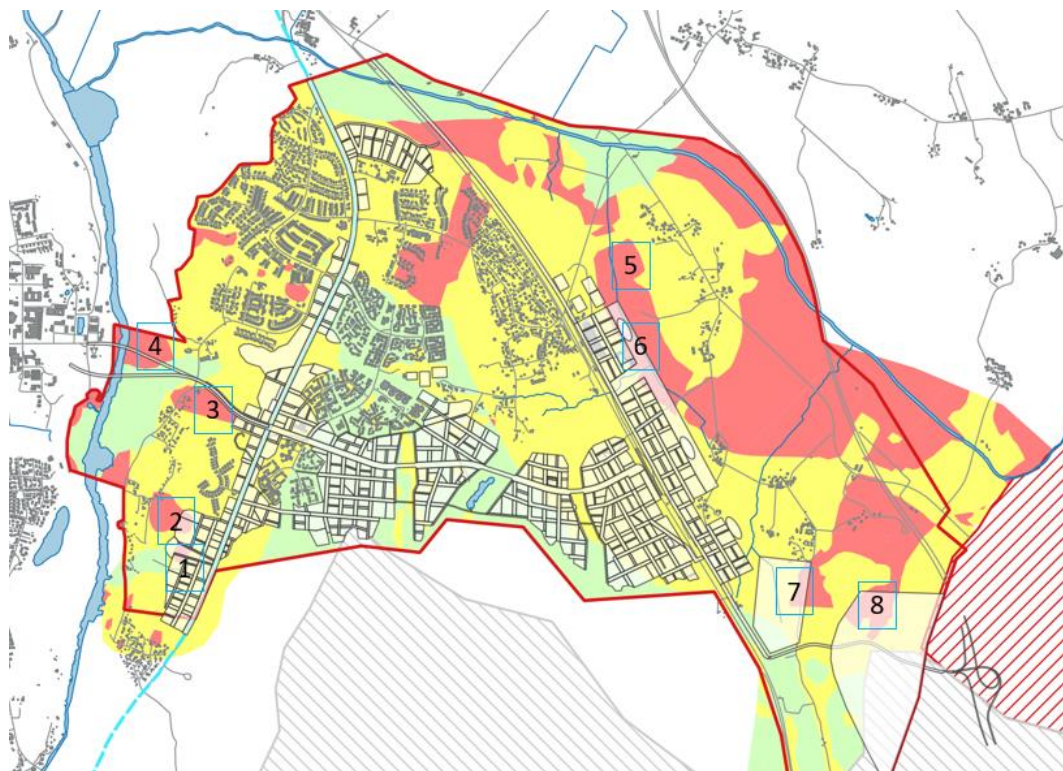
Undantaget är skadehändelserna; 1) järnvägsolycka med farligt gods, inkl. flygbränsle, 2) Släckvatten från tågbrand och brand i spårfordon, 3) Spill av stor mängd bekämpningsmedel, 4) Spridning från kända förorenade områden, 5) Spridning av större volym p.g.a. olycka vid miljöfarlig verksamhet, 6) Utsläpp av miljöfarligt ämne i depå. Av dessa sex skadehändelser är det skadehändelserna 2) och 6) som kan aktualiseras vid exploateringen inom planområdet. Inom områden med *Måttlig* känslighet är risken för dessa två skadehändelser inom intervallet *Måttlig* till *Stor*.

Exploateringsytor inom samtliga känslighetsklasser

Förändrad grundvattenbildning sker inom alla områden som exploateras inom planområdet och uppskattas/beräknas per delavrinningsområde inom planområdet. Enligt FÖP SÖS planeras exploatering inom yttre skyddszonen för Uppsala- och Vattholmaåsarnas vattenskyddsområde. Det är området väster om väg 255 omfattas av skyddsföreskrifterna för vattenskyddsområdets yttre zon.

9.2.1 Risker inom områden med hög känslighet

Figur 9-1 visar var exploatering planeras inom områden med hög känslighet. Riskerna vid planerad exploatering enligt FÖP SÖS inom dessa områden redovisas i Tabell 9-1. I Tabell 9-1 presenteras skadehändelser som har riskklass måttlig eller större.



Figur 9-1. Planerad exploatering inom områden med hög känslighet.

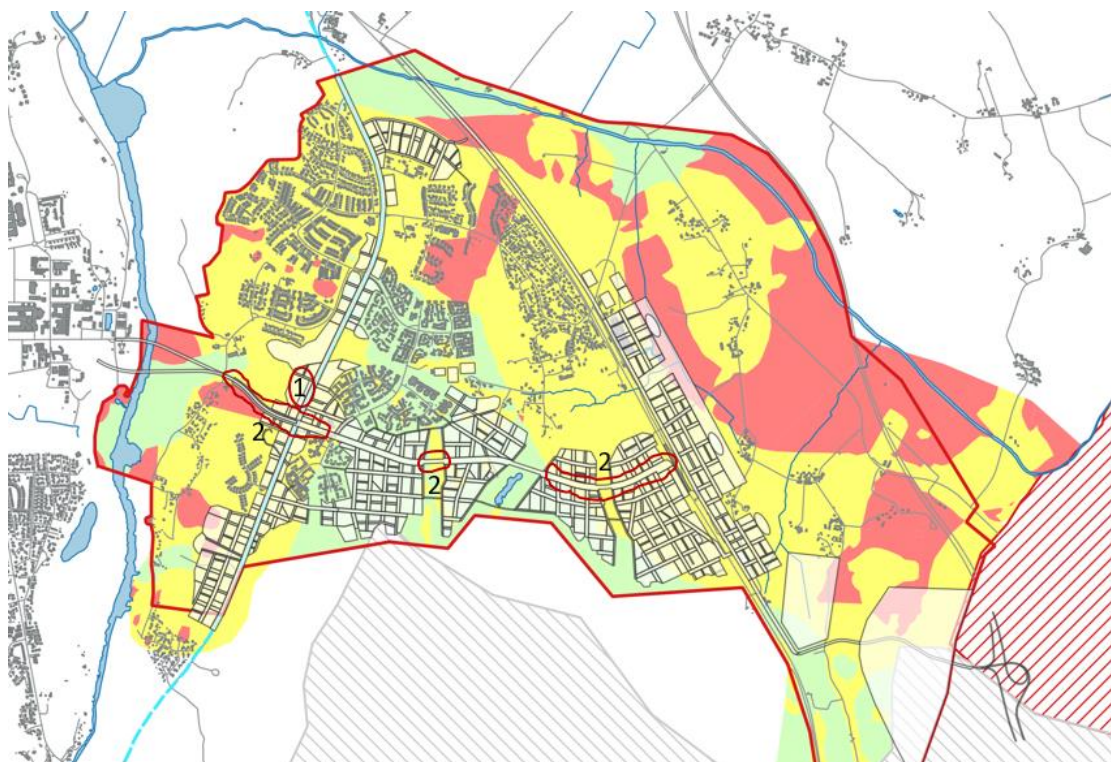
Tabell 9-1. Planerad markanvändning, potentiella skadehändelser och riskklass för planerad exploatering inom områden med hög känslighet.

Område	Känslighetsklass och kriterie för klassning enligt Tabell 5-1	Planerad markanvändning	Potentiella skadehändelser enligt Tabell B3-1, Bilaga 3	Riskklass enligt Tabell 7-1	Anläggningsfas (A)	Driftfas (D)
1	H d)	Park, Sport, Bostäder	1b. Föroreningsbelastning från dagvatten 3a, 3b. Släckvatten från husbrand och bilbrand 6c. Utsläpp av byggdagvatten 6d. 6e. Diffust läckage och brott på avloppsvattenledning 10a. Olycka med arbetsfordon 10c. Pålning 11a, 11b. Spill och förändrade spridningsvägar vid borrning 13. Oljespill från transformatorstation 14. Föroreningsspridning från snö- och sopsandsupplag 15 Minskad grundvattenbildning pga ökad andel hårdgjorda ytor	Måttlig Måttlig Måttlig Måttlig Stor Måttlig Måttlig Måttlig Måttlig Måttlig redovisas separat	A A A A	D D D D D D D
2	H d)	Skola, Förskola	1b. Föroreningsbelastning från dagvatten 3a, 3b. Släckvatten från husbrand och bilbrand 6c. Utsläpp av byggdagvatten 6d. 6e. Diffust läckage och brott på avloppsvattenledning 10a. Olycka med arbetsfordon 10c. Pålning 11a, 11b. Spill och förändrade spridningsvägar vid borrning 13. Oljespill från transformatorstation 14. Föroreningsspridning från snö- och sopsandsupplag 15 Minskad grundvattenbildning pga ökad andel hårdgjorda ytor	Måttlig Måttlig Måttlig Måttlig Stor Måttlig Måttlig Måttlig Måttlig Måttlig redovisas separat	A A A A	D D D D D D D
3	H d)	Spårväg/ Spårrområde	3d. Släckvatten från brand i spårfordon 6c. Utsläpp av byggdagvatten 7. Spridning/ökad spridning från kända förorenade områden (deponi) 10a. Olycka med arbetsfordon 13. Oljespill från transformatorstation	Stor Måttlig Måttlig Stor Måttlig	A A A	D D
4	H a)	Spårväg/ Spårrområde, Spårvägsbro	3d. Släckvatten från brand i spårfordon 6c. Utsläpp av byggdagvatten 7. Spridning/ökad spridning från kända förorenade områden (deponi) 10a. Olycka med arbetsfordon 10c. Pålning	Stor Måttlig Stor Stor Måttlig	A A A A	D

			11a, 11b. Spill och förändrade spridningsvägar vid borring 13. Oljespill från transformatorstation	Måttlig Måttlig	A A	D D
5	H a)	Dagvattendamm (fördröjning och rening)	6c-. Utsläpp av byggdaggvatten 10a. Olycka med arbetsfordon 11a, 11b. Spill och förändrade spridningsvägar vid borring	Måttlig Stor Måttlig	A A A	D
6	H a)	Bostäder (höghus)	1b. Föroreningsbelastning från dagvatten 3a, 3b. Släckvatten från husbrand och bilbrand 6c. Utsläpp av byggdaggvatten 6d. 6e. Diffust läckage och brott på avloppsvattenledning 10a. Olycka med arbetsfordon 10c. Pålning 11a, 11b. Spill och förändrade spridningsvägar vid borring 13. Oljespill från transformatorstation 14. Förorenings-spridning från snö- och sopsandsupplag 15 Minskad grundvattenbildning pga ökad andel hårdgjorda ytor	Måttlig Måttlig Måttlig Måttlig Stor Måttlig Måttlig Måttlig Måttlig redovisas separat	A A A A	D D D D D D D D
7	H d)	Djurhållning (ridskola)	1b. Föroreningsbelastning från dagvatten 3a, 3b. Släckvatten från husbrand och bilbrand 6d. 6e. Diffust läckage och brott på avloppsvattenledning 10a. Olycka med arbetsfordon 11a, 11b. Spill och förändrade spridningsvägar vid borring 14. Förorenings-spridning från snö- och sopsandsupplag	Måttlig Måttlig Måttlig Stor Måttlig Måttlig	A A	D D D D D
8	H d)	Verksamhets- område (industriområde)	1b. Föroreningsbelastning från dagvatten 2a, 2b. Trafikolycka med personbil och lätt lastbil 3a, 3b. Släckvatten från husbrand och bilbrand 6c. Utsläpp av byggdaggvatten 6d. 6e. Diffust läckage och brott på avloppsvattenledning 8. Spridning av större volym pga olycka vid miljöfarlig verksamhet 10a. Olycka med arbetsfordon 10c. Pålning 11a, 11b. Spill och förändrade spridningsvägar vid borring 13. Oljespill från transformatorstation 14. Förorenings-spridning från snö- och sopsandsupplag 15 Minskad grundvattenbildning pga ökad andel hårdgjorda ytor	Måttlig Måttlig Måttlig Måttlig Måttlig Måttlig Stor Måttlig Måttlig Måttlig Måttlig redovisas separat	A A A	D D D D D D D D D D

9.2.2 Risker inom områden med måttlig känslighet

Figur 8-2 visar var spårvagnsdepå och spårväg planeras inom områden med måttlig känslighet. Riskerna vid planerad exploatering enligt FÖP SÖS inom dessa områden redovisas i Tabell 8-2. I Tabell 8-2 presenteras skadehändelser som har riskklass måttlig eller större.



Figur 9-2. Planerad spårvagnsdepå och spårvägssträckning inom områden med måttlig känslighet.

Tabell 9-2. Planerad markanvändning, potentiella skadehändelser och riskklass för planerad exploatering inom områden med måttlig känslighet.

Område	Planerad markanvändning	Potentiella skadehändelser enligt Tabell B3-1, Bilaga 3	Riskklass enligt Tabell 7-1	Anläggningsfas (A)	Driftfas (D)
1	Spårvagnsdepå	3d. Släckvatten från brand i spårfordon 21. Utsläpp av miljöfarligt ämne i depå	Stor Måttlig		D D
2	Spårväg/ Spår område	3d. Släckvatten från brand i spårfordon	Stor		D

9.2.3 Grundvattenbildning

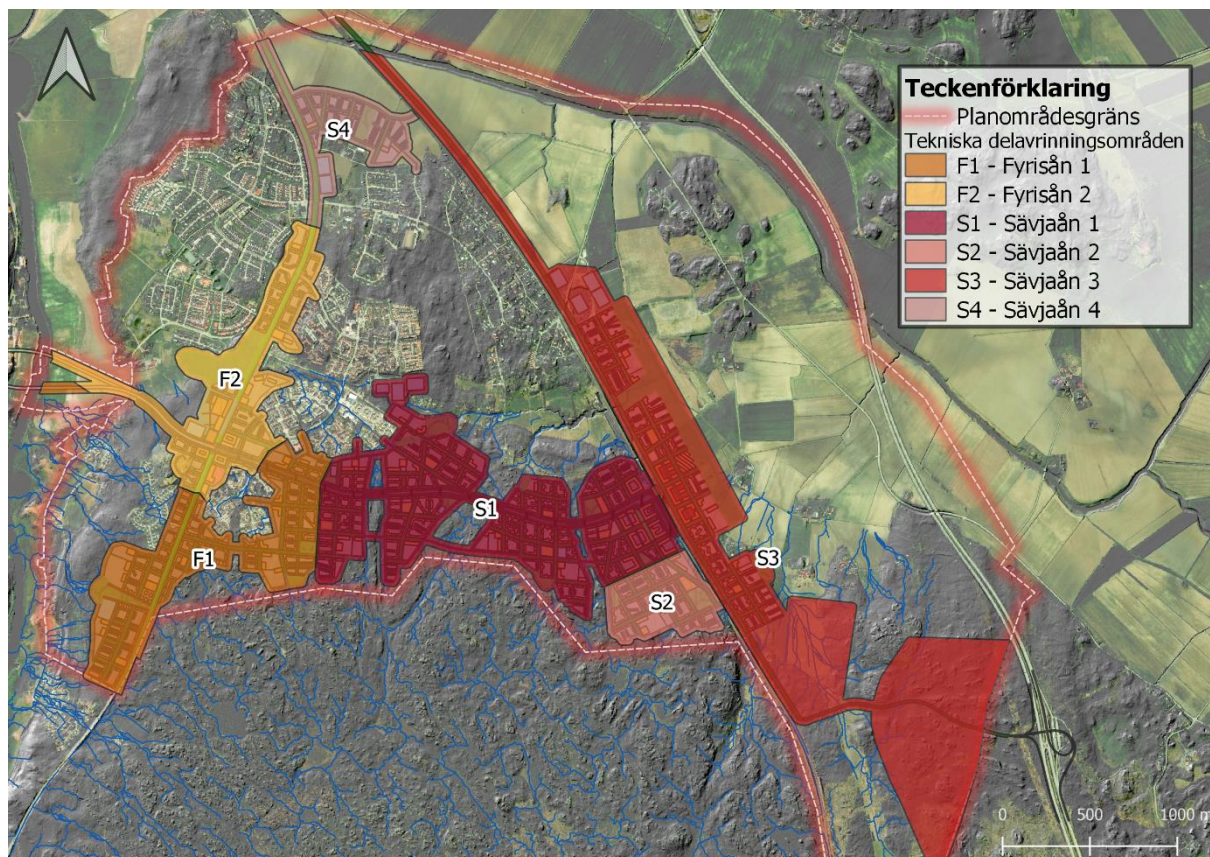
Enligt beräkningarna av grundvattenbildning förväntas planerad exploatering inom planområdet enligt FÖP SÖS leda till en minskning av grundvattenbildningen med 17 %, i förhållande till grundvattenbildningen inom planområdet vid befintlig markanvändning (Tabell 8-3). Ovanstående gäller i det fall då dagvatten från planområdet inte aktivt infiltreras i underliggande mark. En aktiv infiltration av dagvatten från planområdet bidrar till en ökad grundvattenbildning i förhållande till den som presenteras i Tabell 8-3. Infiltration av dagvatten från takytor och gångstråk kan t.ex. leda till regnbäddar med öppen botten osv. som medger infiltration.

De hydrogeologiska förhållandena inom planområdet, med förhållandevis ringa jorddjup och underliggande kristallin berggrund, följer i stora delar det som beskrivs om Lunsens hydrogeologi i kapitel 7. Grundvattenbildningen i kristallint berg är generellt mindre än 50 mm per år (SGU, 2017). Det medför att av den del av nederbörden som inte avdunstar kan endast 50 mm/år bilda grundvatten i områden med ringa djup till berg. Resterande del avrinner som ytvatten eller ytligt och utefter bergytter för att infiltrera i randområden mot de lägre liggande områdena väster, norr och öster om exploateringsområdet där morän på berg underlagrar finmaterialet (leran). För att bibehålla en god grundvattenbalans i planområdet som helhet och i grundvattenförekomsterna Sävjaån – Samnan och Uppsalaåsen – Uppsala bör man beakta att i så stor utsträckning som möjligt tillse att infiltration kan ske i ovan beskrivna randområden även efter planerad exploatering enligt FÖP SÖS.

Tabell 9-3. Uppskattad grundvattenbildning inom respektive delavrinningsområde (F1, F2, S1, S2, S3, S4) samt för respektive naturliga delavrinningsområde (Fyrisån, F1 + F2; Sävjaån, S1 + S2 + S3 + S4) vid befintlig samt planerad markanvändning enligt projekterad exploatering..

Delavrinningsområde (tekniskt)	Detaljplan	Grundvattenbildning (m ³ /år)	%-förändring ^a
F1	Befintlig	30636	-
F2	Befintlig	25769	-
<i>Fyrisån</i>	<i>Befintlig</i>	<i>56405</i>	<i>-</i>
S1	Befintlig	54374	-
S2	Befintlig	10621	-
S3	Befintlig	79747	-
S4	Befintlig	12270	-
<i>Sävjaån</i>	<i>Befintlig</i>	<i>157012</i>	<i>-</i>
F1	Planerad	24968	-18
F2	Planerad	21765	-15
<i>Fyrisån</i>	<i>Planerad</i>	<i>46733</i>	<i>-17</i>
S1	Planerad	43241	-20
S2	Planerad	8460	-20
S3	Planerad	68353	-14
S4	Planerad	10664	-13
<i>Sävjaån</i>	<i>Planerad</i>	<i>130718</i>	<i>-17</i>

^aFörändring i grundvattenbildning gentemot grundvattenbildning vid befintlig detaljplan



Figur 9-3. Tekniska delavrinningsområden för den planerade nya bebyggelsen inom planområdet för Sydöstra Stadsdelarna.

9.2.4 De största riskerna för grundvattenförekomsterna

Syntesen av riskanalysen är att det är 19 potentiella skadehändelser som genererar risk som är måttlig eller större inom de delar av planområdet som exploateras enligt FÖP SÖS. De största riskerna (Stor risk) presenteras i tabell 8-4. Övriga risker som måste hanteras (Måttlig) presenteras i Tabell 8-5.

Tabell 9-4. Skadehändelser som medför stor risk

Skadehändelser inom medför stor risk	Anläggningsfas / Driftfas
3d. Släckvatten från brand i spårfordon 10a. Olycka med arbetsfordon	Driftfas Anläggningsfas

Tabell 9-5. Skadehändelser som medför måttlig risk

Skadehändelser inom medför måttlig risk	Anläggningsfas / Driftfas
1b. Föroreningsbelastning från dagvatten	Driftfas
2a, 2b. Trafikolycka med personbil och lätt lastbil	Driftfas
3a, 3b. Släckvatten från husbrand och bilbrand	Driftfas
6c. Utsläpp av byggdagvatten	Anläggningsfas
6d, 6e. Diffust läckage och brott på avloppsvattenledning	Driftfas
7. Spridning/ökad spridning från kända förorenade områden (deponi)	Anläggningsfas Driftfas
8. Spridning av större volym pga olycka vid miljöfarlig verksamhet	Anläggningsfas
10c. Pålning	Anläggningsfas/Driftfas
11a, 11b. Spill och förändrade spridningsvägar vid borrning	Driftfas
13. Oljespill från transformatorstation	Driftfas
14. Föroreningsspridning från snö- och sopsandsupplag	Driftfas
15. Minskad grundvattenbildning pga ökad andel hårdgjorda ytor	Driftfas

10 Riskreducering

Enligt FÖP SÖS planeras exploatering inom yttre skyddzonen för Uppsala- och Vattholmaåsarnas vattenskyddsområde. Det är området väster om väg 255 omfattas av skyddsföreskrifterna för vattenskyddsområdets yttre zon. De riskreducerande åtgärder som kan vara aktuella vid en exploatering enligt FÖP SÖS är:

- Hantering och lagring av petroleumprodukter ska ske så att hela volymen förhindras att tränga ner i marken vid ett ev. läckage.
- Täta avloppsledningar
- Markarbeten får inte ske djupare än 1 m ovanför högsta grundvattenyta.

Inom hela planområdet ska riskreducerande åtgärder vidtas så att exploateringen följer ”Riktlinje för markanvändning inom Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde”(Uppsala kommun, 2018).

Den planerade bebyggelsen och tillhörande infrastruktur ligger huvudsakligen inom känslighetsklass Låg och Måttlig. Några mindre delar av den planerade bebyggelsen ligger inom känslighetsklass Hög. Enligt de tidigare genomförda riskanalyserna för hela Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde (Geosigma, 2018a) samt för den planerade spårvägen (Geosigma 2018b) bör riskreducerande åtgärder vidtas om risken är måttlig eller större. Med några få undantag återfinns risker som är måttliga eller större i områden med hög känslighet inom planområdet. Nedan presenteras förslag till generella riskreducerande åtgärder. Förslag till riskreducerande åtgärder för enskilda skadehändelser presenteras i Bilaga 4.

10.1 Generella riskreducerande åtgärder inom områden med hög känslighet

Utgångspunkten ska vara att all typ av exploatering på hög känslighet ska utföras med stora försiktighetsmått eftersom några av de identifierade skadehändelserna kan ge upphov till mycket stora eller katastrofala konsekvenser med stora risker som följd. Ökad hårdgöring och bortledning av dagvatten minskar grundvattenbildningen inom dessa områden. Grundvattenbildningen är viktig att upprätthålla i största möjliga mån för att kunna fortsätta med ett hållbart uttag av grundvatten från Uppsala- och Vattholmåsarna.

Vissa verksamheter ska inte vara tillåtna:

- Nyetablering av miljöfarliga verksamheter.
- Pumpstationer för spillvatten med bräddning till markyta eller dike med infiltration till grundvattnet.

Utöver detta bör det finnas krav på hur framtida verksamheter, infrastruktur och entreprenader ska bedrivas/vara utformade inom områden med hög känslighet:

Infrastruktur

Planering/projektering

- Plankorsningar förses med täta diken eller annan tät uppsamling för att kunna ta hand om spill av t.ex. drivmedel vid olyckor.
- Infiltration av dagvatten från vägar och gator ska inte tillåtas.
- På vägar där spill av farliga ämnen vid olycka riskerar att rinna till områden extrem känslighet bör täta diken och avkörningsskydd införas.
- I tätbebyggda områden där det är svårt att inrätta avkörningsskydd bör hastigheten hållas nere för att minska sannolikheten för och konsekvensen vid trafikolyckor.
- Planerad spårväg passerar ställvis genom väglöst land vilket medför att räddningstjänstens responstid blir förlängd vid en olycka. Därför bör accessvägar rekognoseras och vid behov anläggas i förväg till områden med hög känslighet för att förkorta responstiden.

Drift- och underhåll

- Zonen närmast vägen ska vara rensad så att den är fri från fasta föremål som riskerar att punktera bränsletankar med mera.

Dag- och spillvatten

Planering/projektering

- Infiltration av dagvatten från körbara ytor såsom gator, vägar, lastzoner och parkeringsytor ska inte tillåtas. Takvatten kan tillåtas infiltrera om det först genomgår rening i till exempel växtbäddar. Om det finns risk för markföroreningar bör inte infiltration av dagvatten vara tillåten. Byggdagvatten ska inte tillåtas infiltrera.
- Dag- och spillvattenledningar ska vara helt täta. Detta säkerställs genom att till exempel svetsa ledningarna. Detta ska gälla även på områden där VA-huvudmannen inte har rådighet. Detta kan regleras genom kravställning i detaljplaner.

- ”Bra materialval” vid ny- och ombyggnation för att minska den diffusa belastningen.

Drift- och underhåll

- Befintliga ledningars täthet kontrolleras och eventuella brister åtgärdas. Här måste hänsyn tas till att läckage från ledningar kan spridas via ledningsgraven och infiltrera längre nedströms.
- Åtgärda enskilda avlopp som inte uppfyller dagens krav på rening/utformning.

Brandbekämpning

Planering/projektering

- Parkeringsplatser ska undvikas för att minska sannolikheten för bilbränder med efterföljande släckvattenrisker. Höjdsättningen av parkeringen ska vara sådan att avrinning sker mot dagvattenbrunnar eller liknande.

Bygg och anläggning

- Vid nybyggnation/omfattande ombyggnation ska släckvattenzoner införas på områden där lerlagret är mindre än 5 m tjockt och leran överlagrar isälvsmaterial. Släckvattenzoner bör också vara ett krav på områden med hög känslighet där morän och bergområde ligger inom 1000 m från kontaktytan mellan morän och utbredning isälvsmaterial med hydraulisk kontakt med isälvsmaterial. Detta kräver att känslighetskartan detaljstuderas för att se vilka kriterier som har föranlett att området har fått klassningen hög känslighet. Känslighetskartan ger dock inte all information om de verkliga förhållandena och kan därför behöva kompletteras med en geoteknisk eller geohydrologisk utredning.
- ”Bra materialval” vid ny- och ombyggnation för att minska den diffusa belastningen.

Drift- och underhåll

- Brandbekämpning ska i mesta möjliga mån utföras med vatten. Släckvatten ska i största möjliga mån samlas upp och ytavrinning av släckvatten mot icke hårdgjorda ytor ska förhindras.

Markarbeten

Planering/projektering

- Entreprenörer bör utbildas i de risker som är förknippade med att arbeta i område med hög känslighet att förorena grundvattnet. Anlitade entreprenörer ska ha en intern miljöplan där bland annat hantering av byggdagvatten, förvaring och uppställning av drivmedel/kemikalier och fordon, beredskap för hantering av kemikalier/drivmedelsspill med mera redovisas. Samtliga på arbetsplatsen ska vara insatta i de rutiner som gäller.
- Kontrollprogram för grundvattennivåer och grundvattenkemi ska finnas på plats vid risk för påverkan på grundvattnet. Kontrollprogrammet startas i god tid innan markarbetenas start för att kunna upprätta en baseline för grundvattennivåerna och grundvattenkemin.
- Innan byggstart undersöks området för markföroreningar. Vid behov genomförs efterbehandlingsåtgärder av förorenad mark.

Bygg- och anläggning

- Inför markarbeten behöver entreprenörerna informeras om att avbryta arbetena och tillkalla miljökontrollant vid misstanke (lukt, färg, avvikande material) om eventuell

förorening. Detta gäller även om tidigare utförda provtagningar inte påvisat föroreningsförekomst.

- Uppställning av arbetsfordon ska ske på tät platta eller liknande som förhindrar spill att nå grundvattnet.
- Kontroll av hydraulslangar och kopplingar till dessa för att kunna upptäcka skador och läckage i tid.

Drift- och underhåll

- Eventuella farmartankar med drivmedel eller liknande för den dagliga driften ska ställas upp på tätt invallat område som rymmer hela volymen.
- Begränsa användningen av bekämpningsmedel.

Snöupplag

Planering/projektering

- Upplag med snö från snöröjning ska ha tät avledning av smältvatten mot sedimentationsdamm som vid behov förses med oljeavskiljare. Snöupplag som är av mer varaktig karaktär kan medföra tillstånds- eller anmälningsplikt (Josefsson & Johansson, 2014)

11 Slutsatser – Riskanalys grundvatten

Sammanfattningsvis visar riskanalysen att det finns ett antal potentiella risker som särskilt behöver beaktas för att säkerställa att planerad exploateringen inom FÖP SÖS inte kommer att medföra någon negativ påverkan på vattenkvalitet i grundvattenförekomsterna Uppsalaåsen-Uppsala och Sävjaån - Samnan.

Under anläggningsfasen bedöms de största grundvattenrelaterade riskerna vara kopplade till utsläpp av byggdagvatten, pålning och markarbeten i potentiellt förorenade områden som klassats med stor eller måttlig risk och ligger inom mark med hög känslighet. Även olyckor med arbetsfordon inom områden med hög känslighet kan innebära en stor risk.

Under driftfasen utgör släckvatten från bränder i spårfordon en stor risk. Depåer ska inte anläggas i områden med hög känslighet. Den senast föreslagna depåplaceringen är inom mark med måttlig känslighet, vilket innebär att ett utsläpp av ett miljöfarligt ämne i dessa depåer medför en *Måttlig* risk för grundvattnet.

Riskanalysen visar att grundvattenbildningen kommer att minska med den föreslagna exploateringen. För att minimera minskningen bör systemlösningen för hantering av dagvatten och mark-/ytvatten inom planområdet bygga på att så stor andel som möjligt av detta vatten kan tillåtas infiltrera och bilda grundvatten. Dock med beaktande av att orenat dagvatten från körbara ytor (vägar, gator, parkering, lastkaj, parkeringshus m.m.) inte ska infiltreras utan föregående rening i stadsmiljöns FRI-ytor.

Under förutsättning att de riskreducerande åtgärder som presenteras i kapitel 9 och Bilaga 4 vidtas under byggfas och driftfas bör exploateringen inom planområdet kunna genomföras utan negativa konsekvenser för vattenkvalitet och kvantitet i grundvattenförekomsterna Uppsalaåsen-Uppsala och Sävjaån - Samnan.

Genomförd riskanalys baseras till stor del på känslighetskartan. Känslighetskartan är ett storskaligt planeringsverktyg och har den upplösning och noggrannhet som ingående underlagsdata medger vilket innebär att den inte ger all information om de verkliga förhållandena på en specifik plats. Inför detaljplaneskedet bör de lokala geotekniska och geohydrologiska förutsättningarna utredas vidare. Den information som framkommer vid sådana utredningar bör användas till en lokal uppdatering av känslighetskartan och riskanalysen.

Del 3 – Vattenflödesystemet i Sydöstra stadsdelarna

UTKAST

12 Vattenflödessystemet i Sydöstra stadsdelarna

Vattenflödessystemet är anpassat för att planområdet efter exploatering ut efterlikna ett naturligt avrinningsområde i så utsträckning som möjligt. Detta för att efterleva kraven från Sävjaåns och Lunsens Natura 2000-klassning. Dess principiella uppdelning visas i Figur 12-1 och beskrivs nedan.

1. Grundvatten och ytvatten i Lunsen

På grund av Lunsens Natura 2000-klassificering får exploatering av Sydöstra stadsdelarna inte förändra grundvattennivån i Lunsen som medför förändringar som är oförenliga men Natura 2000-kraven. Om grundvattennivån i Lunsen sjunker till för låga nivåer finns det en risk att de skyddsvärda våtmarkerna dräneras.

Lunsen är ett småkuperat skogsområde med en undulerande bergöveryta som ömsom går i dagen och ömsom ligger djupare vilket skapar blötare partier/våtmarksområden mellan bergshöjderna. Den generella topografiska gradienten i området är riktad mot ost och nordost. Grundvattenflödet i Lunsen och planområdet sker i bergssprickor i och områden av grovkornig moränlager eller andra lager av friktionsjordar.

Höjdsättningen för planerad exploatering medför, på grund av områdets topografiska förutsättningar, att bergtrösklar kommer sprängas bort och lågpunkter fyllas ut vilket kommer påverka både ytavrinning och grundvattenförhållanden lokalt vid schakterna som i sin tur kan ge en påverkan på vattenförhållanden i Lunsen.

2. Grundvattnet inom planområdet - infiltration och perkolation

I syfte att minimera förändringen av grundvattennivån i Lunsen bör grundvattennivån i samband med exploateringen sänkas så lite som möjligt. En sänkning av grundvattennivån i exploateringsområdet till följd av sprängningar och minskad grundvattenbildning skulle skapa en ökad grundvattenpotential mellan Lunsen och exploateringsområdet vilket, beroende på tätheten i berget, skulle öka grundvattenflödet ut ur Lunsen. För att motverka detta bör infiltrationen och perkolationen i exploateringsområdet maximeras.

De hydrogeologiska förhållandena inom planområdet, med förhållandevis ringa jorddjup och underliggande kristallin berggrund, följer i stora delar det som beskrivs om Lunsens hydrogeologi ovan. Grundvattenbildningen i kristallint berg är generellt mindre än 50 mm per år (SGU, 2017). Det medför att av den del av nederbörden som inte avdunstar, kan endast 50 mm/år bilda grundvatten i områden med ringa djup till berg. Resterande del avrinner som ytvatten eller ytligt och utefter bergytan för att infiltrera i randområden mot de lägre liggande områdena väster, norr och öster om exploateringsområdet där morän på berg underlagrar finmaterialet (leran). För att bibehålla en god grundvattenbalans i planområdet som helhet och i grundvattenförekomsterna Sävjaån – Samnan och Uppsalaåsen – Uppsala bör man beakta att i så stor utsträckning som möjligt tillse att infiltration kan ske i ovan beskrivna randområden även efter planerad exploatering enligt FÖP SÖS. Detta är också målet med FRI-systemet (fördröjning, rening och infiltration).

Enligt beräkningarna förväntas planerad exploatering inom planområdet enligt FÖP SÖS leda till en minskning av grundvattenbildningen med 17 %, i förhållande till grundvattenbildningen inom planområdet vid befintlig markanvändning. Ovanstående gäller i det fall då dagvatten från planområdet inte aktivt infiltreras i underliggande mark. En aktiv infiltration av dagvatten från planområdet bidrar till en ökad perkolation och grundvattenbildning i förhållande till den som presenteras i beräkningarna. Infiltration av rent dagvatten från taktytor och gångstråk kan t.ex. leda till regnbäddar med öppen botten osv. som medger perkolation.

De hydrogeologiska förhållandena styr hur känsligt grundvattnet är för förorening och därmed vilka markanvändningar som är lämpliga eller olämpliga för ett visst område. De hydrogeologiska förhållandena och känsligheten styr också vilka skyddsåtgärder som kan behövas för att minska sannolikhet och konsekvens för att en förorening når grundvattnet.

3. Markvatten – Naturlig avrinning

I föreliggande rapport definieras naturlig avrinning som markvatten.

a. Lunsens ytavrinning in i planområdet

Lunsens markvatten ska delvis omdirigeras från dagens flödesvägar till ett större spridningsstråk och två mindre korridorer bestående av befintlig naturmark. Omdirigeringen av flödesvägarna beror på Lunsens geohydrologiska och hydrologiska förutsättningar, vilka behöver utredas ytterligare för att åstadkomma denna omdirigering. I dagsläget finns naturliga trösklar som till viss del ansamlar markvattnet och dessa kan potentiellt utnyttjas för att modifiera flödesvägarna vid en framtida utbyggnad.

För att styra ytvattenflödena och minimera grundvattenpåverkan kan vattenledare anläggas, det kan dock i sin tur medföra en risk att vid olika ytvattenflöden och grundvattennivåer genom att vattnet dämms uppströms, vilket också kan medföra en påverkan på Lunsen.

Genom bergschakt kan bergets spricksystem leda vatten från Lunsen till öppna schakter inom exploateringsområdet och på så sätt dränera området på lite större avstånd. Det behöver på ett bättre sätt redas ut hur de vattenledare som översiktligt nämns i underlaget ska utformas, dess syfte och vilka risker/problem som bör beaktas inför en tillämpning av en sådan teknisk lösning.

b. Naturlig avrinning genom planområdet

När markvattnet från Lunsen (och det markvatten som genereras i det gröna stråket och korridorerna) rinner genom planområdet i det större spridningsstråket och de två mindre gröna korridorerna ska det inte sammanblandas med dagvattnet från exploateringsområdet. Avgränsningen mellan markvattnets gröna flödesvägar ska avgränsas från inflöde av dagvattnet vid små och medelstora regn, detsamma gäller för det motsatta, att markvattnet inte ska nå dagvattensystemet. Vid skyfall är en viss sammanblandning acceptabel på grund av storleken på flödena. Markvattnets kulvertar och dagvattnets kulvertar särskiljs under järnvägen för att undvika sammanblandning.

4. Dagvatten

a. Avledning inom kvartersmark till dagvattensystem

Dagvattnet som genereras på kvartersmark ska fördröjas och renas enligt Uppsala Vattens riktlinjer om 20 mm nederbörd. Om kvartersmarkens dagvattenanläggningar följer riktlinjerna medför det att cirka 90 % av årsnederbörden kan omhändertas och renas. Sådana anläggningar bidrar också med robusthet och viktiga säkerhetsmarginaler i stadens dagvattenförande system. För att maximera infiltration och efterföljande perkolation till grundvatten förespråkas öppna gröna dagvattensystem som regnbäddar eller liknande.

b. Avledning inom allmän platsmark till FRI-systemet

FRI-systemet (gaturummets dagvattensystem) ska säkerställa att dagvattenflödet ut från exploateringsområdet inte ökar jämfört med befintligt flöde vid ett dimensionerande 20-årsregn med 10 minuters rinntid. FRI-systemet ska alltså omhänderta dagvattnet från gaturummet (allmän platsmark) och dagvattnet från kvartersmarken som överstiger fördröjningskapaciteten som härrör från kravet om fördröjning och rening av 20 mm nederbörd (för att fullständigt fördröja ett dimensionerande 20-årsregn inom exploateringsområdet). FRI-systemet ska eftersträva maximal infiltration för att åstadkomma perkolation som maximerar grundvattenbildningen. En maximal infiltration och fördröjning i FRI-systemet skapar också en tröghet i systemet som bidrar till att lågvattenflödet till Sävjaån är så högt som möjligt. Vid gränsområdena där bergsytan övergår i lerlagret kan uppsamling av dagvatten och skyfall vara fördelaktigt på grund av att där sker en stor del av grundvattenbildningen. All grundvattenbildning måste dock till fullo anpassas efter grundvattnets känslighetskarta. För att åstadkomma en rening av dagvattnet i två steg reserveras ytor för ytterligare rening och fördröjning nedström FRI-systemet innan utflöde till recipient.

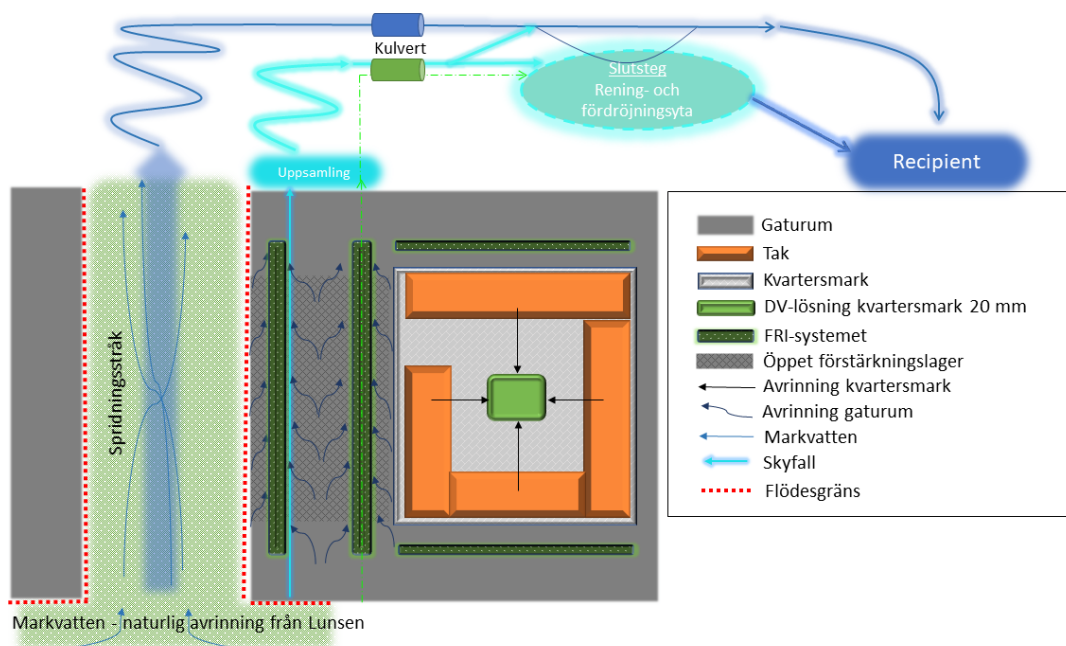
5. Skyfall

a. Skyfallsavrinningen från kvarter

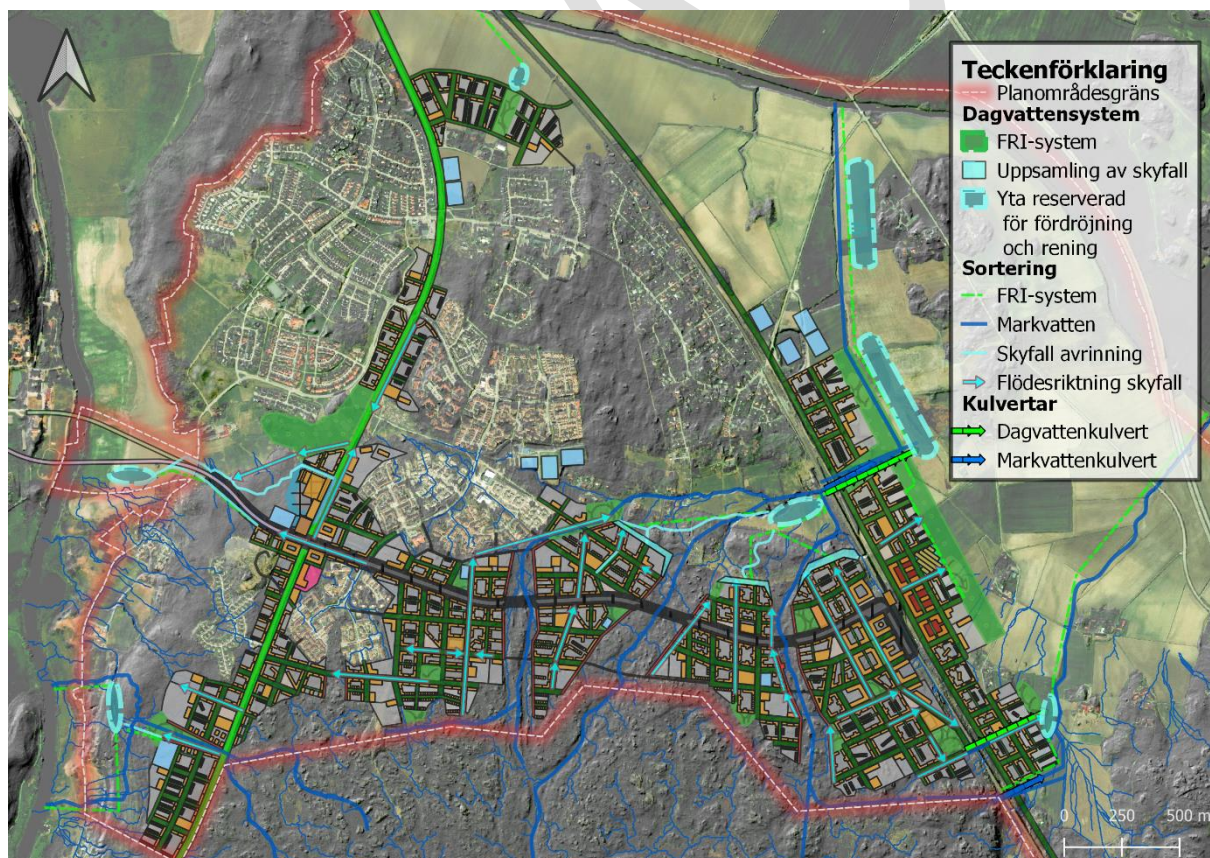
Vid skyfall eller kraftig nederbörd fylls dagvattensystemet på kvartersmarken och ytavrinning börjar ske, skyfallsavrinningen ut från kvartersmark ska då leda ut till gaturummet. För att undvika risker för människor samt byggnader ska ansamlingar av vatten undvikas vid fasader genom att byggnader ska höjdsättas ovan omkringliggande ytor. Kvartersmarken ska höjdsättas högre än gaturummet att allt skyfallsvatten ska nå ut i gaturummet.

b. Skyfallsavrinning från allmän platsmark

I gaturummet (allmän platsmark) ska höjdsättningen medföra robusta flödesvägar som säkerställer att skyfallsavrinningen på ett säkert sätt rinner ut från exploateringsområdet. Vid händelse av ett skyfall kan FRI-systemet hantera en del av ett skyfall i det öppna förstärkningslagret eller också så rinner vattnet vidare i låglinjen till nästa infiltrationspunkt, längre ned i systemet. Vid gränserna mellan exploateringsmark och icke-exploaterat området bör skyfallsvattnet hanteras genom ett riktat flöde mot möjliga översvämningsytor eller någon form av uppsamling som senare kan utnyttjas i stadsdelen.



Figur 12-1. Sydöstra stadsdelens vattenflödessystem presenterat schematiskt.



Figur 12-2. Sydöstra stadsdelens vattenflödessystem.

Del 4 – Vattenflödessystemets dagvattensystem

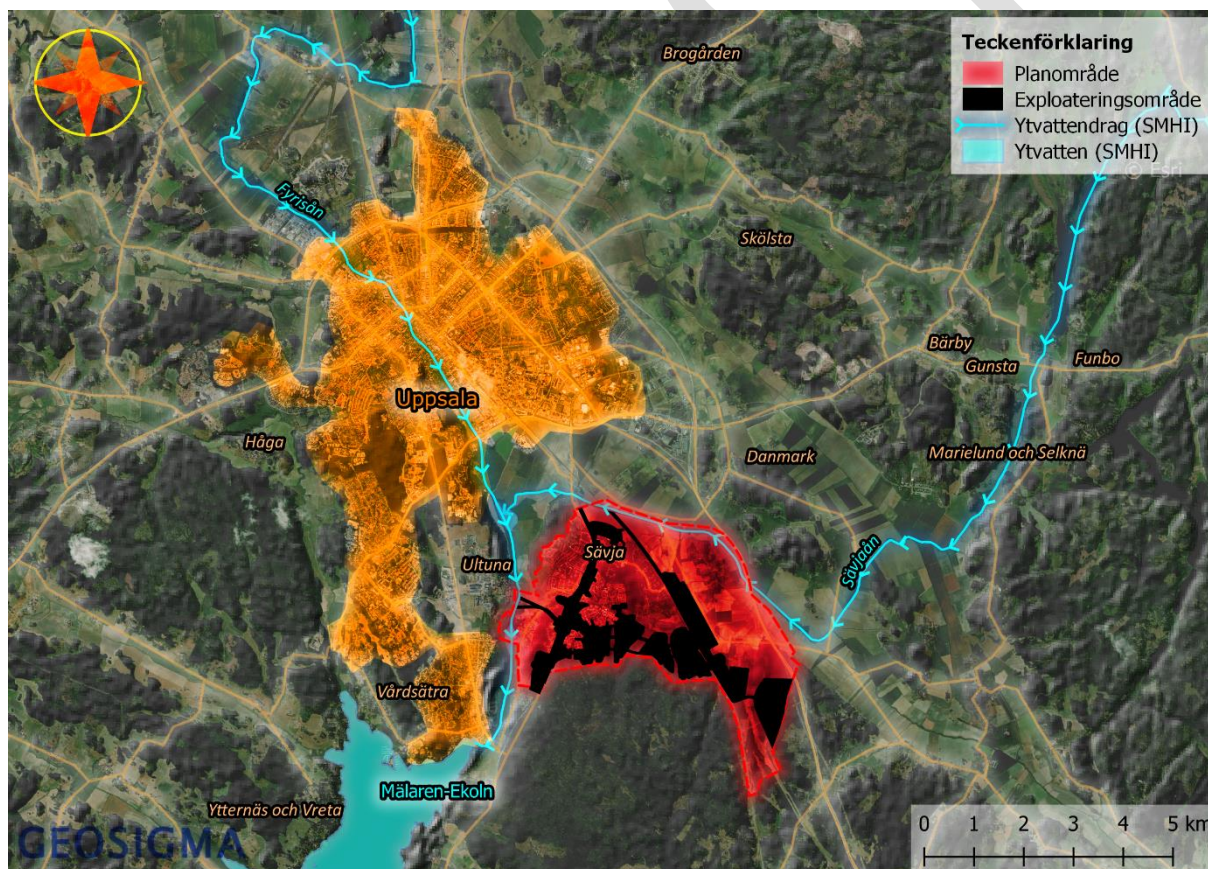
UTKAST

13 Dagvattensystemets förutsättningar

I följande avsnitt beskrivs planområdet, exploateringsområdet och dess omgivning, vilket skapar förutsättningarna för dagvattenhantering inom området. Sävjaåns och Lunsens Natura 2000-klassningar, tillsammans med Sävjaån och Fyrisåns miljö kvalitetsnormer, behandlas i sin helhet i kapitel 19.

13.1 Planområdet

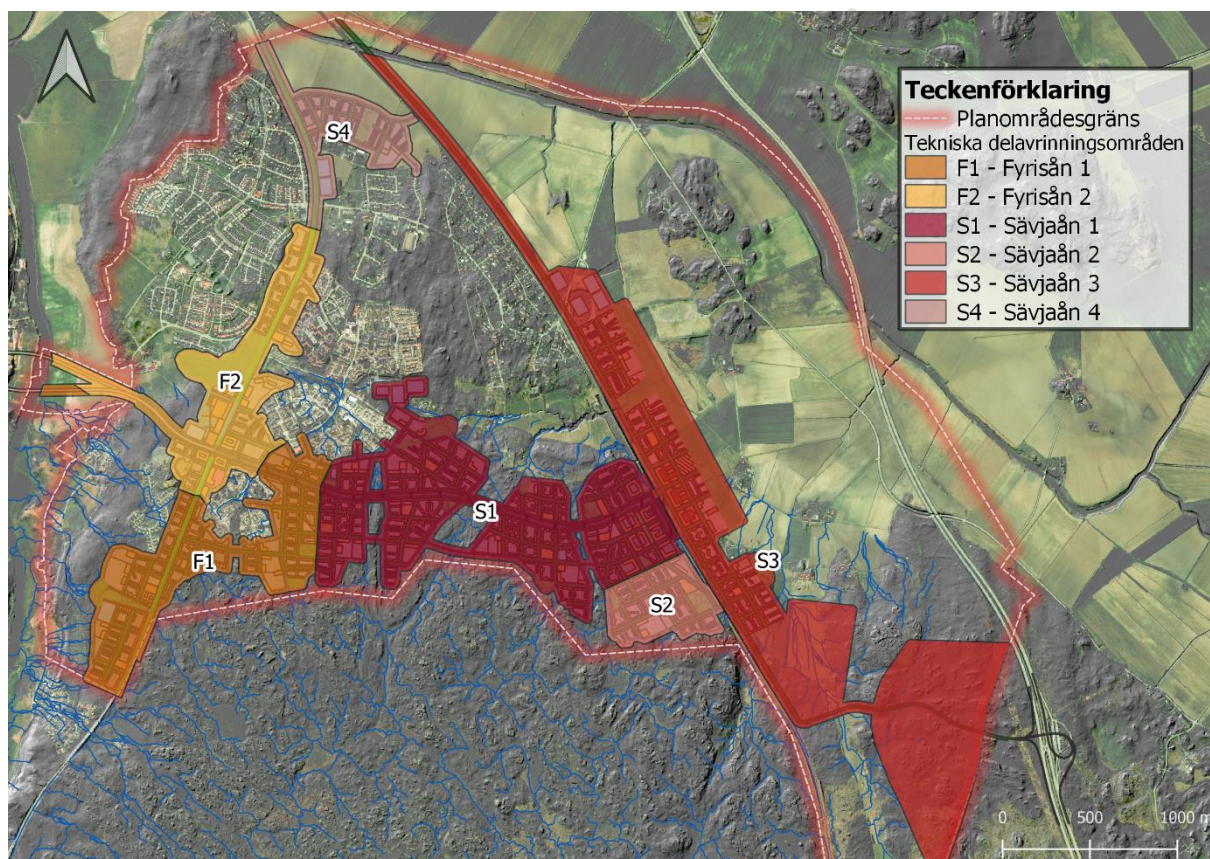
Planområdet ingår i den fördjupade översiktsplanen för den Sydöstra stadsdelen belägen söder om Uppsala mellan Fyrisån i väst och Sävja ån i nordöst. Söder om planområdet ligger det Natura 2000-klassade naturreservatet Lunsen. Inom planområdet ligger idag stadsdelarna Bergsbrunna, Nántuna/Vilan, Sävja och några mindre gårdsområden. Järnvägen mellan Uppsala och Stockholm delar upp området mellan den östra delen som domineras av åkermark och den västra delen som mestadels utgörs av skog och bebyggelse. Planområdet omfattar nästa 2000 hektar och dess lokalisering visas i Figur 13-1.



Figur 13-1. Planområdet och exploateringsområdet för den Sydöstra stadsdelen.

13.2 Avrinningsområden och tekniska delavrinningsområden

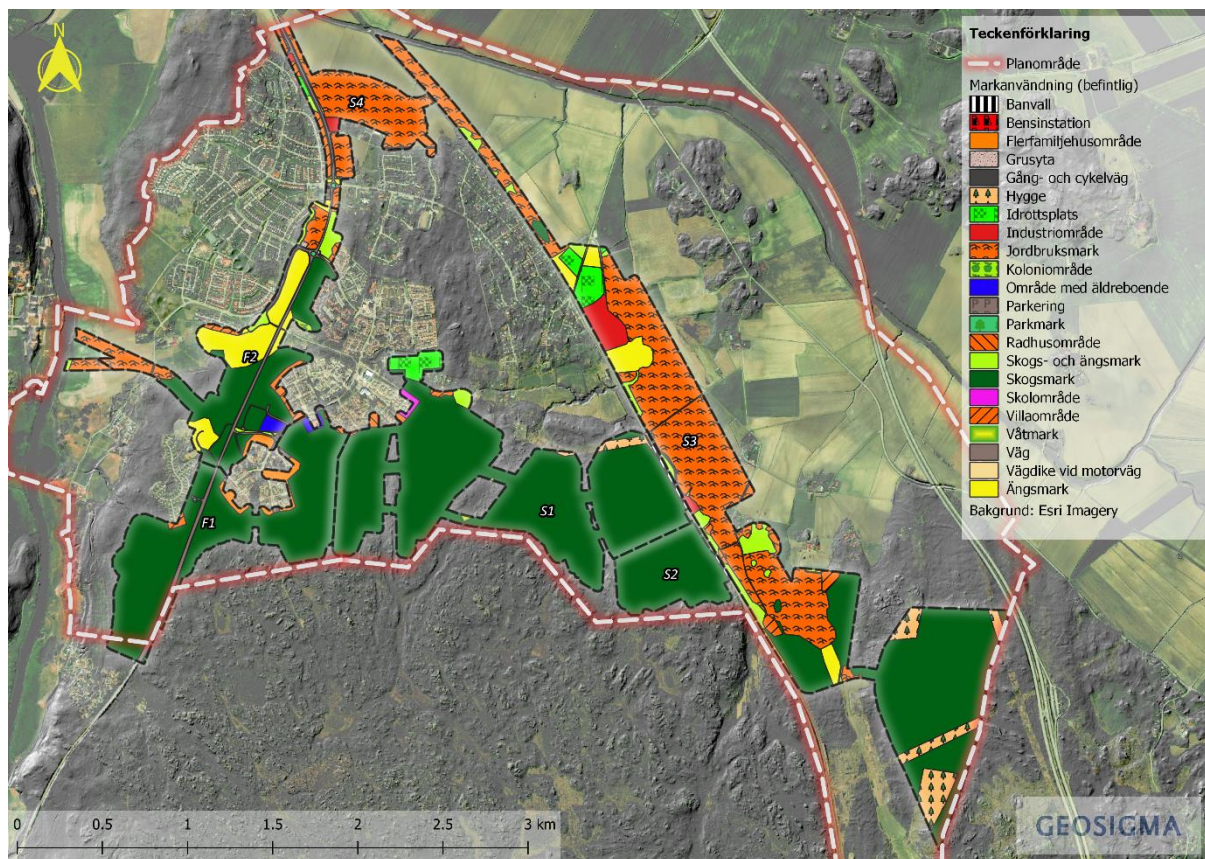
En sammanvägning av de naturliga avrinningsområdena, befintliga dagvattenledningar och framförallt höjdsättningen för exploateringsområdet har resulterat i fem delavrinningsområden, se Figur 13-2. Eftersom byggnationen i den nya strukturplanen ska anpassas efter topografin skiljer sig inte den framtida vattendelaren från den befintliga i speciellt stor utsträckning. Området är primärt uppdelat i två avrinningsområden som avvattnas till recipienten Fyrisån respektive Sävjaån. Avrinningsområdet för Fyrisån respektive Sävjaån är sedan uppdelade i flera mindre delavrinningsområden F1, F2 och S1 – S4. I Figur 13-2 redovisas de delavrinningsområden som har legat till grund för dagvattenberäkningarna i denna rapport.



Figur 13-2. Avrinningsområdet för Fyrisån (F1 och F2) och avrinningsområdet för Sävjaån (S1-S4)

13.3 Befintlig markanvändning

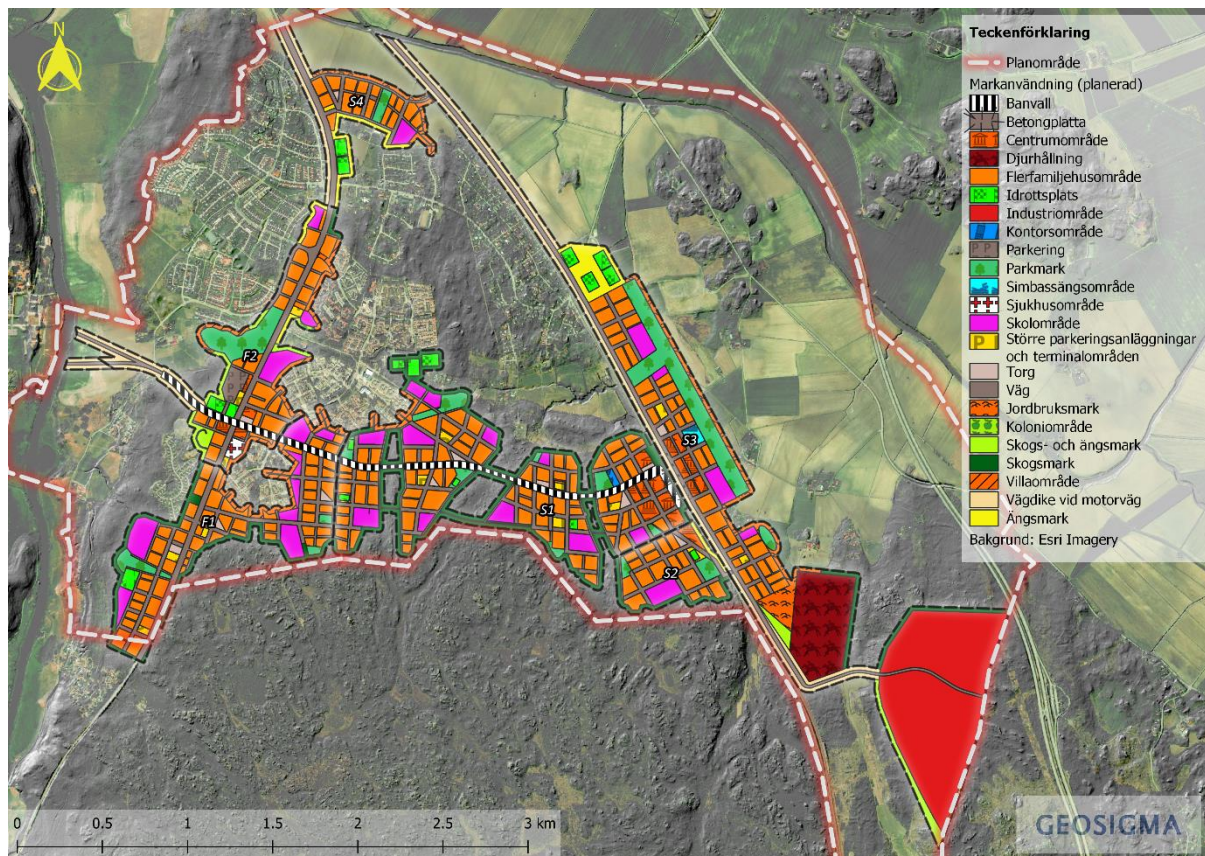
Markanvändningen för planområdet utgörs idag till stora delar av skog, åker, äng och gräsmark. Befintlig markanvändning visas i Figur 13-3. Bebyggelsen i Nåntuna/Vilan och Bergsbrunna består av villaområden och Sävja består mestadels av flerbostadshus.



Figur 13-3. Befintlig markanvändning inom planområdet för den Sydöstra stadsdelen.

13.4 Framtida strukturplan

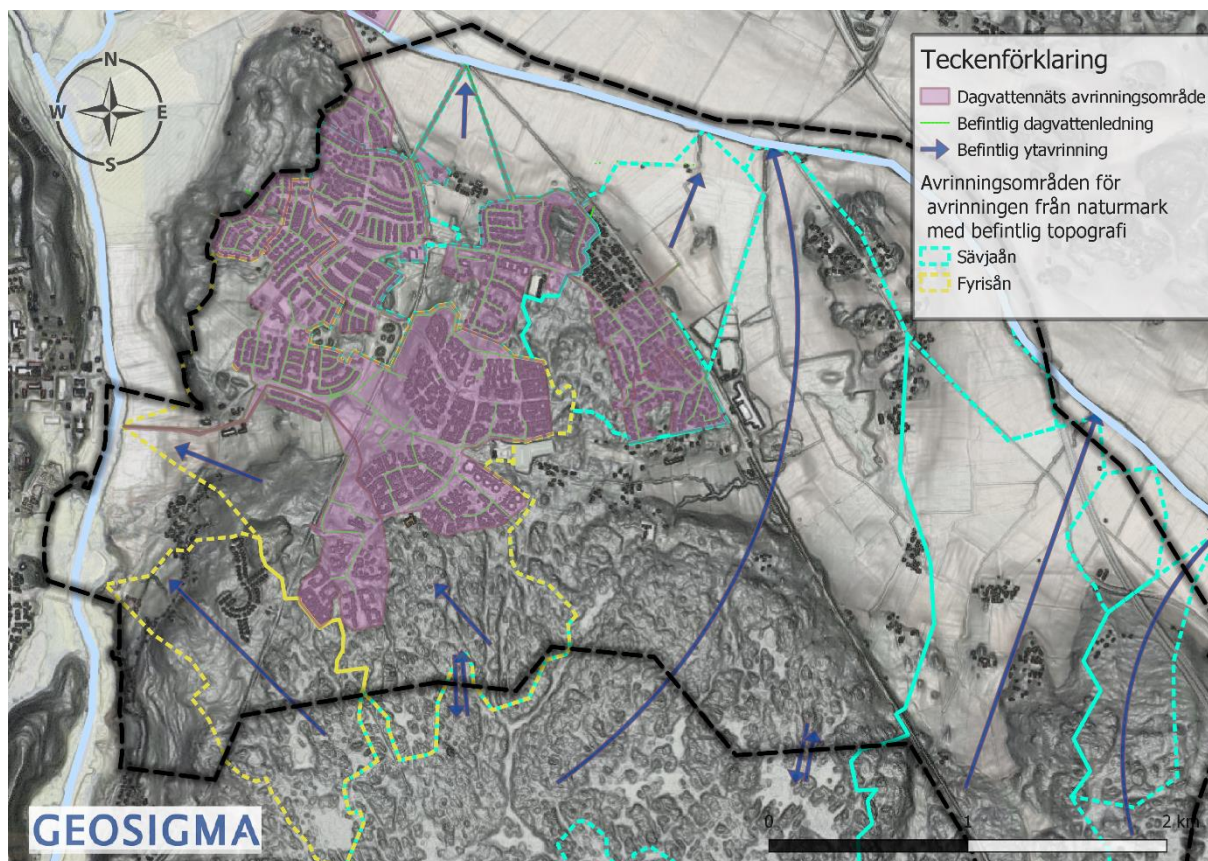
I den framtida strukturplanen (exploateringsområdet) är det planområdets södra del som kommer bebyggas med bland annat flerbostadshus, kontor, skolbyggnader och gator samt GC-banor. Marken som kommer utnyttjas är skogsmark och en del åkermark. Exploateringen visas i Figur 13-4.



Figur 13-4. Planerad markanvändning inom planområdet för den Sydöstra stadsdelen.

13.5 Översiktliga avrinningsförhållanden och befintliga dagvattenledningar

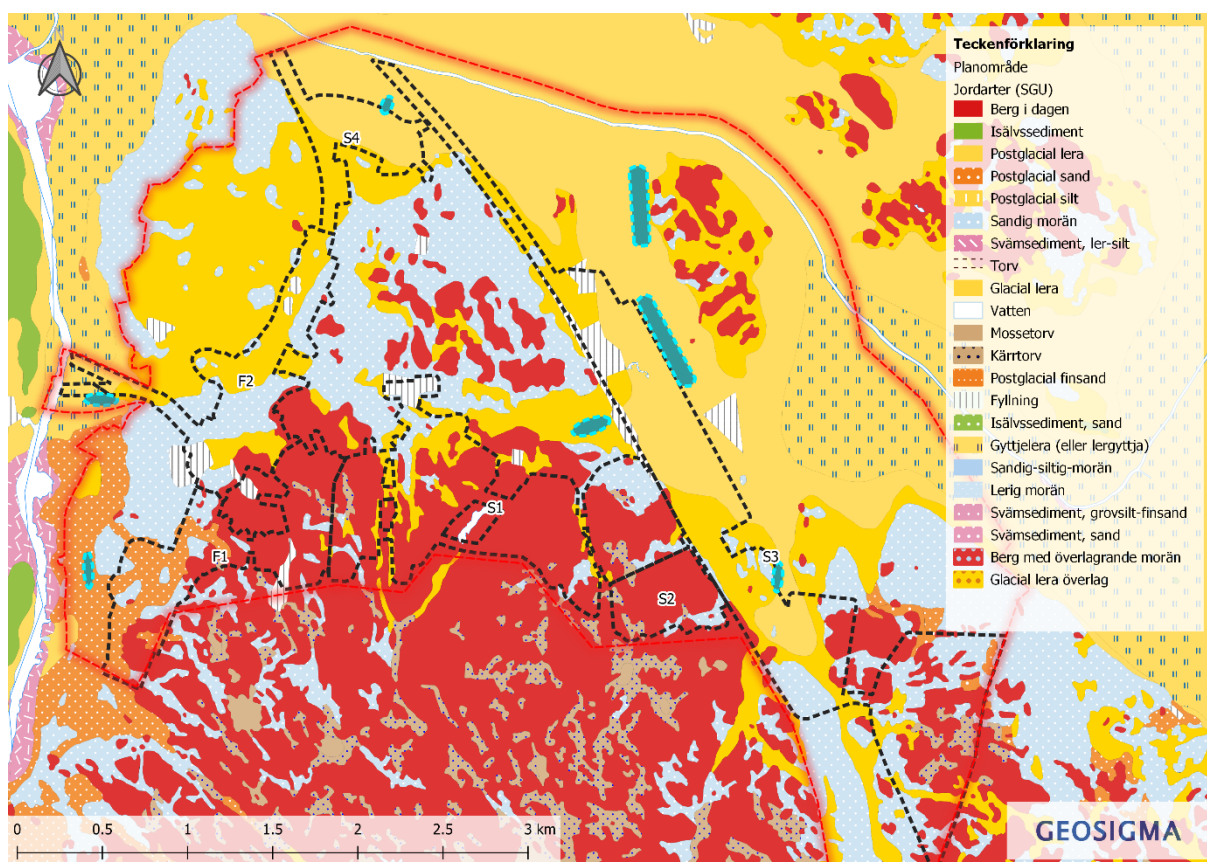
I Figur 13-5 visas planområdets topografi, naturliga avrinningsområden och befintligt dagvattennät. Planområdets västra del avvattnas till Fyrisån och områdets östra del avvattnas till Sävjaån. Dagvattennätet som finns på de bebyggda områdena avvattnas till både Fyrisån och Sävjaån och gör det utan någon betydande reningsinsats. Ytavrinningen från det Natura 2000-klassade naturreservatet Lunsen, söder om planområdet, sker norrut genom exploateringsområdet innan det når Fyrisån eller Sävjaån. Vissa oscillerande flödesrörelse har observerats vid våtmarker och hållgropar i närheten av planområdets södra gräns.



Figur 13-5. Dagvattenledningar med dagvattennätets avrinningsområde samt ytavrinning, enligt befintlig markanvändning.

13.6 Infiltrationsförutsättningar och geohydrologi

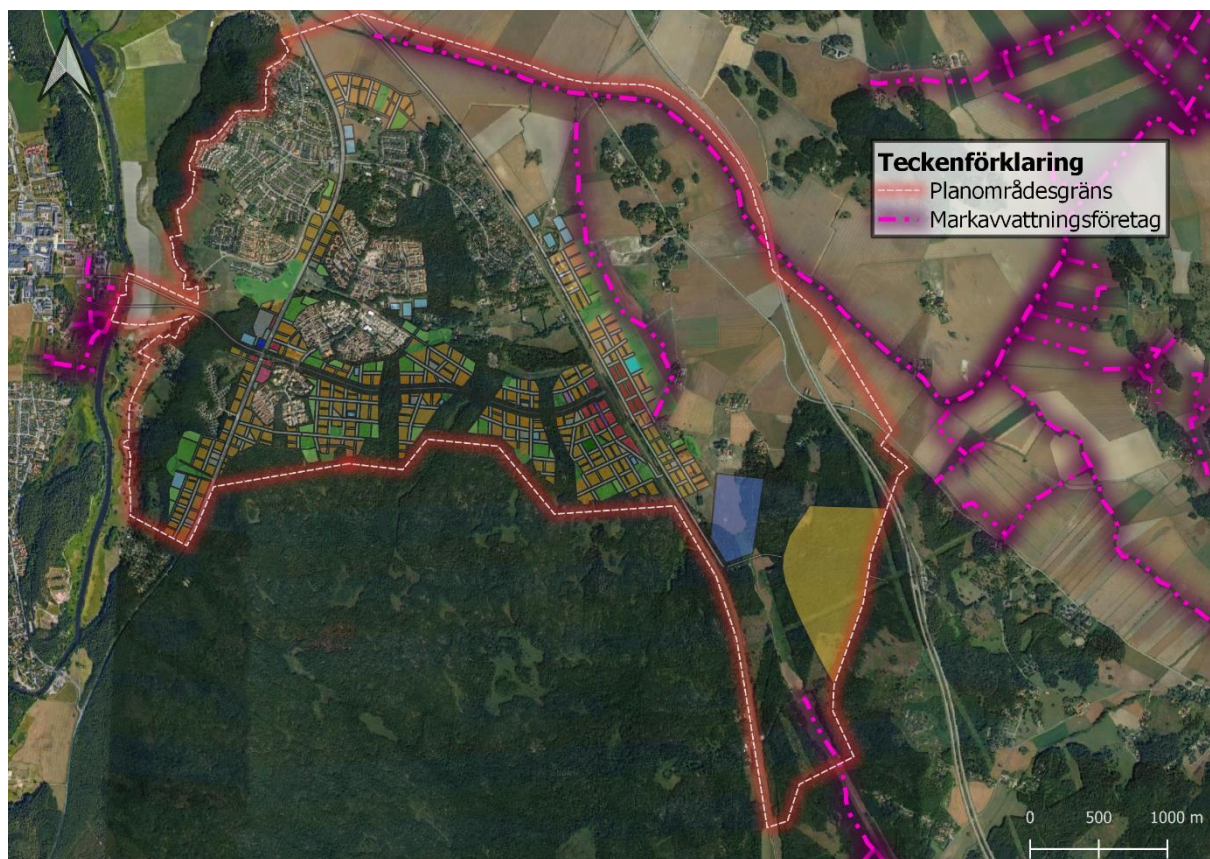
Enligt jordartskartan från SGU (Figur 13-6) består exploateringsområdets södra och centrala delarna av berg i dagen med ett ovanliggande moränlager vars mäktighet varierar mellan 0-3 meter. I den södra delen av området förekommer lager med mossetorv och kärrtorv som sträcker sig över ett omfattande område söder om planområdet. I den sydvästliga delen av planområdet förekommer svallsediment i form av postglacial sand. De norra delarna av planområdet domineras av glacial och postglacial lera med tydliga inslag av sandig morän och berg i dagen. Jorddjupet uppgår upp till 20 meter i den nordligaste delen av området och upp till 30 meter i östra och västra delarna av området. I allmänhet bedöms förutsättningarna för infiltration i planområdet som måttliga. Det är dock viktigt att påpeka att förutsättningarna varierar avsevärt inom olika delar av planområdet. I figuren ingår också förslagen på ytor för slutsteget (det andra fördröjning- och reningssteget).



Figur 13-6. Jordartskartan i skala 1:5 000 från SGU. Exploateringsområdets södra och centrala delar består av berg i dagen med ett ovanliggande moränlager vars mäktighet varierar mellan 0-3 meter.

13.7 Markavvattningsföretag

Figur 13-7 visar markavvattningsföretagen inom planområdet.



Figur 13-7. Markavvattningsföretag inom planområdet.

14 Flödesberäkningar

Dagvattenberäkningarna har utförts med syftet att undersöka hur dagvattenflödena inom exploateringsområdet förändras i samband med exploateringen och vilken renande fördröjningsvolym som krävs för att efterleva fördröjning- och reningskraven.

Dagvattenberäkningarna har endast gjorts inom exploateringsområdet (svart markering i Figur 13-1), medan flödesberäkningarna för det befintliga naturliga flödet har gjorts för hela planområdet (röd markering Figur 13-1).

Denna uppdelning beror på att det naturliga befintliga flödet inom planområdet utgör en grundförutsättning som exploateringsområdets vattenflödessystem ska anpassa sig efter.

Dagvattenberäkningarna genomförs endast för exploateringsområdet eftersom det är där den förändrade markanvändningen sker. Befintlig bebyggelse inom planområdet ingår varken i flödesberäkningen av naturligt befintligt flöde eller i dagvattenberäkningarna. Detta på grund av att metoden som använts för det naturliga flödet inte tar hänsyn till bebyggelse i sin metod och rörande dagvattenberäkningarna ingår i princip ingen befintlig bebyggelse finns inom exploateringsområdets utbredning.

Tabell 14-1 visar dagvattenflöden för befintlig och planerad markanvändning inom exploateringsområdet samt fördröjningsvolymerna för respektive delavrinningsområde uppdelat på allmän platsmark och kvartersmark.

14.1 Dimensioneringsförutsättningar

Dagvattenberäkningar har beräknats efter följande riktlinjer:

1. All kvartersmark inom exploateringsområdet ska fördröja och rena 20 mm nederbörd i enlighet med Uppsala kommuns riktlinjer.
2. Dagvattenflödet ut från respektive avrinningsområde och delavrinningsområde får inte öka jämfört med befintlig situation vid ett dimensionerande 20-årsregn med 10 minuters varaktighet. Detta i enlighet med de föreskrifter för tätbebyggelse som finns i Svenskt Vattens publikation P110.

Eftersom kravet om fördröjning av 20 millimeter på kvartersmark inte fördröjer tillräckligt för att flödet vid ett dimensionerande 20-årsregn (varaktighet 10 minuter) ska fördröjas ner till befintligt flöde till fullo behöver gatumarkens FRI-system dimensioneras efter denna förutsättning. Det betyder att FRI-systemet i gatumarken ska dels dimensioneras utifrån att dagvattenflödet från allmän platsmark får inte öka jämfört med befintlig situation, dels ska gatumarkens FRI-system hantera den fördröjningsvolym som behövs att flödet inte ska öka från kvartersmarken. Riktlinjen om fördröjning och rening av 20-millimeter nederbörd medför som sagt inte att flödet fördröjs ner till befintligt flöde, vilket medför att FRI-systemet måste tillgodose detta fördröjningsbehov. FRI-systemets regnbäddar kan dimensioneras för större regn för att öka systemets kapacitet att omhänderta skyfall.

3. Ytorna i slutsteget (det andra renings- och fördröjningssteget) ska dimensioneras utifrån 20 mm nederbörd på all kvartersmark.
4. Kulvertarna under järnvägen ska dimensioneras utifrån ett 100-årsregn för att ett skyfall ska kunna ledas vidare utan att ansamlas vid järnvägen.

5. Vattenflödessystemet och dagvattensystemet ska efterleva Sävjaåns flöderegim, vars lågflöden inte får minska. Följaktligen beräknas planområdets befintliga naturliga flöden för att ha som utgångspunkt för dagvattensystemets framtida utflöde.

I enlighet med vad som föreskrivs i Svenskt Vattens publikation P110 har ett dimensionerande 20-årsregn med 10 minuters varaktighet använts för beräkning av dimensionerande flöden. Denna nederbördsnivå används för att dimensionera dagvattensystemet på en rimlig nivå där relativt stora regn ska kunna omhändertas av valt dagvattensystem. 10 minuters rinntid har valts eftersom dagvattnet ska en kort rinnsträcka till närmaste dagvattenanläggning i det förslagna dagvattensystemet. För att vattenbalansen ur ett dagvattenperspektiv ska bevaras ska dagvattensystemet kunna utjämna flödet och strypa utflödet till ett flöde som motsvarar nuvarande flöde till recipienten. Om dagvattensystemet kan omhänderta och utjämna ett dimensionerande 20-årsregn kommer avrinningen av dagvatten inte bidra till en ändrad flödesregim i recipienten när regnen understiger ett 20-årsregn. Se bilaga 5 för ytterligare metodbeskrivning.

14.2 Resultat - Dagvattenberäkning

Tabell 14-1 visar arean och reducerad area för befintlig markanvändning och planerad markanvändning inom uppdelat på delavrinningsområde, avrinningsområde och hela exploateringsområdet. Efter som i princip ingen befintlig bebyggelse ingår i exploateringsområdet ingår dessa inte i dagvattenberäkningarna. Beräkningarna utgår från situationsplanens uppdelning mellan kvartersmark och allmän platsmark, denna uppdelning visas också i tabellen och är avgörande för dagvattensystemets dimensionering inom respektive markkategori (kvartersmark/ allmän platsmark). Den reducerade arean är den hårdgjorda ytan som genererar en visst dagvattenflöde som behöver fördröjas och renas av dagvattensystemet. Dessa fördröjningsvolym (med rening) har beräknats enligt riktlinjerna om fördröjning och rening av 20 mm nederbörd på kvartersmark och enligt fördröjningsbehovet för ett dimensionerande 20-årsregn på allmän platsmark. Dessa fördröjningsvolym anges i den högra kolumnen i Tabell 14-1 och visar hur stor den erforderliga renande fördröjningsvolymen behöver vara inom respektive delavrinningsområde, avrinningsområde och inom hela exploateringsområdet, uppdelat på kvartersmark och allmän platsmark. I tabellen visas också hur stor flödesökningen blir i samband med exploateringen utan dagvattenanläggningar som fördröjer dagvattnet.

Tabell 14-1. Beräknad area, reducerad area, dimensionerande fördörjningsvolym (V_{dim}), samt dagvattenflöden (med och utan fördörjning) för respektive tekniskt delavrinningsområde (TD) och för befintlig samt planerad markanvändning, uppdelad på allmänplatsmark (AP; gaturum) samt kvartersmark (KV; övrig markanvändning).

TD	Area (ha)			Reducerad area (ha)			Flöde vid ett dimensionerande 20-årsregn (L/s)				Renande fördörjningsvolym (m ³)			
	AP	KV	Summa	AP	KV	Summa	AP	KV	Summa	% ^b	AP ^c	KV ^d	Summa	
Befintlig	F1	19	55	74	3	5	8	885	1285	2170	-	-	-	
	F2	12	51	63	4	5	9	1004	1493	2497	-	-	-	
	Fyrisån	31	106	137	7	10	17	1889	2778	4667	-	-	-	
	S1	31	98	129	2	6	8	454	1837	2291	-	-	-	
	S2	7	18	25	1	1	2	111	289	400	-	-	-	
	S3	24	168	192	3	16	19	826	4460	5286	-	-	-	
	Sävjaån	71	306	377	8	26	34	2056	7484	9540	-	-	-	
Exploateringsområde	10	503	513	8	40	48	2294	11 464	13 758	-	-	-		
Planerad	F1	19	55	74	16	14	30	4452	4848	9300	329	3760	2707	6467
	F2	12	52	64	10	14	24	2816	5058	7874	215	1265	2823	4088
	Fyrisån	31	107	138	26	28	54	7268	9906	17 174		5025	5530	10 555
	S1	30	98	128	16	14	30	7053	9285	16 338	613	8798	5183	13 981
	S2	7	18	25	10	14	24	1703	1584	3287	722	2001	884	2885
	S3	24	168	192	19	43	62	5410	15 284	20 694	291	3567	8532	12 099
	Sävjaån	70	306	376	52	75	127	16 248	27 639	43 887	-	14 983	15 429	30 412
Exploateringsområde	101	413	514	82	105	187	29 378	37 618	66 996	-	19 542	21 000	40 967	

^aFör beräkning av dagvattenflöden enligt planerad markanvändning så har en klimatfaktor om 1,25 använts (1,0 för befintlig markanvändning)

^bFörändring i dagvattenflöden gentemot dagvattenflöden vid befintlig markanvändning

^cDimensionerande fördörjningsvolym för allmän platsmark (AP) har beräknats som differensen mellan erforderlig fördörjningsvolym för respektive tekniskt delavrinningsområde enligt P110 och den dimensionerande fördörjningsvolymen för kvartersmarken enligt ett fördörjningskrav om 20 mm

^dDimensionerande utjämnings för kvartersmark (KV) har beräknats enligt ett fördörjningskrav om 20 mm (antaget en ökad rinntid om 15 minuter)

^eInget tekniskt delavrinningsområde ingår i det naturliga avrinningsområdet "Sävjaån 5"

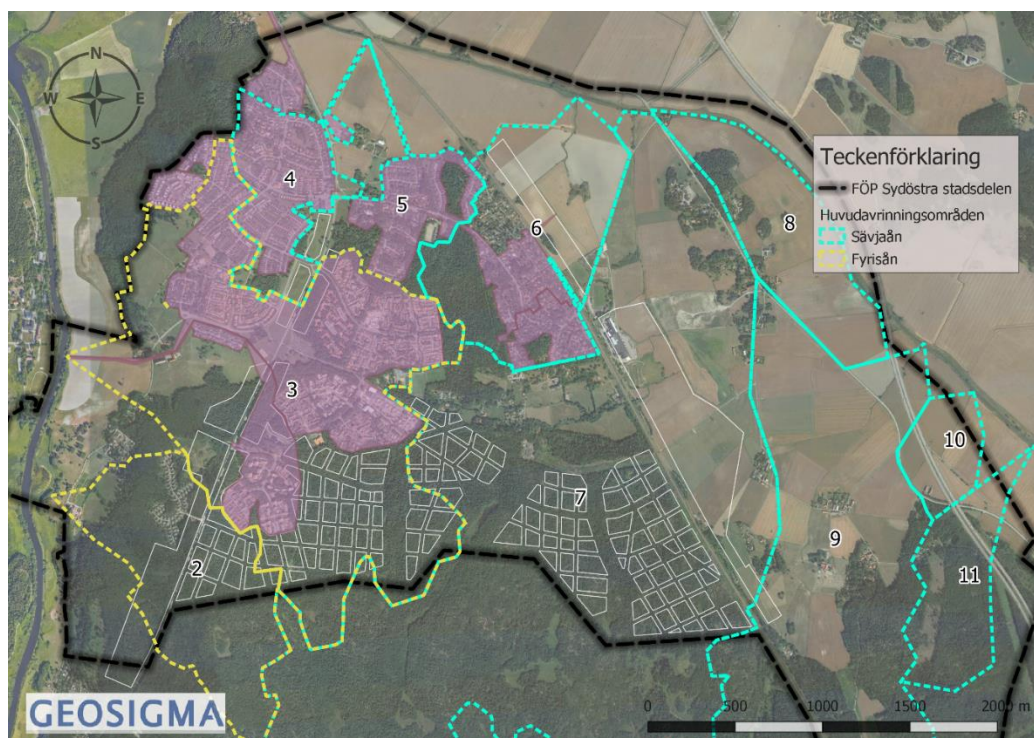
^fP = planområdet (de delar av planområdet som ingår i ett tekniskt delavrinningsområde)

14.3 Naturliga flöden

Eftersom exploateringen av Sydöstra stadsdelarna behöver ta hänsyn till Sävjaåns Natura 2000-klassning och dess medföljande krav, vilket innebär att flödesregimen inte får förändras, bör analysen ta hänsyn till de nuvarande naturliga flödena till Sävjaån. Särskilt flödena vid lågflödena som inte får minska som konsekvens av exploateringen.

Ekologigruppen AB har beräknat karakteristiska flödena från Fyrisåns och Sävjaåns avrinningsområden inom planområdet till respektive recipient enligt Trafikverkets publikation MB 310 (2014 Version 3,0). Flödesmönstret från de naturliga avrinningsområdena omfattar såväl exploaterade som oexploaterade områden och påverkas starkt av hur dagvattenflödena varierar. För att få en rättvis bild av de totala flödena från avrinningsområdena behöver de beräknade naturmarksflöden kompletteras med dagvattenberäkningar.

De naturliga flödena, presenterade i Tabell 14-2 visar att utflödet till Sävjaån är 100 l/s vid medelflödet. Utflödet på 100 l/s överstiger sannolikt lågflödet som inte bör understigas, men ytterligare utredning behövs för att precisera ett värde för lågflödet till Sävjaån. För Fyrisån uppgår medelutflödet till 32 l/s. I Figur 14-1 visas de naturliga avrinningsområdena till Fyrisån och Sävjaån.



Figur 14-1. Naturliga avrinningsområden för Fyrisån och Sävjaån.

Tabell 14-2. Karakteristiska naturliga flöden inom planområdet. Källa: Ekologigruppen.

HARO ID	Area [ha]	Area [km2]	MQ [l/s]	MHQ [l/s]	HQ50 [l/s]	HQ50mom[l/s]	HQ200 [l/s]
2	105	1.1	8	128	591	827	709
3	302	3	24	384	1192	1669	1430
Fyrisån naturligt flöde	407	4.1	32	512	1783	2496	2139
4	51	0.5	4	64	427	598	512
5	47	0.5	4	64	413	578	496
6	113	1.1	9	144	616	862	739
7	629	6.3	50	800	2190	3066	2628
8	71	0.7	6	96	488	683	586
9	263	2.6	21	336	1071	1499	1285
10	24	0.2	2	32	344	482	413
11	49	0.5	4	64	419	587	503
Sävjaån naturligt flöde	1247	12.4	100	1600	5968	8355	7162
Totalt	1654	16.5	132	2112	7751	10 851	9301

15 Dagvattensystemet i Sydöstra stadsdelen

Sydöstra stadsdelen i Uppsala ska bidra till att skapa en ny helhetssyn där FRI-systemet ska kombineras med nu känd teknik och framtidens tekniska yteffektiva system med olika reningsfunktioner och filterlösningar. Planområdets storlek och recipienternas sårbarhet medför att konventionell dagvattenhantering riskerar att bli otillräcklig utifrån hårdare miljökrav och krav på hushållande av vatten. Därför behöver stadsdelen ett nytt dagvattensystem där dagvattnet nyttjas och behandlas som en värdefull resurs.

Om nyttjandet av dagvattnet kan skapa ett attraktivt grönt gaturum har det en positiv effekt på stadsdelens lokalklimat med sänkta temperaturer samtidigt som ekosystemtjänster gynnas. Samtidigt som dagvattensystemet bidrar till en attraktiv och klimatneutral stadsdel så måste ett nytt dagvattensystem säkerställa att recipienternas miljö kvalitetsnormer uppnås och att Natura 2000-områden inte påverkas.

För att nå upp till en ny helhetssyn krävs innovativa och yteffektiva lösningar och där föreslaget dagvattensystemet ska visa en visionär riktning för framtidens hållbara dagvattensystem. I Sydöstra stadsdelens dagvattensystem kombineras gaturummets FRI-system och kvarteretsmarkens dagvattenanläggningar med innovativa tekniska reningsystem i slutsteget av systemet. Ett heltäckande FRI-system står för fördröjning, rening samt infiltration samtidigt som yteffektiva tekniska reningsystem säkerställer att en tillfredställande reningsnivå uppnås för att lämna miljö kvalitetsnormer och lämna Natura 2000-områden opåverkade.

Dagvattensystemet i Sydöstra stadsdelarnas gaturum benämns FRI-systemet där F står för fördröjning, R för rening och I för infiltration. Genom en effektiv infiltration skapar FRI-systemet förutsättningar för vegetation i gaturummet, vilket positivt för stadsdelens lokalklimat, den urbana biologiska mångfald samt stadsbildens ekosystemtjänster. Genom att maximera infiltrationen i gaturummet kan skapas förutsättningar för dagvattensystemet att motverka flödestoppar och flödesdalar, vilket är nyckeln för att efterlikna ett naturlig avrinning.

I syfte att skapa ett långsiktigt hållbart nyttjande av dagvattnet inom Sydöstra stadsdelen och samtidigt följa Uppsala kommuns dagvattenstrategi föreslås att dagvattnet från kvarteren utjämnas enligt rådande riktlinjer och att FRI-systemet används i gaturummet. Utflödet från detta heltäckande system inom stadsdelen leds till kombinerade yteffektiva tekniska system och tillsammans kan hela dagvattensystemet säkerställa en jämn flödesregim och låg föroreningsbelastning. Därtill ska det finnas möjligheter till återbruk av dagvatten som kan ingå i ett cirkulärt system som nyttjar dagvattnet effektivt.

FRI-systemet i gaturummet tillsammans med kombinerade tekniska dagvattenkonstruktioner bedöms vara det mest ändamålsenliga systemet för den Sydöstra stadsdelens behov. Slutsteget i systemet är en kombination av tekniska reningsystem och fördröjande anläggningar. Ett tekniskt reningsystem är yteffektivt och kan säkerställa att utflödet inte överstiger reningskrav, både nuvarande och framtida.

Vattenflödessystemets dagvattendel för den Sydöstra stadsdelen visas schematiskt i kartan presenterad i Figur 15-1. I samband med detaljprojektering i senare skeden av planprocessen kan

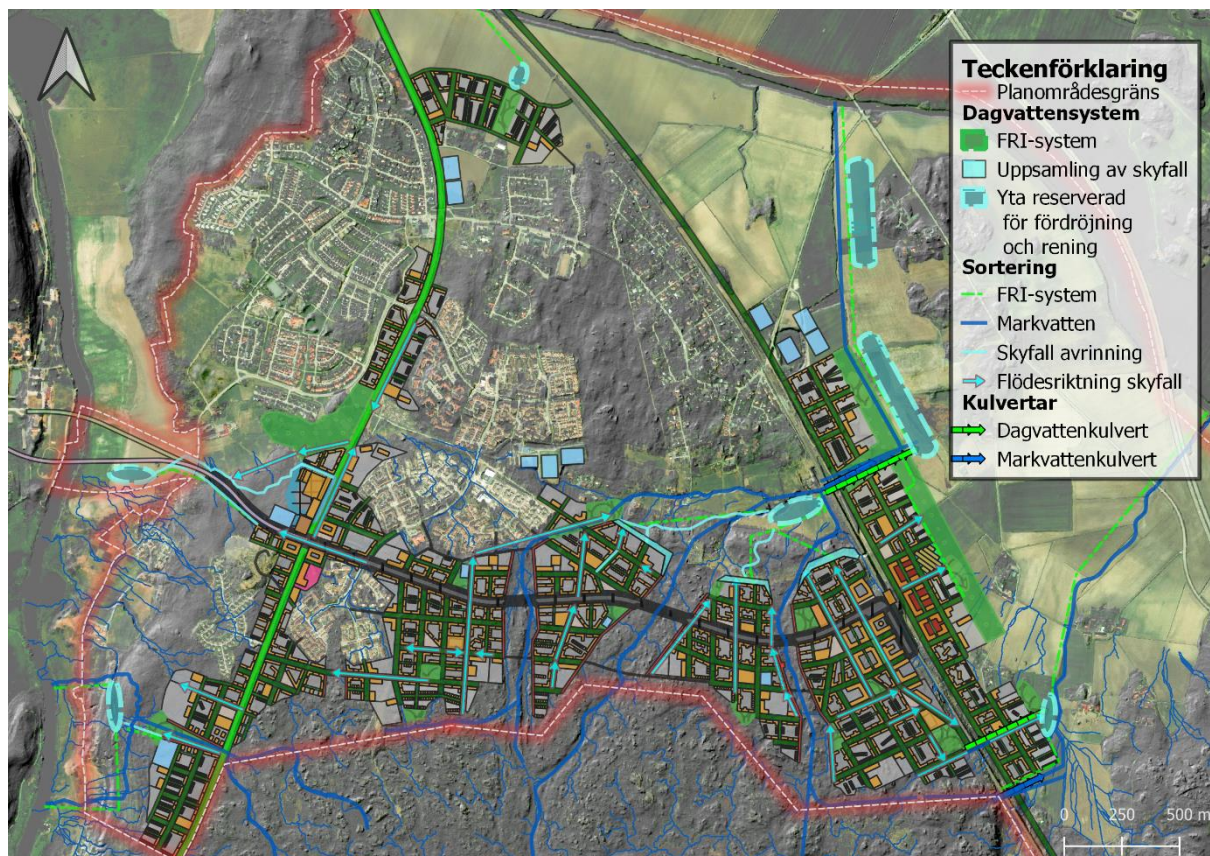
föreslagen dagvattenhantering justeras med hänsyn till blivande höjdsättning och markplanering. Nedan följer en beskrivning av dagvattensystemet i den Sydöstra staden i punktform.

15.1 Dagvattensystemet

- I gaturummet benämns föreslaget dagvattensystem som FRI-systemet, där F står för fördörjning, R för rening och I för infiltration. Detta system utgör tillsammans med kvartersmarkens egna dagvattenlösningar det första fördörjning- och reningsteget.
- Rådande fördörjnings- och reningskrav ska uppnås genom att maximera dagvattnet som infiltrerar i FRI-systemets infiltrerbara ytor (regnbäddar, se Figur 15-2). En genomtänkt höjdsättning ska åstadkomma att så mycket som möjligt av dagvattnet når de infiltrationsbara ytorna vilket medför en maximal fördörjning och rening. Efter infiltration ner genom i dagvattenanläggningarnas yta kan vattnet perkolera ner genom anläggningens porösa mäktighet och vidare ner för att bidra till grundvattenbildningen, förutsatt att dagvattenanläggningen inte ligger på zon med hög känslighet.
- Om allt dagvattnet som uppstår avrinner till FRI-systemets infiltrerbara ytor maximeras utnyttjas systemets effekter till fullo. Med ett optimalt inflöde till dagvattenanläggningarna erhålls den mest effektiva reningen, som är ett måste för att uppnå recipeinternas miljö kvalitetsnormer. Med en effektiv ytavrining till dagvattenanläggningarna, och därmed hög infiltration, skapas en fördörjning i systemet som är till god för att förhindra ett alltför lågt utflöde till recipienten i samband med perioder av lågflöden. Detta är av vikt för att efterleva lågflödeskravet kopplat till Sävjaåns Natura 2000-klassning. Dagvattensystemet ska alltså i så hög grad som möjligt motverka skillnaden mellan högflödestoppar och lågflödesdalar. En maximerad infiltration av dagvatten in i FRI-systemet skapar således förutsättningar för flödesreglering och säker grundvattenbildning.
- FRI-systemet är ett öppet dagvattensystem som strävar efter att uppnå maximal infiltration i gaturummet. Förenklat är detta ett system med regnbäddar i gatans uppbyggnad som har ett poröst öppet förstärkningslager (ÖF) där det också finns ett dränerande ledningssystem. Systemet ska anpassas för kolinlagring av biokol i enlighet till kommunens miljö- och klimatprogram.
FRI-systemet kommer byggas med öppen botten för att eftersträva maximal perkolation och grundvattenbildning till grundvattenmagasin i friktionsjord. Perkulationsförutsättningarna är goda där jorden består av sandig morän men på områden med tätt berg är perkolation inte möjlig. Där FRI-systemet anläggs sammanhållande på tätt berg kan systemet skapa ett "artificiellt" grundvattenflöde där vattnet transporteras i botten på den öppna förstärkningslagret tills det når en markyta som tillåter perkolation ner till grundvattnet. FRI-systemet drivs av gravitationen och behöver en lutning (som helst inte ska överstiga 5 promille) för att driva vattnet framåt i systemet.
- FRI-systemet i gaturummet ska säkerställa att flödet vid ett dimensionerande 20-årsregn vid 10 mintersvaraktighet inte ska överstiga befintligt flöde ut ur exploateringsområdet.
- FRI-systemet är en förutsättning för att bilda ett grönt gaturum som temperaturreglerar stadsdelen och bidrar till ett bättre lokalklimat. En variant av FRI-systemet med tät botten har tidigare anlagts i stadsdelen Rosendal i Uppsala.

- Kvartersmarken åläggs med fördröjningskravet om 20 millimeter omhändertagen nederbörd i enligt Uppsala kommuns riktlinjer.
- Topografin i delavrinningsområdets norra del medför möjligheter till att samla upp dagvatten och skyfall.
- Skyfallshanteringen inom exploateringsområdet sker genom en höjdsättning som både medför en infiltration till FRI-systemets öppna förstärkningslager i gatan och tydliga robusta sekundära avrinningsvägar.
- Dagvattnet och markvattnet bör ledas i separata kulvertar under järnvägen.
- Innan dagvattnet når recipeinternas leds det till ytor där det finns möjlighet att använda fördröjande reningsfunktioner och innovationer för tekniska reningsfunktioner. Detta är det andra fördröjnings- och reningssteget som benämns *slutsteget*.
- Fördelen med tekniska reningsfunktioner i slutsteget av dagvattensystemet är att en effektiv rening av nuvarande och framtida föroreningar kan genomföras på ett yteffektivt sätt. Ett renande slutsteg medför också att eventuellt dagvatten som på grund av höjdsättningen inte runnit till den lokala anläggningarna renas innan utflöde till recipient. De yteffektiva reningsfunktionerna kan samspela med en dagvattendamm och en våtmark för att säkerställa en effektiv fördröjning vid stora flöden.
- Den naturliga avrinningen som rinner norrut från Lunsen leds via ett stort spridningsstråk och två mindre gröna korridorer, båda bestående av naturmark. De gröna stråket och och korridorerna är leder av naturmark, med inslag av parkmark, som korsar stadsdelen. Stråken är viktiga för arter i Natura 2000-området.
- Takytan på de planerade byggnaderna inom kvarteren genererar en stor mängd dagvatten som måste omhändertas. Detta dagvatten kan nyttjas genom att bevattna vegetationen på kvartersmarken eller i gaturummet och FRI-systemet. Ett annat sätt att utnyttja regnvattnet som faller på taken är att samla upp det och använda det för att spola toaletterna i byggnaden. Innovativa lösningar krävs för att på riktigt nyttja resursen dagvatten. Samlas dagvattnet upp i en ändamålsenlig behållare finns det stor potential att bruka denna resurs.

Sammanfattningsvis så visar Figur 15-1 på ett översiktligt plan hur Sydöstra stadsdelens dagvattensystem är uppbyggd rent principmässigt. Kvartersmarken renar och fördröjer 20 mm nederbörd medan gaturummets FRI-system (gaturummet har grön markering i figuren för att visualisera systemet) omhändertar resterande dagvatten för att utflödet inte ska öka vid ett dimensionerande 20-årsregn. Figur 15-1 visar också ytorna (turkos markering) där det finns potential för att samla upp skyfall samt ytor som anses mest fördelaktiga att reservera för att sedan kunna använda dess för fördröjning och rening. Dessa ytor (mörkt turkosa i figuren) visualiserar alltså systemets slutsteg. Vidare demonstrerar Figur 15-1 sorteringen av dagvattnets, markvattnets och skyfallets rinnvägar genom och ut från exploateringsområdet. De blå flödeslinjerna visar hur markvattnet rinner in från Lunsen och genom planområdet vidare till respektive recipient. De turkosa pilarna visar vilken riktning flödet från ett skyfall ska rinna ut ur exploateringsområdet. Slutligen åskådliggör figuren placeringen av dagvattnets och markvattnets kulvertar under järnvägen.



Figur 15-1. Principiell skiss över dagvattensystemet i Sydöstra stadsdelen.

15.2 Ytanspråk och dimensionering

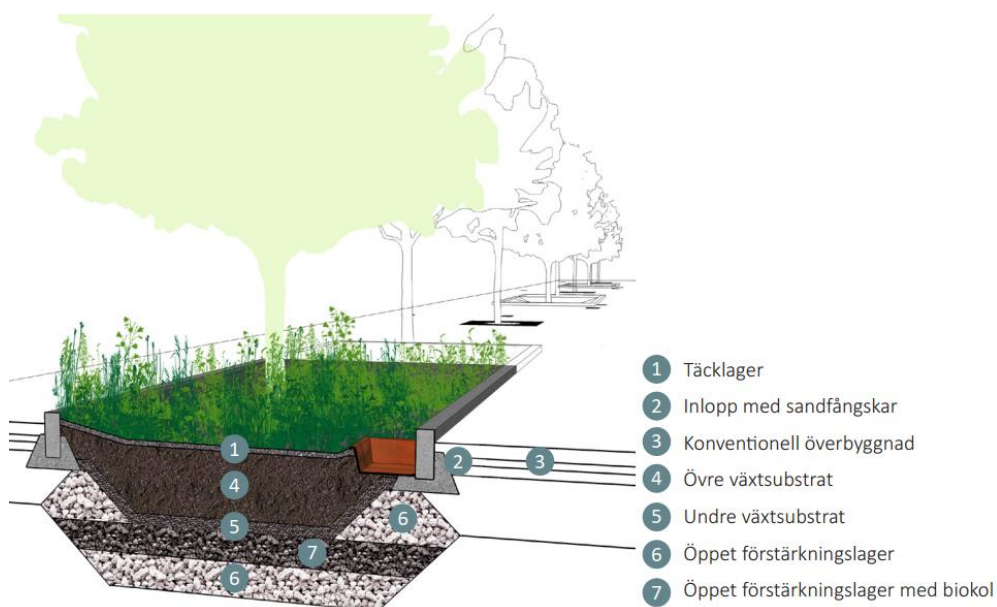
I detta avsnitt redovisas FRI-systemets ytanspråk i gaturummet, slutstegets ytanspråk samt uppskattade dimensionering på kulvertarna underjärnvägen.

15.2.1 FRI-systemets ytanspråk

För att uppnå en hög infiltrationskapacitet är det fördelaktigt om FRI-systemets infiltrationskapacitet är så hög som möjligt vilket innebär att ju större yta försedd med infiltrerbar bar mark, desto bättre. Den infiltrerbara ytan bör också fördelas på ett sätt så att dagvattnets rinnsträcka till närmaste infiltrationsbädd (regnbädd) är så kort som möjligt. På så sätt uppnår dagvattensystemet sin högsta fördröjnings- och reningspotential. I Tabell 15-1 redovisas vilket ytanspråk som är nödvändigt om FRI-systemets regnbäddar anläggs med 0,1 m fördröjningszon och 1 m makadamaktighet med 30 % porositet. Resultaterande behov av genomsläpplig yta är då 6 % räknat över hela exploateringsområdets gaturum. Det kan jämföras med angiven genomsläpplighet i gaturummet

enligt Figur 15-3 där en merpart av gatorna har en genomsläpplighet på 10 % eller 30 %. Om detta efterföljs och dagvattnet kan ledas till de genomsläppliga ytorna dedikerade till FRI-systemet ökar möjligheterna för en effektiv infiltration, fördröjning, rening och sedan eventuell perkolation till grundvattnet.

Den infiltrerande delen av FRI-systemet kan exempelvis vara en nedsänkt regnbädd med ovanliggande fördröjningszon och en underliggande mäktighet av makadam. I delavrinningsområde S1 behöver det exempelvis, enligt Tabell 15-1, finnas 2,7 ha med infiltrerbar och fördröjande yta, likt regnbädden illustrerad i Figur 15-2. Detta ytanspråk är beräknat utifrån den erforderliga fördröjningsvolymen och ytan reserverad för infiltrerande fördröjningsytor måste anpassas till specifikt gaturum för att så att i princip allt dagvatten vid ett dimensionerande 20-årsregn med 10 minuters varaktighet på ett smidigt sätt kan ledas till en dagvattenanläggning. Detta, och infiltrationsytans utformning, kan innebära att ytanspråket ökar något jämfört med angiven area i Tabell 15-1. Notera att det är endast ytanspråket för infiltrationsytor (likt regnbäddar) för gaturummets FRI-system som redovisas i tabellen, inte ytanspråket för kvarteretsmarkens dagvattenanläggningar.

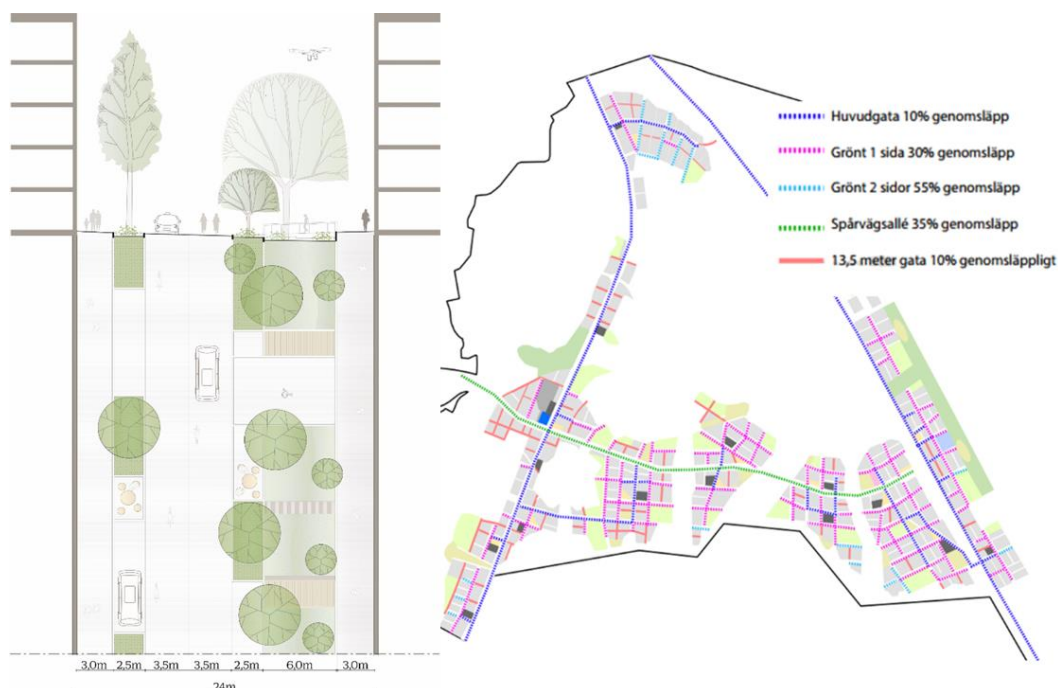


Figur 15-2. FRI-systemets infiltrationsyta i form av en regnbädd.

Tabell 15-1. Minsta nödvändiga ytanspråk för FRI-systemets (inom gaturummet) genomsläppliga ytor, beräknade som regnbäddar med 15 cm fördröjningszon och en 1 m underliggande makadamtäktighet med 30 % porositet.

Delavrinningsområde	Area ha	Red area ha	Fördröjningsvolym [m ³]	Ytanspråk [m ²]	Ytanspråk [m ²]	Nödvändig infiltrerbar yta i gaturum [%]
F1	19	16	3760	10 739	1.1	6
F2	12	10	1265	4326	0.4	4
Fyrisån	31	26	4708	15 066	1.5	5
S1	30	24	8798	27 088	2.7	9
S2	7	6	2001	7235	0.7	10
S3	24	19	3567	10 733	1.1	4
S4	9	7	617	2413	0.2	3
Sävjaån	70	56	14 983	47 469	4.7	7
Planområde	101	82	19 542	62 534	6.3	6

Den utformning av gaturummet som föreslås utifrån ett dagvattenperspektiv presenteras i Figur 15-3. Det anses fördelaktigt att samla biltrafiken och rena vattnet från den biltrafikerade gatan i intilliggande växtbaserade lösningar. Takvatten från byggnaderna kan ledas direkt till dagvattenanläggningar på kvartersmarken eller till gaturummets FRI-system. På gångvägar föreslås genomsläppligt material som ger upphov till mindre dagvattenbildning än konventionella gångvägar med täta slitlager. I gaturummet bör en bredd på 1,5-3 m reserveras där de gröna stråken. Är det en större gata så används med fördel två stråk. I Figur 15-3 visas den nuvarande utformningen av gaturummets 24-metersgata tillsammans med de olika varianter av gator som finns inom exploateringsområdet. Gatan som är 24 meter bred representeras av rosa linjemarkering och har 30 % genomsläppliga ytor, som är en kombination av fördröjande regnbäddar och genomsläpplig beläggning.



Figur 15-3. Gaturummets 24-metersgata och genomsläpplighet för resterande gaturum

15.2.2 Slutstegets ytanspråk ett andra fördröjning- och reningssteg

Slutsteget är ett andra fördröjning- och reningssteg vars främsta syfte är att säkerställa en tillräcklig rening innan utflöde till recipient behövs rening i två steg inom planområdet.

Utformningen av slutsteget är inte fastställt utan kan vara en kombination av dammar, våtmarker, slänter med vallväxter och andra tekniska reningsfunktioner. Val av anläggning eller en kombination av flera anläggningar bör anpassas efter vald plats specifika förutsättningar.

På grund av att föroreningsbelastningen inte bör öka i någon av recipienterna finns det behov av ett andra rening- och fördröjningssteg, benämnt slutsteget. För att skapa dessa nödvändiga funktioner behöver yta reserveras även om metoden för fördröjning och rening kan väljas i ett senare skede. Ytan som behöver reserveras för rening och fördröjning uppskattas med hjälp av Uppsala Vattens beräkningsverktyg för dammdimensionering. Det innebär inte att det nödvändigtvis är dammar som ska anläggas men dammarnas beräknade ytanspråk får användas för att redovisa vilken yta som behöver reserveras för slutstegets rening och fördröjning.

Slutsteget ska ta emot dagvatten från kvartersmarkens dagvattenanläggningar och gaturummets FRI-system och rena det en andra gång innan utflöde till recipient. I syfte att redovisa det framtida slutstegets ytanspråk har dammar använts för att simulera ytbehovet. Dammarna har dimensionerats utifrån att kvartersmarken frångår riktlinjerna om 20 mm nederbörd, alltså att ingen fördröjning sker på kvartersmark och det är istället dammarna som ombesörjer rening och fördröjning av kvartersmarkens dagvatten.

Dammarnas ytanspråk har delats upp efter Fyrisåns avrinningsområde, Sävjaåns avrinningsområde, S1:s delavrinningsområde och S2:s delavrinningsområde. Dammarna har dimensionerats för att fördröja och rena 20 mm för all kvartersmark inom respektive del- och avrinningsområde och beräknat resultat anges i Tabell 15-2.

Beräkningsverktyget anger att 22 500 m² behöver reserveras för Sävjaåns avrinningsområde och 8400 m² behöver reserveras för Fyrisåns avrinningsområde.

Tabell 15-2. Reserverad yta för slutstegets rening och fördröjning, beräknat utifrån Uppsala Vattens verktyg för dammdimensionering.

Dammdimensionering	Fyrisån	Sävjaån	S1	S2	S3	Enhet
Reducerad area kvartersmark, A _{red}	28	75	14	14	43	ha
Fördröjning av 20 mm inom kvartersmarken	5600	15 000	2800	2800	8600	l/s
Q _{max}	5000	27 639	9285	1584	15 284	l/s
Uppskattad höjd på reningsvolym	1	1	1	1	1	m
Uppskattad höjd på fördröjningsvolym	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
Reningsvolym, V _r	5600	15 000	2800	2800	8600	m ³
Q _{ut1} [24h]	65	174	32	32	100	l/s
Dammarnas ytanspråk	8400	22 500	4200	4200	12 900	m²

15.2.3 Kulvertdimensionering

Både markvattnet från Lunsen och dagvattnet från exploateringsområdet behöver ledas genom kulvertar under järnvägen. Om dagvattnets kulvertar dimensioneras efter ett 100-årsregn med 30 minuters varaktighet och markvattnets kulvertar dimensioneras efter de naturliga karakteristiska naturliga flödena vid ett 50-årsregn (HQ50 [l/s] i Tabell 14-2) så resulterar det i kulvertar med diameter presenterade i Tabell 15-3.

Tabell 15-3. Kulvertarnas uppskattade dimensionering med avseende på dimensionerande regn.

DeIAVRO	Markvattnets dimensionerande flöde	Planerat flöde 100-årsregn 30 min varaktighet [l/s]	Fall [promille]	Diameter	Diameter
				dagvattenkulvert [mm]	markvattenkulvert [mm]
F1	591	8974	5	1700	600
F2		7469	5	1600	
S1	2190	15 478	5	2100	1000
S2	1071	3199	5	1200	750

15.3 Funktionskrav teknisk kravspekifikation

15.3.1 Vattenflödessystemets generella funktionskrav

De funktionsspekifika kraven gällande avvattning och hantering av dagvatten som definieras för Sydöstra stadsdelen omfattar tekniska och geometrisk utformning av anläggningar såsom dagvattenanläggningar, gator, ledningar, kulvertar, tekniska reningssystem och översvämningssytor. Kraven ska användas i den fortsatta detaljutformningen och projekteringen Vattenflödessystemet för Vattenflödessystemet av Sydöstra stadsdelen. För flödes- och dagvattenhanteringen i hela sydöstra stadsdelen gäller att:

- Skyddsforeskrifter för vattenskyddsområdet Uppsala- och Vattholmaåsarna ska följas.
- Inget dagvatten eller annat förorenat vatten får nå grundvattnet i extrem och hög känslighetszon.
- Dimensionering av dagvattenhanteringen på allmän platsmark ska ske enligt funktionskraven i Svenskt Vattens publikation P110 för den allmänna platsmarken.
- Dimensionering av dagvattenhantering på kvartersmark ska ske enligt Uppsala Vattens riktlinjer om fördröjning och rening av 20 mm nederbörd på kvartersmark.
- Kraven kopplade till Sävjaåns och Lunsens Natura 2000-klassningar måste följas.
- Exploateringen får inte försvåra recipienternas möjligheter att uppnå dess miljö kvalitetsnormer.
- Under anläggnings- och byggfasen kan det övervägas om vissa åtgärder bör vidtas för att inte byggdagvattnet ska riskera att sätta igen eller ha en negativ påverkan på de LOD-anläggningar som planeras.

15.3.2 Teknisk kravspecifikation - Vattenflödessystem Sydöstra stadsdelen

Den tekniska kravspecifikationen ingår i utredning vattenflödessystem Sydöstra stadsdelen. Vid kommande projektering och dimensionering av avvattningsanläggningar och dagvattensystem inom Sydöstra stadsdelen ska de tekniska kravspecifikationerna som definierats i denna tekniska kravspecifikation följas i kombination med övriga riktlinjer och styrdokument, se Tabell 15-4. Fler riktlinjer och styrdokument kan tillkomma. Dimensionering av dagvattenhanteringen ska ske enligt funktionskraven i Svenskt Vattens publikation P110 för den allmänna platsmarken och enligt Uppsala Vattens riktlinjer om 20 mm nederbörd. Hänsyn bör även tas till översvämningsrisken inom exploateringsområdet.

Tabell 15-4

Allmänna krav	Lokala krav och riktlinjer	Lokala styrdokument	Projektspecifika styrdokument
Beslutade miljö kvalitetsnormer för vatten	Översiktsplan 2016 för Uppsala kommun, Broreservat för transportinfrastruktur över Fyrisån	Dagvattenprogram för Uppsala kommun (2014)	
Markavvattningsförtag	Reservatföreskrifter för Årike Fyris naturreservat (2018)	Vattenprogram för Uppsala kommun (2015)	
Svenskt Vattens publikation P110	Skyddsföreskrifter för vattenskyddsområdet Uppsala- och Vattholmaåsens (1990)		
Natura 2000	Riktlinjer för markanvändning inom Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområden ur grundvattensynpunkt (2018)		

16 Skyfallshantering

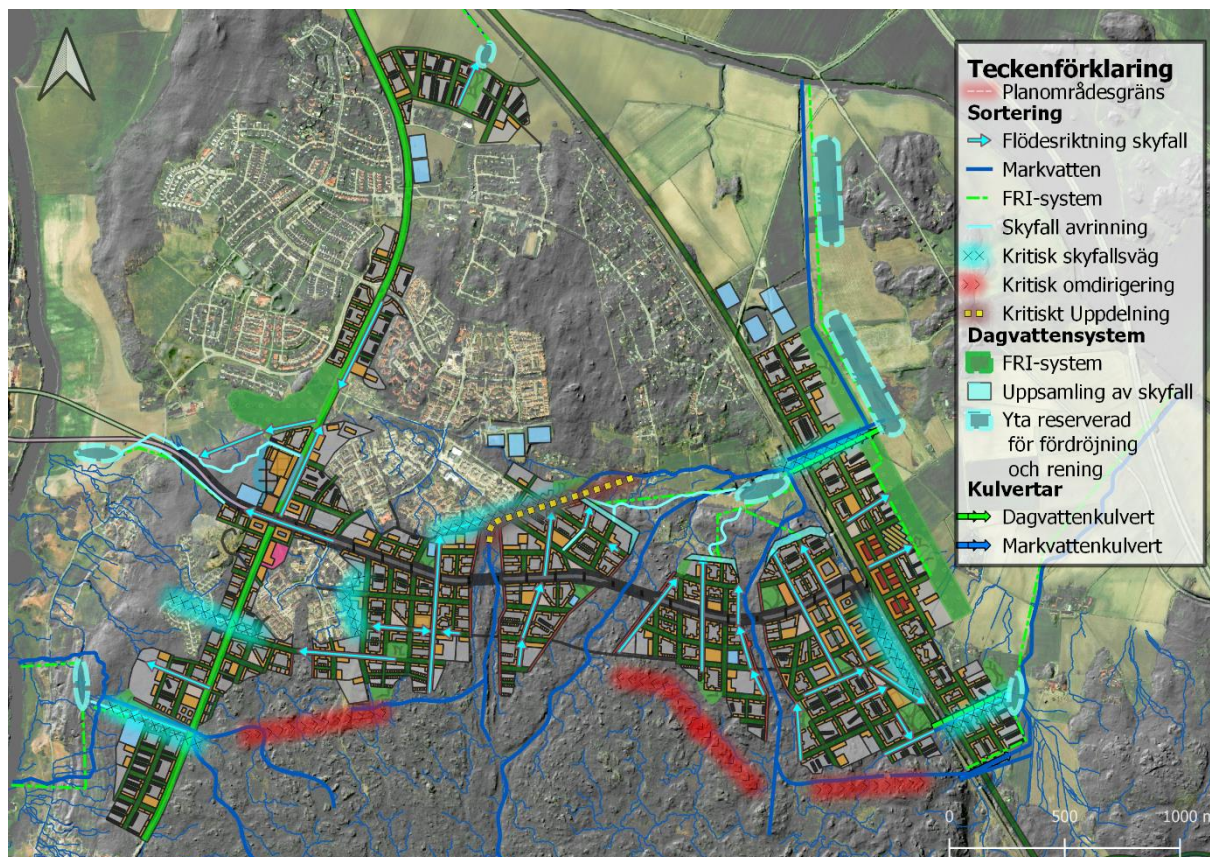
Vid extrema regn, exempelvis ett 100-årsregn, uppstår dagvattenflöden som kräver välanpassad höjdsättning som leder iväg vattenmassorna på ett kontrollerat sätt. För att undvika översvämning och skador på byggnader är det viktigt att tidigt vid exploateringen planera höjdsättningen så att dagvattnet kan avrinna bort från byggnader via sekundära avrinningsvägar vidare ut på närliggande lokalgor, grönytor eller vattendrag.

Höjdsättningen av planområdet bör planeras för att klara hanteringen av extremregn, som till exempel ett 50- eller 100-årsregn, genom att om föreslagna fördröjningsanläggningar bräddar så rinner överskottsvattnet ut på de sekundära avrinningsvägarna för vidare transport mot recipienten. I den mest optimala situationen bör byggnader ligga högre än intilliggande mark och gårdsytor behöver höjdsättas så att vatten kan avrinna ytligt mot gata eller till omgivande grönytor. Detta medför att risken för skador på hus och grundläggning kan minskas.

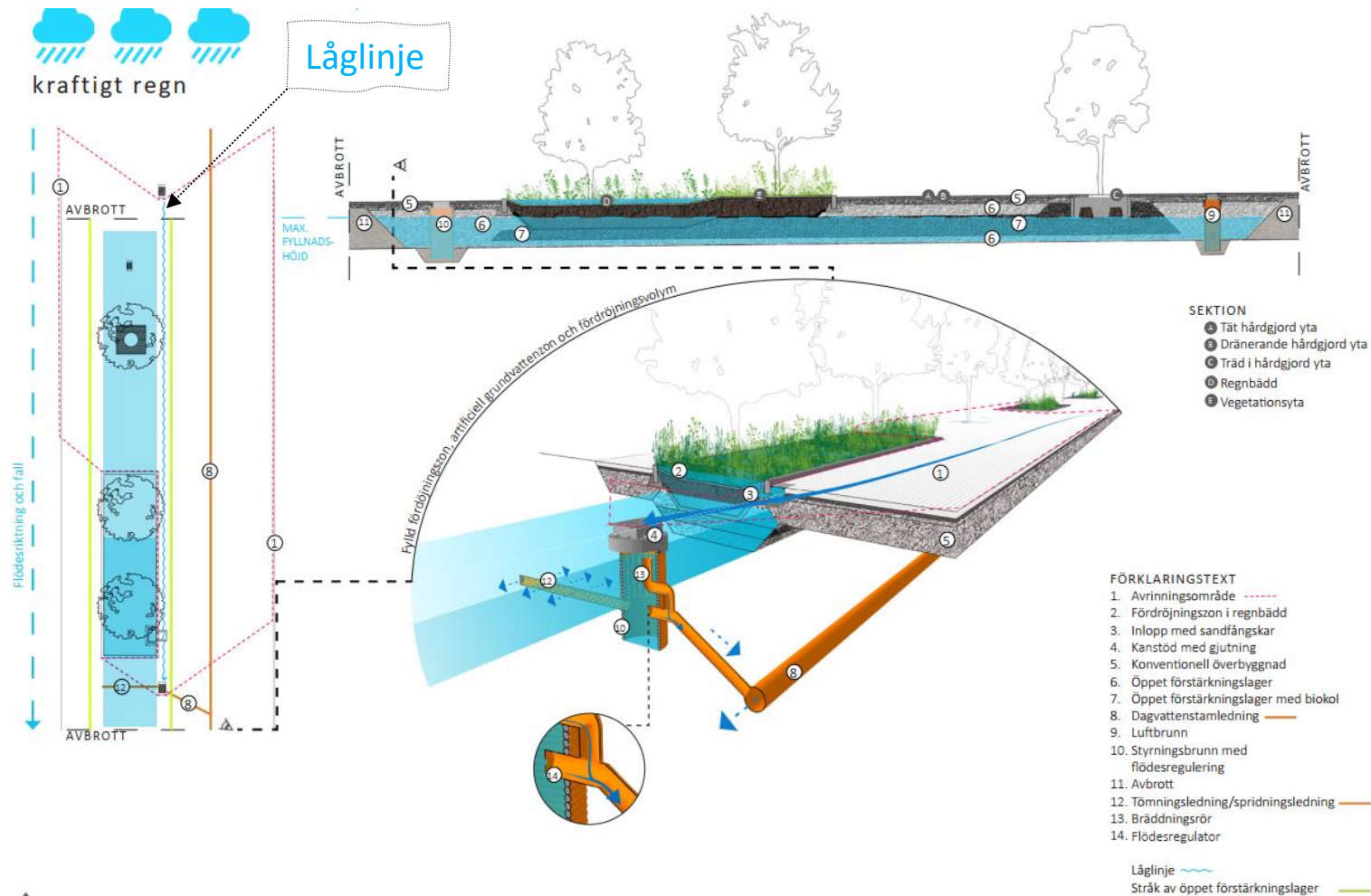
Skyfallshanteringen inom exploateringsområdet sker genom en höjdsättning som både medför en infiltration till FRI-systemets öppna förstärkningslager i gatan och tydliga robusta sekundära avrinningsvägar.

I Figur 16-1 tydliggörs några av de viktigaste riktningarna för skyfallsavrinningen och vissa områden benämns som kritisk skyfallsväg. I dessa området är höjdsättningen och skyfallshanteringen av särskild vikt. I delavrinningsområde F1 måste skyfallet kunna rinna västerut mot Fyrisån utan att ansamlas och områdena nära Sävja måste kunna hantera skyfallet utan att Sävja påverkas av inflöde från exploateringsområdet. I den norra änden av den västra gröna korridoren kommer till Bergsbrunna dal där flödesriktningen måste brytas av åt öster samtidigt för att skydda Sävja och avvattna exploateringsområdet. I den östra delen av delavrinningsområde S1 och S2 (väster om järnvägen) finns det en relativt kraftig lutning åt öster som måste hanteras med robust skyfallshantering. Kritisk omdirigering av markvatten från Lunsen till stråket och korridorerna har markerats med röd markering.

Figur 16-2 illustrerar hur FRI-systemet hanterar ett skyfall i det öppna förstärkningslagret eller leder skyfallet vidare i låglinjen till nästa infiltrationspunkt, längre ned i systemet. Figuren visar alltså hur systemet kombinerar infiltration med sekundära avrinningsvägar för att hantera ett skyfall. I samband med en mer detaljerad dimensionering av systemet kan systemet dimensioneras utifrån olika stora regn beroende på placering.



Figur 16-1. Turkosa pilar visar riktningen för den sekundära avrinningen som ska åstadkommas genom ändamålsenlig höjdsättning.



Figur 16-2. Illustrerar flödet vid ett kräftigt regn i ett FRI-system med regnbädd. Vid ett kräftigt regn som ger stora volymer dagvatten fylls fördröjningszonen i regnbädden fort. När den är fylld rinner dagvattnet vidare till styrningsbrunnen som leder ner dagvattnet i det öppna förstärkningslagret eller direkt vidare till dagvattennätet i mindre eller större grad. Planvy (till vänster), längdsnitt (överst), tredimensionell vy (nederst). Källa: Modifierad från Levande gaturum - en handbok i Blågröngrå system (2019). Originalillustration: Martin Vysoký, Hanna Centervall, Susanne Sixtensson, edge.

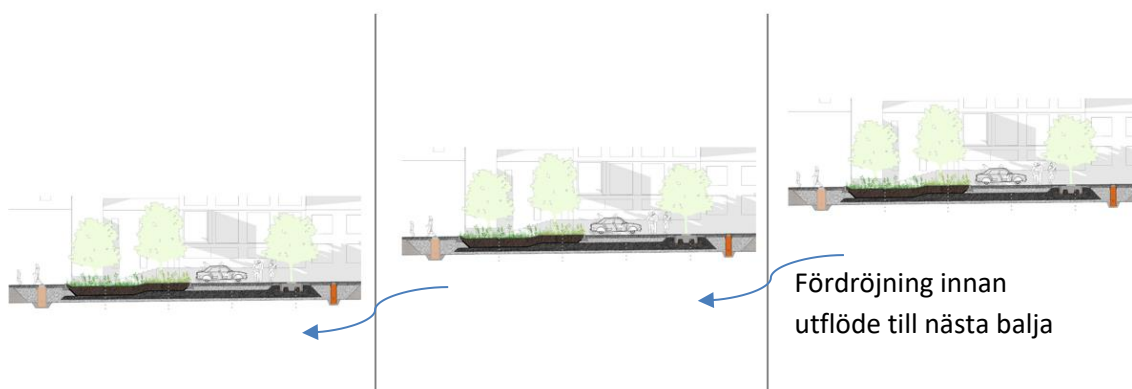
Figur 17-1. Översvämmade områden (blå områden) samt flödesvägar som bidrar med vatten från avrinningsområden större än 1,5 ha för

17.2 Höjdanalys – planerad höjdsättning

För att kontrollera att FRI-systemets hydrauliska funktion ska dess stråk konstrueras längs en lätt fallande lutning och för att maximalt fånga upp och infiltrera flödena som uppstår vid regn måste topografin, FRI-systemet och gatans höjdsättning samordnas. Detta koncept har översiktligt undersökts med hjälp av en flödesanalys genomförd på en höjdmodell av exploateringsområdet, erhållen av Uppsala kommun. I höjdmodellen har gatunätets höjdsättning i hög grad anpassats efter befintliga marknivåer för att framtida flöden ska kunna efterlikna de nuvarande naturliga flödena.

Exploateringsområdets förutsättningar är avgörande för FRI-systemets utformning. Beroende på om systemet anläggs i inner- eller ytterstadsområde skiljer sig både krav på systemet och utrymme att anlägga det.

FRI-system drivs av gravitationskraften och måste därför samspela med höjdsättningen i avrinningsområdet. För stora lutningar innebär begränsningar eftersom de leder till hastiga vattenflöden som kan bli svåra att styra och fånga upp. Stor lutning innebär även minskad fördröjningskapacitet i dagvattenmagasin. Eftersom vattennivån inte lutar med magasinet, utan ställer sig horisontellt, fylls bara den lägst liggande delen upp med vatten och man går miste om stor magasinvolym. Lutningar större än ca 5 ‰ kräver därför speciallösningar, alternativt kan enskilda konstruktioner anläggas. Systemet kan förenklat sett beskrivas som baljor fyllda med makadam uppradade efter varandra och sammankopplade (reglerade) genom ledningar. Dagvattnet får inte rinna som infiltreras i baljan längst upp får inte rinna vidare till baljan längre ner i systemet utan att fördröjas, en tröghet måste skapas i systemet för att uppnå rening, maximal fördröjning (nyttjande av alla fördröjningszoner och porutrymmen) och eventuellt skapa perkolation till grundvattnet. Eftersom FRI-systemet dock drivs av gravitationen och ska agera i samklang med topografin och gatornas höjdsättning så måste gatornas lutning i exploateringsområdet analyseras. Gatans låglinjer ingår i FRI-systemet och är det stråk som ska förse infiltrationsytorna med dagvatten, dessa behöver också följa det sammanhängande systemet av regnbäddar och öppet förstärkningslager. Genomförd analys medför också en tydlig bild om i vilken riktning avrinningen inom exploateringsområde kommer att rinna vid händelse av skyfall.

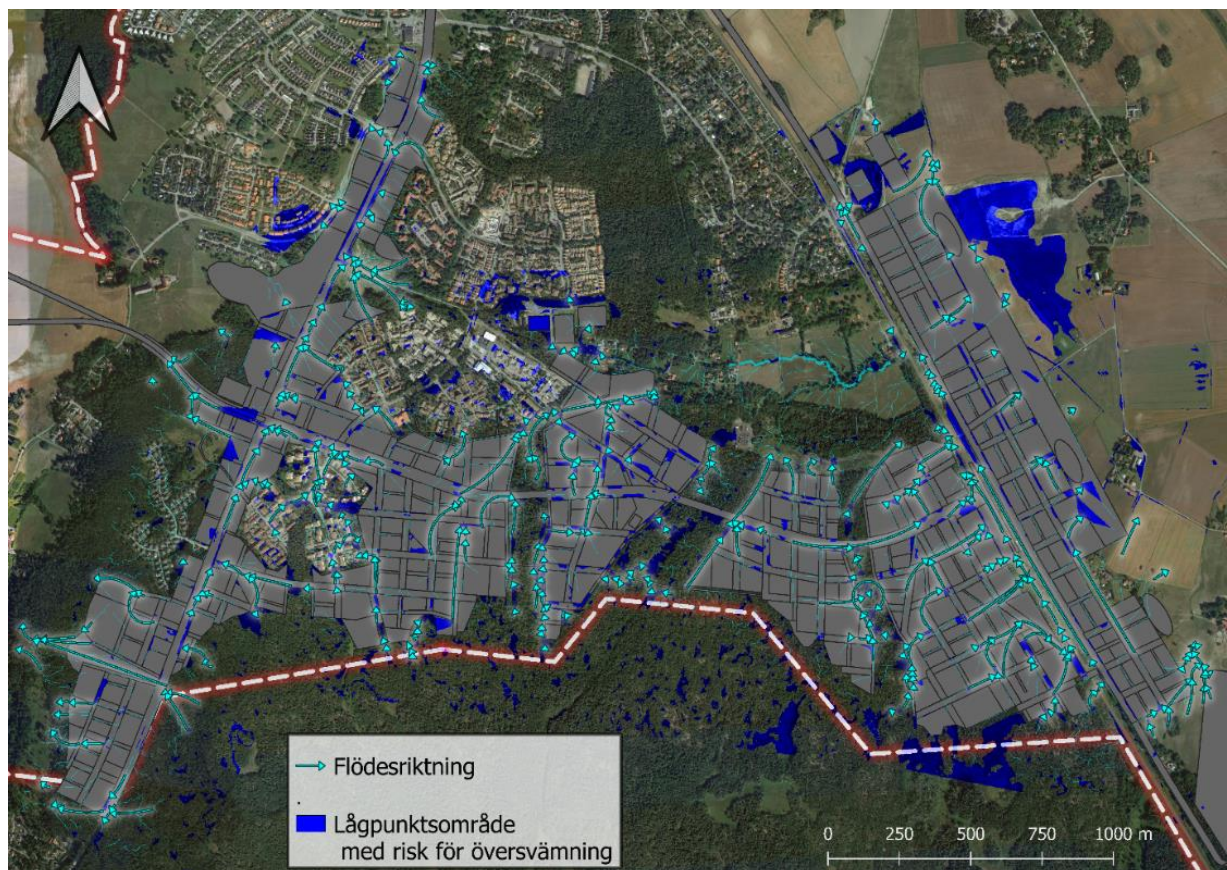


Figur 17-2. FRI-systemets drivs av gravitationen vilket medför att systemets måste anläggas i en lutning (dock mindre än 5 ‰) för att fungera hydrauliskt.

I Figur 17-3 visas de översiktliga flödesriktningarna som uppstår när ett 80-millimetersregn ansätts på exploateringsområdets höjdmodell. De blå markeringarna visar vilka lågpunktsområden det finns närmast utanför exploateringsområdet. Blå markeringar inom exploateringen visar endast höjdmodellens håligheter och utgör ingen verklighetstrogen bild av någon eventuell översvämningsrisk. Flödesriktningar (turkosa pilar) åskådliggör hur nederbörden följer höjdsättningen och visar därmed hur FRI-systemet ska anläggas för att dess hydrauliska funktion ska fungera.

De turkosa pilarna visar att i Fyrisåns avrinningsområde finns det en huvudsaklig generell lutning åt väster tillsammans med en nordlig lutning i gatunätet i områdena som rinner in mot Sävja i norr och väst, Lusen i syd och den gröna korridoren i öst. Inom det nämnda området går en vattendelare mellan Fyrisåns avrinningsområde och Sävjaåns avrinningsområde. I den norra delen av den västra gröna korridoren finns det ett parkområde som ska hantera en östlig riktningsförändring för dagvattnet, skyfall och markvattnet. Inom delavrinningsområde S1 finns det en generell lutning norrut, undantaget den östligaste delen av S1 där den östliga lutningen är något kraftigare än den norra lutningen. Det medför att delen av medför att FRI-systemets utflöde sker i den norra delen av S1 som angränsar till ett mer låglänt område. I denna lutning finns det potential att samla upp dagvatten och skyfall för att maximera grundvattenbildning. I det östra området finns en generell lutning österut som medför att dagvattnet och markvattnet kommer kulverteras under järnvägen i separata kulvertar. I följande avsnitt analyseras höjdmodellen per tekniskt delavrinningsområde.

Figur 17-3 anger således på en väldigt översiktligt sätt åt vilken riktning FRI-systemet bör anläggas för att vattnet hydrauliskt ska rinna vidare i systemet. En mer detaljerad bild anges i följande avsnitt där FRI-systemets hydrauliska förmåga analyseras per delavrinningsområde.



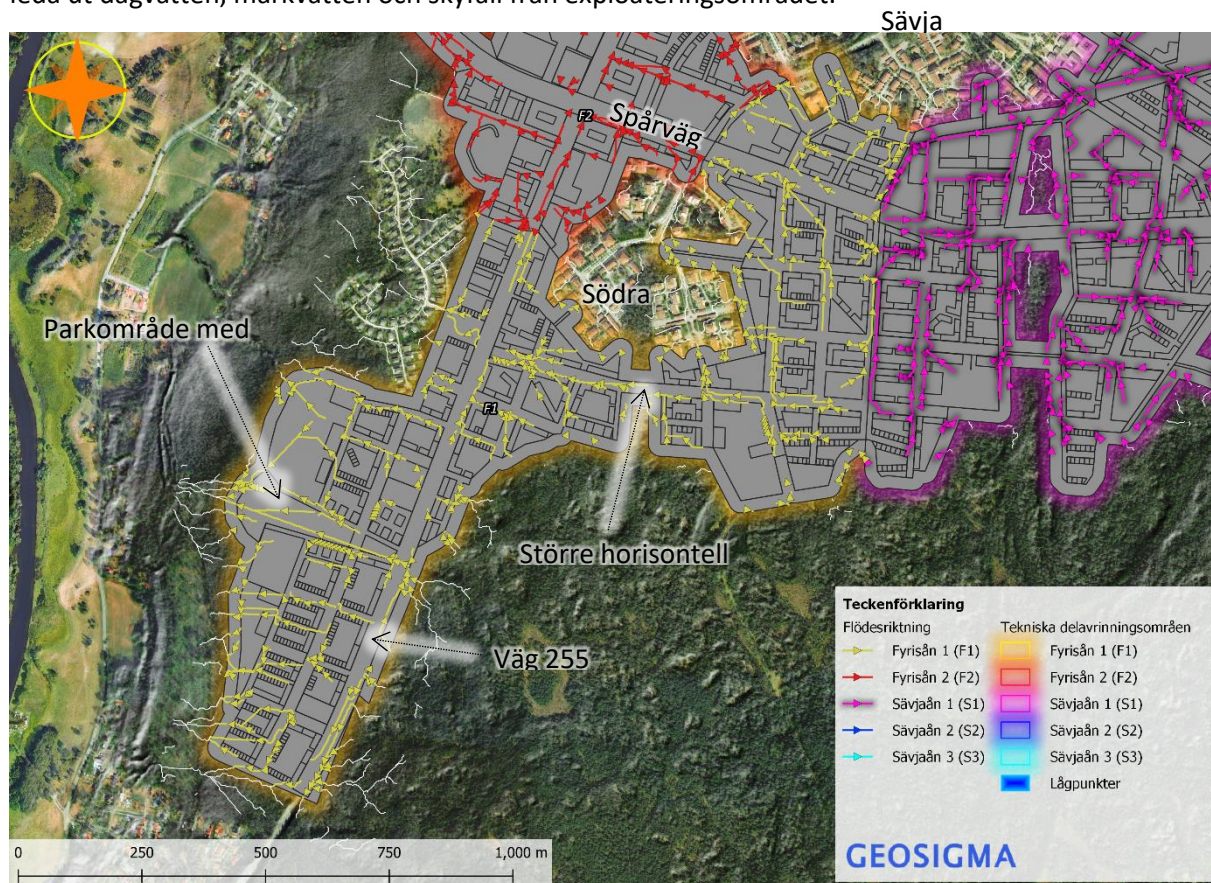
Figur 17-3. Översiktlig hydraulisk höjdsättningsanalys av exploateringsområdet.

17.2.1 Höjdanalys delavrinningsområde F1

Höjdanalysen av delavrinningsområde F1, se Figur 17-4, visar en vattendelare gentemot delavrinningsområde S1 och att avrinningen längs spårvägen sker i västlig riktning. I västlig riktning sker också den avrinningen längs den större vägen söder om Sävja. Längs nuvarande väg 255 sker avrinningen mestadels norrut förutom de allra mest sydliga delarna. I området öster om nuvarande väg 255 finns det en generell lutning norr som bryts av den horisontella större vägen i söder och spårvägen i norr. Området norr om spårvägen inom delavrinningsområde F1 är relativt platt men har en viss generell lutning åt nordöst. Mot Södra Sävja finns det en lutning in mot området från syd och öst. Alla vägar öster om nuvarande väg 255 har en generell lutning österut mot Fyrisån. Enligt befintlig topografi sker idag ett inflöde från Lunsen i nordlig och östlig riktning. I de södra delarna av delavrinningsområde F1 sker flödet idag genom det framtida exploateringsområdet och vidare ner mot Fyrisån

FRI-systemet kan anläggas med en generell lutning åt öster längs den större horisontella gatan söder om Sävja medan i resterande gaturum öster om väg 255 kan det storskaliga FRI-systemet anläggas med nordlig lutning. De horisontella mindre gatorna i F1:s östra del har en generell lutning österut vilket då blir riktningen för FRI-systemet i dessa gator. Dagvattensystemet i gaturummet närmast Sävja och Södra Sävja konstrueras för att inte leda vatten vidare in i bebyggt område utan bör vara särskilt designade för fördröjning. Sammantaget ska dagvattensystemet i F1, efter fördröjning och rening, generellt sett leda dagvattnet norrut och sedan vidare österut utan att påverka Södra Sävja och Sävja. I delavrinningsområdets nordvästra hörn kan dagvattnet ledas vidare mot

dagvattensystemet i delavrinningsområde S1. I södra delen av F1 finns det ett parkområde som ska leda ut dagvatten, markvatten och skyfall från exploateringsområdet.

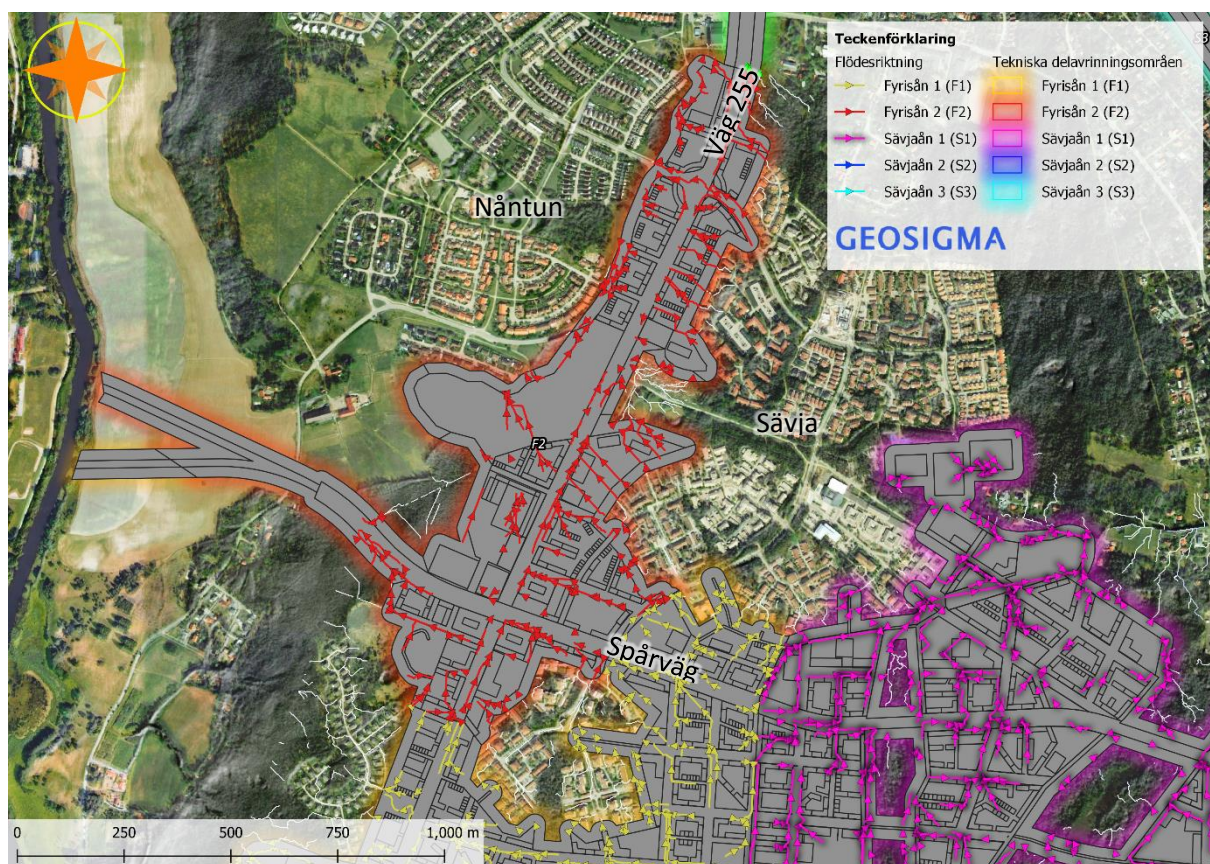


Figur 17-4. Analys av höjdmödel, delavrinningsområde F1.

17.2.2 Höjdanalys delavrinningsområde F2

Höjdanalysen av delavrinningsområde F2, se *Figur 17-5*, visar att området öster om väg 255 har en generell lutning västerut in mot den framtida nord-sydliga huvudvägen. Den framtida huvudvägen, nuvarande väg 255, är relativt flack i höjdmodellen men har en svag generell lutning norrut. Området öster om väg 255 är relativt platt, där den tydligaste lutningen åskådliggörs precis söder om spårvägen, då med lutning västerut. Den södra delen av delavrinningsområde F2, i spårvagn gatans närhet, finns en generell lutning västerut.

På den östra sidan om väg 255 bör den primära delen av FRI-systemet anläggas längs de horisontella gatorna och med mindre delar på de lodräta tvärgatorna. Denna del av dagvattensystemet bör också ta hänsyn till eventuell avrinning väster från Sävja som kan rinna in i exploateringsområdet. På samma sätt måste dagvattensystemet på den västra sidan av väg 255 ta hänsyn till närheten till bostadsområdet Nántuna. Dagvattensystemet längs den framtida huvudvägen bör avvattnas i den södra delen av delavrinningsområdet F2 vilket också bör samspela med huvudgatans lutning.



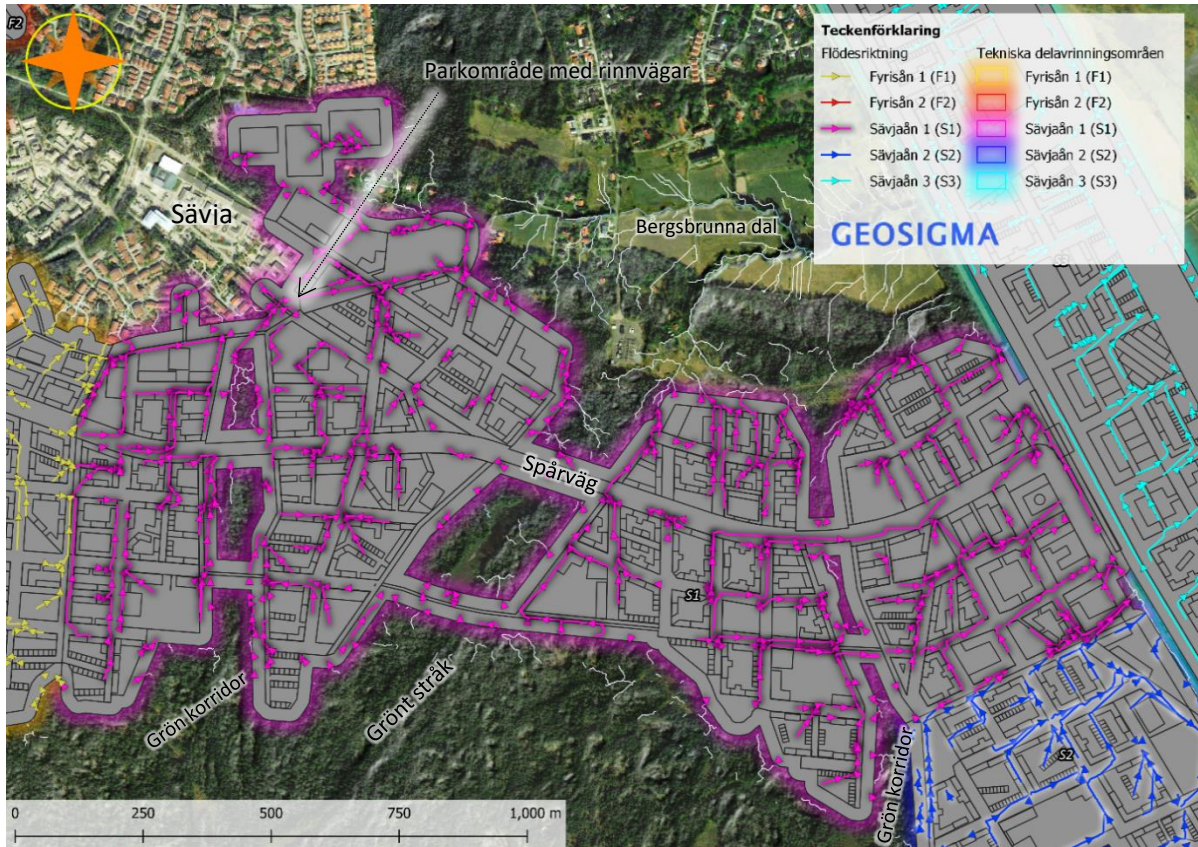
Figur 17-5. Analys av höjdmodell, delavrinningsområde F2.

17.2.3 Höjdanalys delavrinningsområde S1

I delavrinningsområde S1 finns i öster en vattendelare (vars effekt avtar i dess norra del) gentemot delavrinningsområde F1. I delen av S1 som är belägen väster om det gröna stråket finns det en generell norrgående lutning tillsammans med en östlig lutning på många av de horisontella tvärgatorna. I den norra delen av nämnda område skapas en rinnvägg genom ett parkområde, precis söder om Sävja, med nordöstlig riktning mot Bergsbrunna dal. Längs spårvagnsgatan finns det en generell östlig lutning. I den östra delen av delavrinningsområde S1 har området norr om spårvagnsgatan en relativt enhetlig lutning norrut. I området söder om spårvagnsgatan tenderar lutningen att i huvudsak vara i östligriktning med vissa inslag av nordlig riktning på vissa gator. Längs S1:s östra kant finns det en tydlig nordlig lutning och i den södra delen av delavrinningsområdet östra del finns det en vattendelare gentemot delavrinningsområde S2. Även i den östra delen av delavrinningsområdet lutar spårvagnsgatan österut.

Inom delavrinningsområde S1 finns det ett stort grönt spridningsstråk och två en gröna korridor där befintlig naturmark ska bevaras och markvatten från Lunsen ska rinna. Områdets topografi medför att markvattnet rinner genom exploateringsområdet (via stråket och korridorerna) för att sedan nå Bergsbrunna dal.

I S1:s västra del visar höjdanalysen att FRI-systemets huvudsakliga sammanhängande stråk bör anläggas med nordlig riktning med kompletterande system i de horisontella tvärgatorna med östlig lutning. På så sätt nyttjas topografin och gravitationen kan driva systemet. I parkområdet vid Sävja ska skyfall och markvatten hanteras på så sätt att inget inflöde får sker till Sävja. I delavrinningsområdets östra del, norr om spårvägen, bör FRI-systemets huvudsakliga sammanhängande stråk anläggas i nordlig riktning. I området söder om spårvägen är den huvudsakliga lutningen riktad öster delvis norrut. Området behöver avvattnas i norr vilket medför att FRI-systemet bör åstadkomma ett generellt flöde norrut och samtidigt hantera den östliga lutningen. Topografin medför att längs delavrinningsområdets norra gräns finns det möjligheter till uppsamling av dagvatten och skyfall, vilket kan vara fördelaktigt för områdets grundvattenbildning.

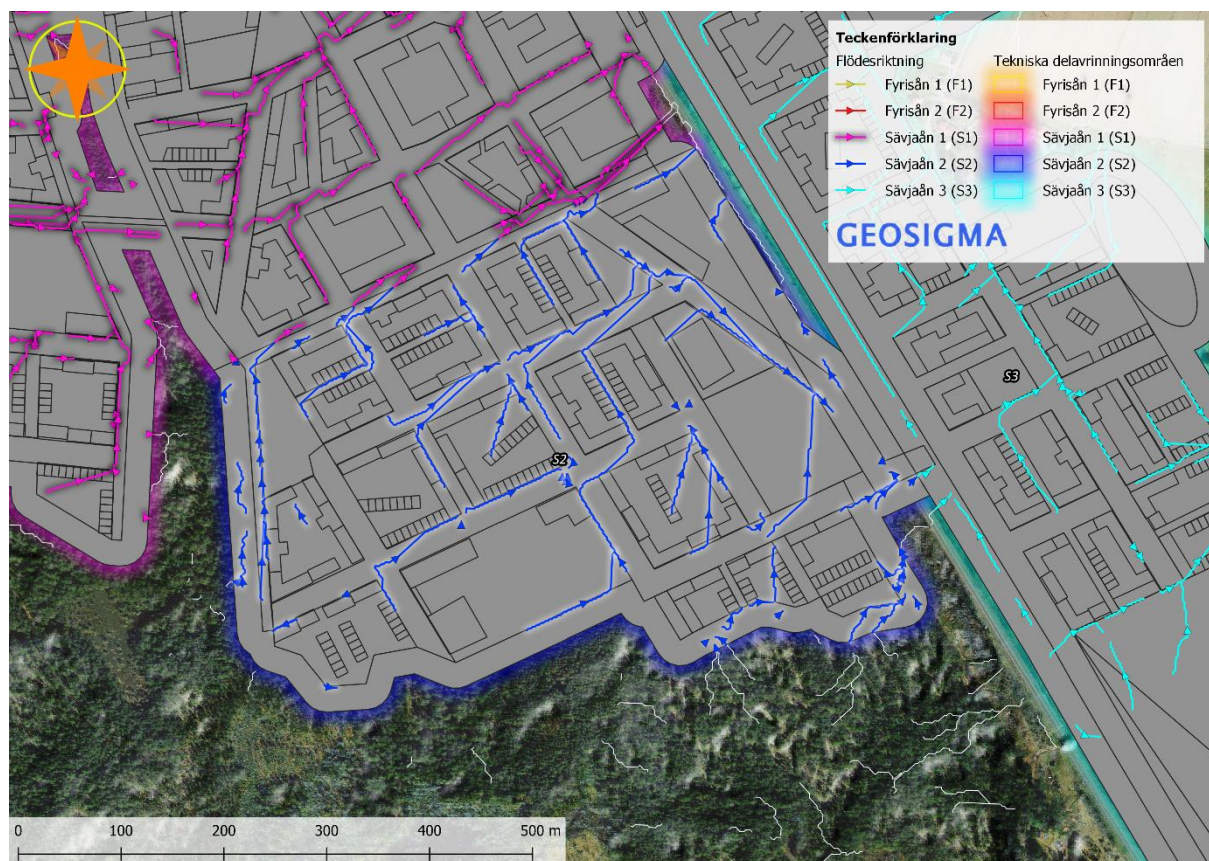


Figur 17-6. Analys av höjdmodell, delavrinningsområde S1.

17.2.4 Höjdanalys delavrinningsområde S2

Inom delavrinningsområde S2 finns det en generell lutning öster och söderut, med undantaget för gatan längst i väster där lutningen är i norrgående riktning men den ansluter till en gata med östlig riktning. I östra delen av området finns det en gata med relativt kraftig lutning ner mot järnvägsstationen i sydöstlig riktning. Det södra delen av delavrinningsområdet angränsar till Lunsen var ytavrinning sker i nordlig och östlig riktning.

I delavrinningsområdet S2 så kan FRI-systemets huvudsakliga sammanhängande stråk enligt höjdmodellen anläggas i sydlig och östlig riktning, men undantaget för gatan längst till väster i området. Lutningen ner mot sydöst är relativt kraftig vilket medför att FRI-systemet måste motverka en snabb vattentransport och ansamling nära järnvägen. Dagvattnet kommer kulverteras under järnvägen för vidare ledning till slutsteget. Markvattnet från Lunsen leds till den gröna korridoren väster om delavrinningsområdet eller österut för att kulverteras under järnvägen.

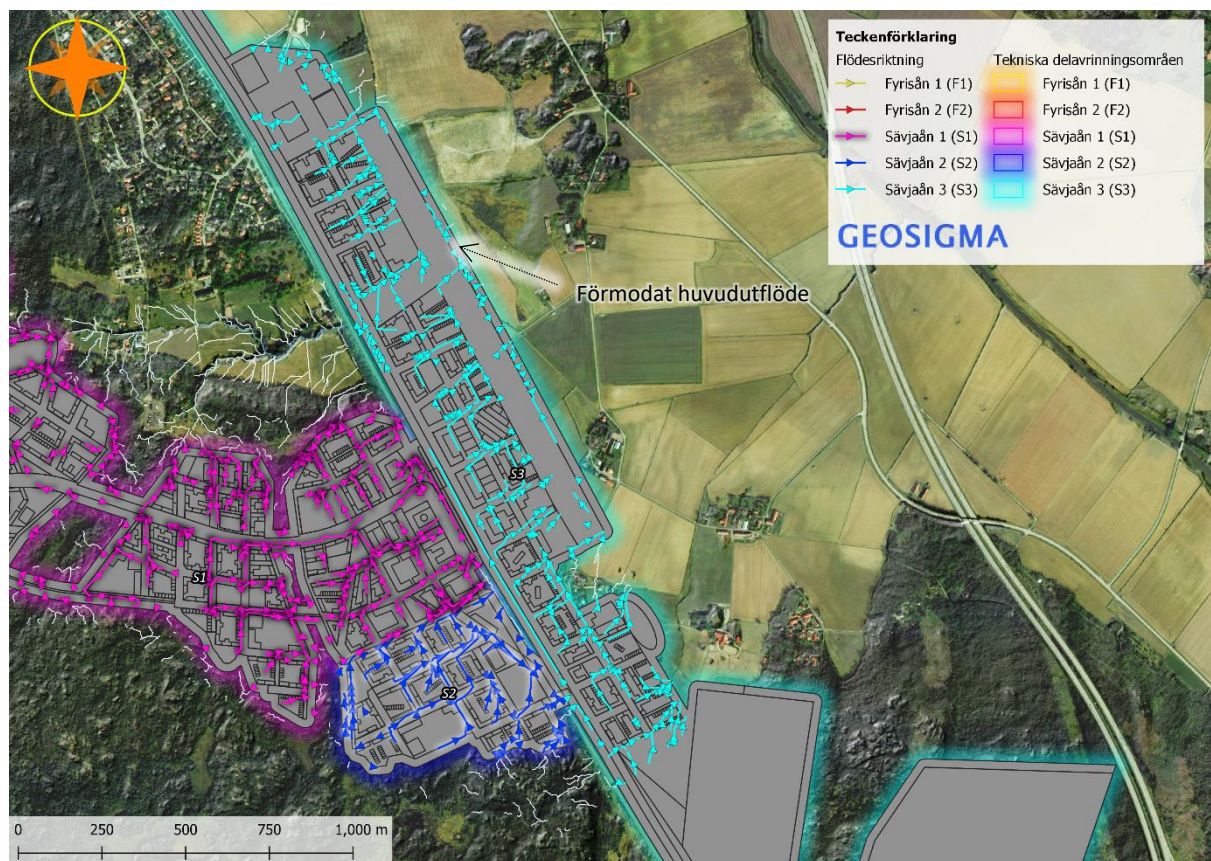


Figur 17-7 Analys av höjdmodell, delavrinningsområde S2.

17.2.5 Höjdanalys delavrinningsområde S3

Delavrinningsområde S3, beläget precis öster om järnvägen, har en huvudsaklig lutning österut, men också en norrgående lutning.

I delavrinningsområdet S2 så kan FRI-systemets huvudsakliga sammanhängande stråk enligt höjdmодellen anläggas i en kombination av östlig och nordlig riktning. Konstruktionen av systemet bör ta hänsyn till områdets förmodade huvudutflöde vilket medför att en nordlig riktning är fördelaktig.



Figur 17-8. Analys av höjdmодell, delavrinningsområde S2.

18 Föroreningsberäkningar

Vid beräkning av föroreningshalter och föroreningsbelastning i dagvatten har olika typer av markanvändning med tillhörande schablonvärden från databasen StormTac v.20.2.2 använts. Schablonvärdena är framtagna vid vetenskapliga studier med långa mätserier av dagvatten.

Den bedömda effekten på recipienterna av dagvattnet från området presenteras presenteras i Bilaga 6. Påverkan på årsmedelbelastning och föroreningshalt har studerats för:

- 1) den befintliga situationen.
- 2) den framtida situationen utan system för dagvatten samt.
- 3) den framtida situationen med optimal tillrinning till FRI-systemet.
- 4) den framtida situationen med suboptimal tillrinning till FRI-systemet.

För att minska föroreningsbelastningen på recipienterna föreslås en renande kompensationsmetod i form av "end of pipe"-lösningar för den befintliga bebyggelsen i Sävja, Nåntuna och Bergbrunna norr om planområdet. Vid införande av dessa åtgärder ökar möjligheterna att sänka föroreningsbelastningen på. Framtida rening av fosforflöden från befintliga jordbruksmarker bedöms också vara en reningsåtgärd som skulle ge betydande effekt.

Det är viktigt att påpeka att beräkningar med schablonhalter är behäftade med stora osäkerheter och bör inte tolkas som exakta siffror. Under anläggnings- och byggfasen kan det övervägas om vissa åtgärder bör vidtas för att inte byggdagvattnet ska riskera att sätta igen eller ha en negativ påverkan på de LOD-anläggningar som planeras.

19 Flödesystemets effekt på Sävjaån, Fyrisån och Lunsen

Recipienten Sävjaån omfattas av Natura 2000-skydd samt har miljö kvalitetsnormer medan Fyrisån endast omfattas av miljö kvalitetsnormer. Lunsen är ett naturreservat som också är Natura 2000-klassat.

19.1 Sävjaån - Natura 2000

Sävjaån är ett vattendrag som tillhör huvudavrinningsområdet Norrström och som mynnar ut i Fyrisån i Årike Fyris naturreservat strax söder om Uppsala centrum. Enligt VISS består vattendraget av tre delar, där hela vattendraget från starten vid Funbosjön till utmynnandet i Fyrisån är 16 km. Området Sävjaån-Funbosjön är ett Natura 2000-område och därmed ska habitatet för de arter som lever där bevaras, Vattenmyndigheten kallar detta kvalitetskrav för "gynnsamt tillstånd". Eftersom hela Sävjaån omfattas av Natura 2000-klassningen är det svårt att motivera någon förändring i tillflödet till ån, framför allt inte när det gäller ökad föroreningsbelastning eller minskat lågvattenflöde. En minskad föroreningsbelastning krävs eftersom övergödning och miljögifter är två identifierade problem. Därmed skulle åtgärder kunna utföras för att minska föroreningsbelastningen som idag släpps ut till Sävjaån. En tydlig enskild punktkälla som förorenar Sävjaån kan inte anges eftersom det finns flera olika källor, men några av föroreningarna kan härledas från vägtrafik och jordbruk. Grundförutsättningen för bebyggelse uppströms Sävjaån blir då att lågvattenflödet inte får minska och att föroreningsbelastningen inte får öka.

19.2 Sävjaån miljö kvalitetsnormer

Enligt beslutade miljö kvalitetsnormer (se Tabell 19-1) för Sävjaån (SE663553-160798) ska miljö kvalitetsnorm god ekologisk status 2027 (tidsfrist för konnektivitet till 2021, tidsfrist för morfologiska förändringar och övergödning till 2027) samt god kemisk status (kvalitetsundantag för bromerade difenyletrar och kvicksilver, gäller för samtliga ytvattenförekomster i Sverige).

Statusklassning för recipienten Sävjaån enligt VISS är den ekologiska statusen klassad som måttlig och utslagsgivande kvalitetsfaktorn är påväxt- kiselalger. Dessutom visar näringsämnenas bedömning måttlig status. Vattendraget uppnår ej god kemisk status på grund av förhöjda halter av kvicksilver och dess föreningar, polybromerade difenyletrar (PBDE) samt PFOS. Identifierade miljöproblem i Sävjaån är övergödning, miljögifter och morfologiska förändringar.

Förorenade områden har identifierats som punktkällor med betydande påverkan. Även diffusa källor har betydande påverkan på vattenförekomsten; urban markanvändning, jordbruk, enskilda avlopp, atmosfärisk deposition samt andra relevanta. Övergödning p.g.a. belastning av näringsämnen (fosfor) anges vara ett miljöproblem. Vidare anges såvitt avser ekologisk status, att det är tekniskt omöjligt att uppnå god ekologisk status med avseende på näringsämnen till år 2021 på grund av administrativa begränsningar. Åtgärderna behöver emellertid genomföras till år 2021 för att god ekologisk status ska kunna nås till år 2027.

Tabell 19-1. Sävjaåns statusklassning och miljökvalitetsnormer.

Recipient	MKN		MKN	
	Ekologisk status	Kemisk status	Ekologisk status	Kemisk status
Sävjaån SE663553-160798	Måttlig	Uppnår ej god	God 2027	God

19.2.1 Fosfor – acceptabel belastning

I bilaga 45 (Sävjaån) i underlaget för åtgärdsprogrammet till Fyrisån (Gustafsson, 2020) anger vattenmyndigheten att vattenförekomsten har måttlig status avseende näringsämnen (VISS 2019-06-13). Bedömningen baseras på en fosforhalt av i medeltal 69 µg/l (2013–2018) och ett referensvärde av 21,1 µg/l, beräknat genom ett förenklat förfarande (formel 2.2, HVMFS 2013:19) samt med hänsyn till jordbruksmark. Transporterad fosformängd i den senaste tioårsperioden (2009–2018) beräknades till i medeltal cirka 12,4 ton/år. Den högsta årliga transporten beräknades till 19,4 ton (år 2012) och den allra lägsta till 6,7 ton (år 2016). Som framgår är skillnaderna mellan enskilda år mycket stora, något som till stor del förklaras av skillnader i vattenföring, men även av haltskillnader (Gustafsson, 2020).

Den acceptabla fosforbelastningen till vattendraget beräknades till cirka 5,8 ton/år baserat på ett gränsvärde av 60 µg/l och vattenförekomstens långtidsmedelvattenföring (4,3 m³/s, 1999–2018). På motsvarande sätt beräknades den acceptabla lokala fosfortransporten till cirka 255 kg/år (lokal långtidsmedelvattenföring 0,19 m³/s, 1999–2018) (Gustafsson, 2020).

Att det föreligger ett behov av reducerad näringsbelastning indikeras även av att biologiska kvalitetsfaktorer inte uppnår god status (kiselalger år 2017). Trendanalysen av Sävjaån indikerar avtagande fosforhalter den senaste tioårsperioden (2009–2018), något som innebär att åtgärdsbehovet möjligen kan vara något mindre än vad bedömningen av beting visar. Det totala betinget för vattenförekomsten bedöms vara en fosforreduktion om cirka 30 % (Gustafsson, 2020).

Tillsvidare rekommenderas att åtgärdsinriktat arbete på lokal nivå utgår från samma beting som bedömts gälla på total nivå, det vill säga 30 procent. Det innebär cirka 300 kg/år, motsvarande 30 procent av den lokala belastningen (S-HYPE). Åtgärdsutrymmet på lokal nivå beräknas till cirka 870 kg/år, motsvarande 60 procent av den lokala belastningen (källa: PLC6.5). Mängden anger utrymmet för fosforreduktion ned till gränsen för betydande påverkan. Åtgärdsutrymmet anges i syfte att indikera potentialen för utökade beting alternativt kompensationsåtgärder med hänsyn till belastningssituationen (Gustafsson, 2020).

19.2.2 Kemisk status

Underlag för klassning av prioriterade ämnen omfattar framförallt metallerna bly, kadmium och nickel som analyseras på månadsbasis. Samtliga tre metaller uppmättes i halter under gränsvärdena och bedöms uppnå god status. Av ämnen som analyserats vid screeningundersökningar uppmättes PFOS i halter över gränsvärdet. Nämnvärt är att gränsvärdet för årsmedelhalter av PFOS i vatten uppges ligga under den svenska bakgrundkontamineringen (källa: IVL Svenska Miljöinstitutet) och därför blir svårt att efterfölja. (Gustafsson, 2020).

19.3 Vattenflödessystemets effekt på Sävjaån

Flödet i Sävjaån är kopplat till de hydromorfologiska kvalitetsfaktorerna och utifrån grundpremisen att flödet är lågt sommartid och att högflöden ökar och lågflöden minskar i som resultat av exploatering och klimateffekter. När andelen hårdgjorda ytor ökar riskerar flödena att ändras och det blir generellt sett korta perioder av höga flöden och långa torrperioder däremellan.

Vattenflödessystemet och dagvattensystemet kan motverka dessa effekter genom att uppnå en optimal infiltration av dagvatten och ett obrutet flöde av markvatten från Lunsen genom exploateringsområdet. Genom att maximera infiltrationen i gaturummet skapas förutsättningar för dagvattensystemet att motverka flödestoppar och flödesdalar, vilket är nyckeln för att efterlikna ett naturlig avrinning. Om dagvattnet infiltreras skapas en buffringsförmåga inom i vattenflödessystemet som medför att vattnet lämnar systemet långsamt. Efterlevs denna princip medför det att lågvattenflödet inte sjunker under kritiska nivåer.

Enligt det lokala åtgärdsprogrammet är den lokala långtidsmedelvattenföringen mellan år 1999-2018 190 l/s i Sävjaån.

För att uppnå en oförändrad flödesregim med fokus lågvattenflödet i samband med exploateringen ska hela dagvattensystemet ta hänsyn till både låg- och högflöden. Dagvattnet som genereras av den hårdgjorda marken inom exploateringsområdet skulle öka flödes- och föroreningsbelastningen på Sävjaån utan ett välplanerat dagvattensystem. Det förslagna dagvattensystemet inom exploateringsområdet har målet att fördröja och rena den framtida dagvattenbildningen ner till befintliga nivåer.

En del av Lunsen ytavrinning ingår i Sävjaåns avrinningsområde Sävjaån vilket betyder att Lunsens ytavrinning till Sävjaån inte får hindras av exploateringen och inte heller blandas upp med dagvatten som genereras av det bebyggda området.

Enligt föroreningsberäkningarna som utförts med StormTac ökar årsmedelbelastningen av förorenande ämnen jämfört med dagens situation för både Fyrisån och Sävjaån om inga dagvattensystem anläggs. Om en optimal rening sker i FRI-systemet och på kvartersmarkens dagvattenanläggningar blir den resulterande föroreningsbelastningen förhöjd i samband med exploateringen för 10 av ämnena (däribland fosfor) och minskar för 12 ämnen.

Den acceptabla fosforbelastningen till Sävjaån är beräknad till ett gränsvärde av 60 µg/l vilket uppnåddes enligt föroreningsberäkningar är möjligt att uppnås med föreslagen rening. Tillsvidare rekommenderas att åtgärdsinriktat arbete på lokal nivå har beting om en minskning av 30 % av den totala fosforbelastningen. För att uppnå detta måste föroreningsbelastningen av fosfor från planområdet understiga cirka 20 kg/år enligt föroreningsberäkningarna (bilaga 6). För att åstadkomma bör kompenserade reningsåtgärder av befintlig bebyggelse beaktas.

Föroreningsberäkningarna indikerar att föroreningsbelastningen av polybromerade difenyletrar (PBDE) i princip inte ökar om föreslagna dagvattenåtgärder anläggs.

FRI-systemet tillsammans med andra renings- och fördröjningssteg ska innebära att flödesbelastningen minskar eller blir oförändrad i samband med exploateringen. Ett väl utbyggt FRI-systemet medför att dagvattnet via en kort rinnsträcka har hög tillgänglighet till närmaste reningsanläggning vilket ökar sannolikheten att allt förorenat dagvatten renas effektivt.

19.4 Natura 2000 Lunsen

Lunsen är 1355,4 hektar stort naturreservat och Natura 2000-område som ägs och förvaltas av Uppsala kommun (Länsstyrelsen Uppsala Län, 2019). Eftersom naturreservatet även är klassat som ett Natura 2000-område innebär det att området innehåller arter eller naturtyper som är särskilt skyddsvärda ur ett europeiskt perspektiv. Till skillnad från naturreservat innebär Natura 2000-klassningen att förändringar eller ingrepp utanför själva området kan förbjudas av länsstyrelse ifall de riskerar försämra Natura 2000-området som habitat för dess arter. Dessutom bör inget vatten från det bebyggda området ledas in i naturreservatet.

Det föreslagna systemet för dagvattenhanteringen inom området eftersträvar att maximera infiltrationen av rent dagvatten. Detta innebär att den kvalitativa och kvantitativa statusen på grundvattnet inom området potentiellt sett får en begränsad påverkan. För att säkerställa att eventuella sänkta grundvattennivåer inte ska drabba grundvattennivåerna i närliggande Natura 2000-klassade områden bör renat dagvatten perkolera och bidra till grundvattenbildningen.

Risikanalysen visar dock att grundvattenbildningen kommer att minska med den föreslagna exploateringen. För att minimera minskningen bör systemlösningen för hantering av dagvatten och mark-/ytvatten inom planområdet bygga på att så stor andel som möjligt av detta vatten kan tillåtas infiltrera inom FRI-systemet och bilda grundvatten. Dock med beaktande av att orenat dagvatten från körbara ytor (vägar, gator, parkering, lastkaj, parkeringshus m.m.) inte ska infiltreras utan föregående rening i stadsmiljöns FRI-ytor.

Exploateringen innebär även en ökning av diffusa utsläpp av föroreningar till grundvattnet då det sker en ökning av ytor så som vägar och parkeringar. Det är därför viktigt att implementera det föreslagna dagvattensystemet som innebär att dagvattnet renas och även återförs till marken och kan bilda grundvatten, där så är lämpligt.

Vid exploatering av Sydöstra stadsdelen kommer grundvattenbalanser att kunna påverkas. Det kan medföra förändringar i grundvattennivåer som i sin tur medför konsekvenser för omgivningen. I denna utredning har det inte funnits utrymme att utreda förhållanden som har betydelse för grundvattenbalansen och resonemangen blir därför principiella.

Grundvattenbalansen kan delas in i två geografiska områden; dels hur naturområdet Lunsen påverkas, dels hur grundvattenkänsliga områden påverkas inom planområdet. Åtgärder för att minimera dränering av grundvatten vid utbyggnad av planområde längs gräns till Lunsen kommer ett behöva vidtas. Vid en utbyggnad kommer nivåförändring genom schakter och dränerande anläggning så som ledningsgravar, utan åtgärd, medför risk för ökad dränering från Lunsen, det vill säga att grundvattennivåer, vilket även påverkar ytvattennivåer. Åtgärder för att förhindra detta behöver utredas ytterligare. Fortsatta geohydrologiska och hydrologiska utredningar i enlighet med de förslag som beskrivs i kapitel 1 är en del för att säkerställa bevarandet av Lunsen.

Inom planområdet kan grundvattenkänsliga delar exempelvis bestå av ytvattendrag (som behöver ett basflöde av grundvatten), grundvattenberoende naturvärden eller områden med sättningkänsliga jordar, till exempel lera (som komprimeras vid grundvattensänkning och kan orsaka stabilitetsproblem och sättningsskador på anläggningar och fastigheter).

19.5 Fyrisån Miljökvalitetsnormer och Lokalt åtgärdsprogram

Fyrisån rinner genom Uppsala och sträcker sig från Dannemorasjön till Ekoln med en total längd på 54 km. Den sista delen av vattendraget, som sträcker sig mellan Sävjaåns utlopp och Ekoln, utgör recipient för planområdet.

Fyrisån Ekoln- Sävjaån (SE663334-160460) har måttlig ekologisk status där utslagsgivande kvalitetsfaktor är totalfosforvärdena. Vattenförekomsten uppnår ej god kemisk status på grund av förhöjda halter av kvicksilver och dess föreningar, antracen, bromerade difenyletrar, PFOS samt tributyltenn-föreningar. Precis som för Sävjaån ska Fyrisån enligt miljökvalitetsnormen uppnå "God ekologisk status" till år 2027, samt "God kemisk ytvattenstatus" 2027, med mindre stränga krav för bromerad difenyleter och kvicksilver och dess föreningar. Statusklassning och miljökvalitetsnormen för Fyrisån (SE663334-160460) är sammanfattade i Tabell 19-2. Identifierade miljöproblem i vattendraget är övergödning, miljögifter och morfologiska förändringar (VISS, 2019).

Tabell 19-2. Fyrisåns miljökvalitetsnormer.

Recipient	Ekologisk status	Kemisk status	MKN Ekologisk status	MKN Kemisk status
	Fyrisån SE663334-160460	Måttlig	Uppnår ej god	God 2027

Vid Fyrisån finns Årike Fyris naturreservat. Det sträcker sig utmed Fyrisån från Kungsängen i norr till Flottsund i söder, främst längs åns östra sida. Klassningen som naturreservat innebär att föreskrifter finns inom reservatets område. Fyrisån berörs även av att Sävjaån-Funbosjön är ett Natura 2000-område, eftersom Sävjaån mynnar ut i Fyrisån, men troligtvis påverkas Fyrisån mycket begränsat av just Natura 2000-klassningen.

Föreningensberäkningarna indikerar att flödesbelastningen är förhöjd med i samband med exploateringen för sex av ämnena (däribland fosfor) och minskar för 16 ämnen. Kompenserande reningsåtgärder behövs för att ytterligare rena fosfor, kväve, nickel, kvicksilver, TBT och klor.

Uppsala Avloppsreningsverk och förorenade områden har identifierats som punktkällor med betydande påverkan. Även diffusa källor har betydande påverkan på vattenförekomsten; urban markanvändning, jordbruk, enskilda avlopp, atmosfärisk deposition samt andra relevanta.

Övergödning p.g.a. belastning av näringsämnen anges vara ett miljöproblem. Vidare anges såvitt avser ekologisk status, att det är tekniskt omöjligt att uppnå god ekologisk status med avseende på näringsämnen till år 2021 eftersom en eller flera vattenförekomster uppströms har tidsundantag till år 2027. Åtgärderna för denna vattenförekomst behöver emellertid genomföras till år 2021 för att god ekologisk status ska kunna nås till år 2027.

20 Referenser

- Alm, H., Banach, A., Larm, T., 2010. *Förekomst och rening av prioriterade ämnen, metaller samt vissa övriga ämnen i dagvatten*. Svenskt Vatten Utveckling, rapport Nr 2010-06
- Havs- och vattenmyndigheten. 2016. *Följder av Weserdomen. Analys av rättsläget med sammanställning av domar*. Rapport 2016:30
- Larm T. 2000. *Utformning och dimensionering av dagvattenreningsanläggningar*. VA-FORSK-rapport 2000-10.
- Naturvårdsverket, 2017 *Förutsättningar för provningar och tillsyn i Natura 2000-områden*
- Sundin, E. 2012 *Dagvattenhantering*. Tidskriften Landskap. Nr:3.s 17-19.
- Stockholms stad, 2016. *Dagvattenhantering – Åtgärdsnivå vid ny- och större ombyggnation*.
- Svenskt Vatten, 2016. *P110 Avledning av dag-, drän-, och spillvatten*.
- Svenskt Vatten, 2011. *P104 Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem*.
- Svenskt Vatten, 2011. *P105 Hållbar dag- och dränvattenhantering - råd vid planering och utförande*.
- VISS, 2019. Vatteninformationssystem Sverige, <http://viss.lansstyrelsen.se/>, hämtat 2019-04-29
- Geosigma, 2018a. Riskanalys av Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde ur grundvattensynpunkt.
- Geosigma, 2018b. Kunskapsspåret – Riskanalys spårväg. Riskanalys av Kunskapsspåret ur grundvattensynpunkt.
- Larm, T. (2000). *Watershed-based design of stormwater treatment facilities: model development and applications*. PhD thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Länsstyrelsen i Uppsala Län, 1989. *Vattenskyddsområde och skyddsföreskrifter för de kommunala vattentäkterna i Uppsala- och Vattholmaåsarna i Uppsala kommun*.
- MSB, 2011. *Vägledning för risk- och sårbarhetsanalyser*. MSB245 - april 2011.
- SGU, 2017. Grundvattenbildning och grundvattentillgång i Sverige. RR 2017:09.
- Trafikverket, 2013. *TRV Handbok. Yt- och grundvattenskydd*. Publikation 2013:135.
- Uppsala kommun, 2018. Riktlinje för markanvändning inom Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde ur grundvattensynpunkt.

Uppdragsledare: Jenny Korinth

Handläggare: Erik Gustafsson

Uppdragsnummer: 606197

Beställare: Uppsala kommun

Risکاناليس – FÖP SÖS

Bilaga 1 – Skyddsobjekt, hänsynskrav och riskobjekt

1. Val av skyddsobjekt

Riskhanteringsprocessens målsättning är att Uppsala ska kunna utvecklas på ett sådant sätt att grundvattenförekomsterna har ett fullgott skydd idag och på lång sikt. Den planerade exploateringen/utvecklingen inom planområdet Sydöstra stadsdelarna inklusive Bergsbrunna är inom Uppsalaåsens tillrinningsområde, mer specifikt inom tillrinningsområdet till grundvattenförekomsterna Uppsalaåsen-Uppsala och Sävjaån - Samnan. Grundvattenförekomsterna Uppsalaåsen-Uppsala och Sävjaån – Samnan har valts som skyddsobjekt för riskanalysen.

2. Val av hänsynskrav

2.1 Miljö kvalitetsnormer för grundvatten och gränsvärden för dricksvatten

Grundvattenförekomsten Uppsalaåsen-Uppsala omfattas av både ramdirektivet för vatten (2000/60/EG) och grundvattendirektivet (2006/118/EG). Den utnyttjas även som grundvattentäkt för produktion av dricksvatten. Utgångspunkten i riskanalysen är att förhindra att grundvattenförekomsten hotas av risker som kopplas till försämrade vattenkvalitet- och kvantitet. Som hänsynskrav i riskanalysen används därför miljö kvalitetsnormer (MKN) för grundvatten och gränsvärden för dricksvattenkvalitet enligt Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten.

Miljö kvalitetsnormerna för grundvatten avser både kvalitet och kvantitet. God kvantitativ status innebär att det råder balans mellan grundvattenuttag och grundvattenbildning.

Miljö kvalitetsnormerna för vattenkvalitet uttrycks i halter av olika ämnen som kan ha en påverkan på vattenkvaliteten. De fastställs av vattenmyndigheterna för varje enskild grundvattenförekomst. Bland de ämnen som omfattas av MKN återfinns föroreningar som uteslutande eller i hög grad härrör från mänskliga aktiviteter (exempelvis bekämpningsmedel, klorerade lösningsmedel och polycykliska aromatiska kolväteföreningar) men också ämnen som förekommer naturligt (exempelvis närsalter, fluor och arsenik), ibland även i kombination med mänskliga utsläpp (exempelvis metaller, klorid och sulfat). Dessa ämnen kan i högre halter klassas som föroreningar genom att de begränsar möjligheten att använda vattnet som dricksvatten. MKN anges dels som ett övre riktvärde, dels som en utgångspunkt för att vända trend. Dessa utgångspunkter ska användas för att i ett tidigt skede identifiera trender som riskerar att leda till att MKN (övre riktvärde) överskrids, så att motverkande åtgärder kan vidtas.

I Tabell 1 redovisas hänsynskrav i form av miljö kvalitetsnormer och Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten för de ämnen som i dagsläget omfattas av MKN/gränsvärden.

Tabell 1. Miljö kvalitetsnormer (MKN), utgångspunkt för att vända trend (avseende MKN) och Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten. Som hänsynskrav i riskanalysen används både MKN och Livsmedelsverkets gränsvärden.

Parameter	Enhet	Riktvärde för grundvatten (MKN)	Utgångspunkt för att vända trend	Gränsvärden för dricksvatten (LMV)
1,2-diklorethan	µg/l	3	0.5	3
<i>Bekämpningsmedel</i>				
a) Aktiva ämnen	µg/l	0.1 (enskilda)	Detekterat	0.1 (enskilda)
b) inkl. metaboliter, nedbrytnings- och reaktionsprodukter	µg/l	0.5 (totalt)		0.5 (totalt)
Ammonium	mg/l	1.5	0.5	
Antimon	µg/l			5
Arsenik	µg/l	10	5	10
Bensen	µg/l	1	0.2	1
Benso(a)pyrene	ng/l	10	2	10
Bly	µg/l	10	2	10
Bor	mg/l			1
Bromat BrO ₃	µg/l			10
Cyanid	µg/l			50
Fluorid	mg/l			1.5
Fosfat	mg/l	0.6	0,1	
Kadmium	µg/l	5	1	5
Klorid	mg/l	100	50	
Kloroform (triklormetan)	µg/l	100	50	100 (trihalo-metaner totalt)
Konduktivitet	mS/m	150	75	
Koppar	mg/l			2
Krom	µg/l			50
Kvicksilver	µg/l	1	0.05	1
Nickel	µg/l			20
Nitrat	mg/l	50	20	50 (mg/l NO ₃)
Nitrit	mg/l	0.5	0.1	0.5
Summa 4 PAH:er,	ng/l	100	20	100
Benso(b)fluoranten				
Benso(k)fluoranten				
Benso(ghi)perylen				
Indeno(1,2,3-cd)pyren				
Selen	µg/l			10
Sulfat	mg/l	100	50	
Trikloreten + Tetrakloreten	µg/l	10	2	10
Vinylklorid	µg/l			Beräknat 0.5

2.2 Gränsvärden för PFAS i grundvatten och dricksvatten

Hänsynskraven kompletteras med rekommenderad åtgärdsgräns för poly- och perfluorerade alkylsubstanser (PFAS). PFAS är ett samlingsnamn för en grupp ämnen som används bland annat i brandsläckningsskum, rengöringsmedel, impregneringsmedel och i verkstads- och

elektronikindustrin. PFAS miljö- och hälsoskadliga effekter har upptäckts relativt sent och fått stor uppmärksamhet under de senaste åren.

Livsmedelverket har tagit fram en åtgärdsgräns för summan av 11 PFAS-ämnen i dricksvatten. Om åtgärdsgränsen överskrids uppfyller vattnet inte kraven på dricksvattenkvalitet. Avseende PFAS-riktvärde i grundvatten fattade vattenmyndigheterna i november 2016 ett inriktningsbeslut som innebär att Livsmedelsverkets åtgärdsgräns i dricksvatten används även i grundvatten. SGI har även tagit fram ett preliminärt riktvärde för PFOS i grundvatten. De föreslagna gränsvärdena redovisas i Tabell 2.

Den europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten, Efsa, fastställde den 17 september 2020 sin bedömning av hur mycket PFAS-ämnen man kan få i sig utan risk för hälsan. Det nya fastslagna värdet är 4.4 nanogram per kilo kroppsvikt och vecka (TWI) och gäller sammanlagda mängden för fyra olika PFAS-ämnen (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS). Med det nya fastställda TWI kan Livsmedelsverkets föreslagna åtgärdsgräns för dricksvatten behöva ses över.

EU arbetar nu med att fastställa juridiska gränsvärden för olika PFAS i dricksvatten. Detta direktiv anger vad länderna minst måste uppfylla och länderna kan välja att ställa hårdare krav. Dricksvattendirektivet beräknas vara beslutat i december 2020.

Tabell 2. Rekommenderade gränsvärden för PFAS i grundvatten och dricksvatten

Parameter	Enhet	Föreslaget gränsvärde	Källa
PFAS (summa 11*)	µg/l	0.09	Åtgärdsgräns för dricksvatten (Livsmedelsverket, 2016)
PFOS	µg/l	0.045	Preliminärt riktvärde för grundvatten (SGI, 2015)

* Perfluorbutansulfonat (PFBS), Perfluorhexansulfonat (PFHxS), Perfluoroktansulfonat (PFOS), Fluortelomersulfonat (6:2 FTS), Perfluorbutanoat (PFBA), Perfluorpentanoat (PFPeA), Perfluorhexanoat (PFHxA), Perfluorheptanoat (PFHpA), Perfluoroktanoat (PFOA), Perfluornonanoat (PFNA), Perfluordekanoat (PFDA)

2.3 Tolkning av samband mellan överskridande av MKN och grundvattnets kemiska status

Enligt § 14 i Sveriges geologiska undersöknings föreskrifter om miljökvalitetsnormer och statusklassificering för grundvatten (SGU-FS 2013:2 14) bestäms den kemiska statusen enligt följande:

En grundvattenförekomst eller grupp av grundvattenförekomster har god kemisk grundvattenstatus när

- 1 *fastställda riktvärden för grundvatten enligt 5–7 §§ inte överskrids vid någon övervakningspunkt i denna förekomst eller grupp av förekomster, eller*
- 2 *riktvärden för grundvatten överskrids i en eller flera övervakningspunkter i denna förekomst eller grupp av förekomster, men det är möjligt att visa att överskridandet inte skadar*

människa eller angränsande miljö och att möjligheten att använda grundvattnet inte försämras.

Om inget av dessa kriterier uppfylls är den kemiska grundvattenstatusen otillfredsställande.

Enligt punkt 2 är det möjligt att MKN överskrids lokalt och/eller tillfälligt utan att grundvattenförekomstens kemiska status sänks till otillfredsställande. Det saknas tydlig vägledning om var brytpunkten går när ett överskridande är så betydande att statusen förändras. Detta faktum påverkar riskhanteringsprocessen på följande vis:

- Konsekvenser analyseras utifrån ett lokalt perspektiv, det vill säga för en liten del av den totala grundvattenförekomsten. Detta är nödvändigt för att kunna beräkna en teoretisk förändring i grundvattnets kvalitet och därmed särskilja olika konsekvensnivåer. Det är dessutom förenligt med SGU-FS 2013:2 att beskriva variationer inom en och samma grundvattenförekomst.
- Ett lokalt överskridande av MKN eller gränsvärden för dricksvatten bedöms innebära en mycket stor konsekvens. Det är en tydlig signal om att skadehändelser med denna påverkan behöver hanteras för att reducera risknivåerna.

2.4 Val av riskobjekt

Riskerna som grundvattenförekomsten kan utsättas för beror framför allt på hur markanvändningen ser ut just i området där risken uppstår. Därför väljs markanvändningsytor som riskobjekt i riskanalysen. En markanvändningsyta avser i det här sammanhanget en sammanhängande geografisk yta med en viss markanvändning.

Referenser

Livsmedelsverket, 2016. *Risker vid förorening av dricksvatten med PFAS*. Riskhanteringsrapport 2016-02-29.

SGI, 2015. *Preliminära riktvärden för högfluorerade ämnen (PFAS) i mark och grundvatten*. SGI Publikation 21.

SGU, 2013. *Sveriges geologiska undersöknings föreskrifter om miljökvalitetsnormer och statusklassificering för grundvatten*. SGU-FS 2013:2.

Vattenmyndigheterna, 2016. *Riktvärden för PFAS i grundvatten inför kartläggning 2016*. Inriktningsbeslut 2016-11-16. Dnr: 537-4640-16.

EFSA, 2020. *PFAS in food: EFSA assesses risks and sets tolerable intake*, 2020-09-17.

Livsmedelsverket, 2020. *Efsa fastställer bedömning av PFAS-ämnen*, 2020-09-29.

Uppdragsledare: Jenny Korinth

Handläggare: Erik Gustafsson

Uppdragsnummer: 606197

Beställare: Uppsala kommun

Risikanalys – FÖP SÖS

Bilaga 2 – Metodik för riskanalys

Metodik för riskanalys

Riskanalysen är en sammanvägning av ett områdes känslighet, ett förorenande ämnes mängd och farlighet kopplat till en given skadehändelse och hur omfattande konsekvensen av denna blir, samt sannolikheten för att en given skadehändelse inträffar. Sammantaget ger detta risken för att en given skadehändelse medför en skadlig inverkan på skyddsobjektet (i.e. risk; Figur 1). Sannolikheter för att en viss skadehändelse inträffar bedöms utifrån statistiskt underlag, expertbedömningar, och med hänsyn till markanvändning. Konsekvenser bedöms utifrån mängd och farlighet hos den aktuella föroreningen och med hänsyn till områdets känslighet. I detta kapitel beskrivs sammankopplingen av ovanstående och riskernas geografiska utbredning inom planområdet.

1. Identifiering av skadehändelser

En skadehändelse definieras här som en händelse som kan, men inte nödvändigtvis måste, bidra till att halterna av miljöstörande ämnen i grundvattnet ökar, eller att grundvattenkvantiteten minskar. Markanvändningen styr vilka skadehändelser inom tillrinningsområdet som potentiellt kan utgöra risker för vattenkvaliteten- och kvantiteten i grundvattenförekomsten. Identifieringen av skadehändelser bygger främst på tidigare erfarenheter av olyckor, incidenter eller riskanalyser. Skadehändelserna avser både anläggnings- och driftskede.

2. Sannolikhet för given skadehändelse

Sannolikheten för varje skadehändelse baseras på tillgänglig statistisk och markanvändning. Där underlagsdata inte finns tillgängligt görs kvalitativa bedömningar. Sannolikheterna klassificeras i enlighet med Tabell 1 där en indelning i sannolikhetsklass (1-5) görs utifrån skadehändelsernas frekvens.

Tabell 1. Indelning av generella sannolikheter utifrån skadehändelsernas frekvens.

Frekvens	Sannolikhet
> 1 gång per dag – 1 mån	5
1 gång per 1 mån – 1 år	4
1 gång per 1 år – 10 år	3
1 gång per 10 år – 100 år	2
1 gång per 100 år – 1000 år	1

3. Mängd, farlighet och konsekvens

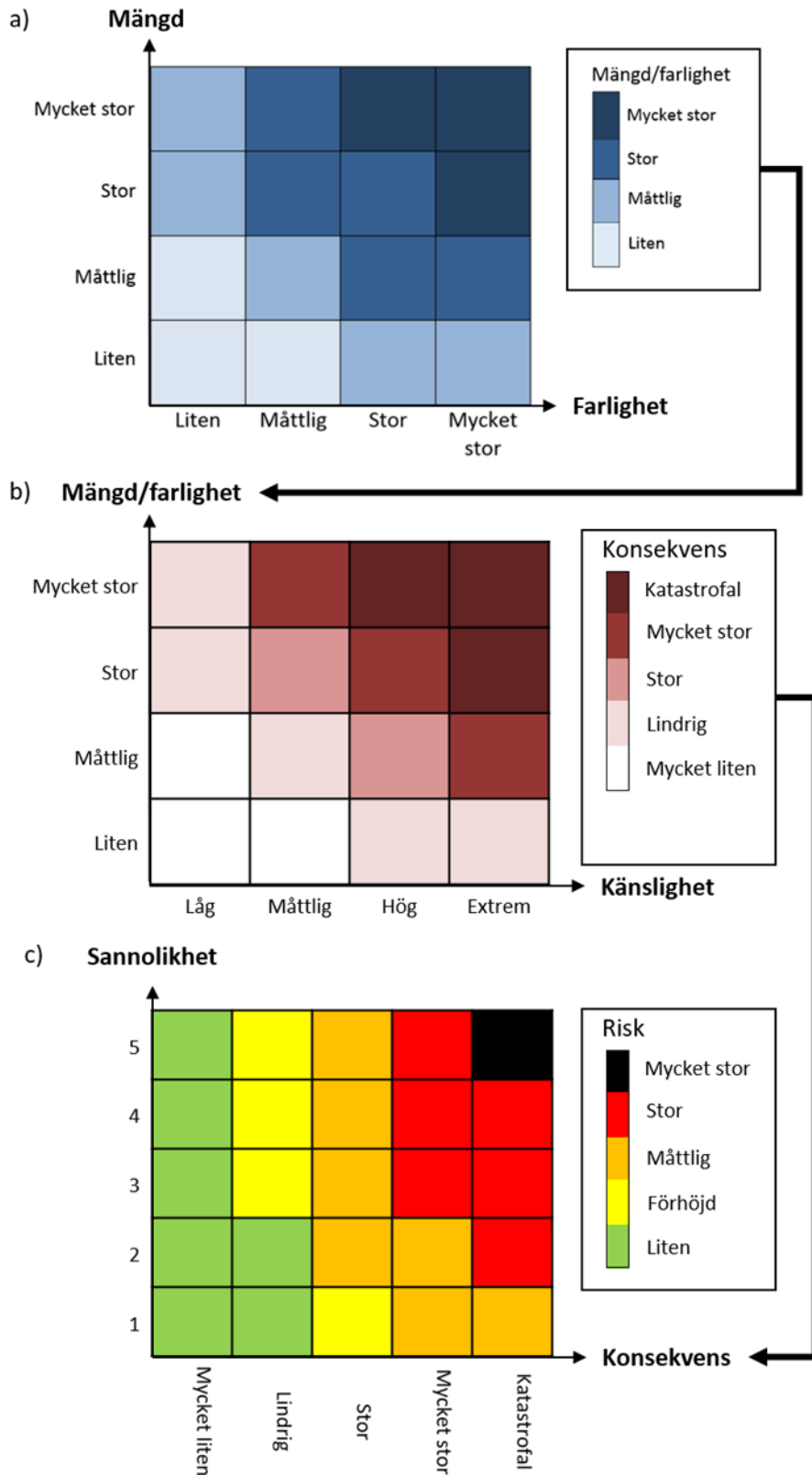
Med mängd och farlighet för en given skadehändelse avses här mängd och typ av föroreningar som sprids vid en given skadehändelse. Information om ovanstående är baserat på expertbedömningar utifrån Geosigmas erfarenheter av undersökningar och saneringar av förorenade områden, och på information som inhämtats via Kemikalieinspektionens, Länsstyrelsernas, Naturvårdsverkets hemsidor, samt kanadensiska statens hemsida (Government of Canada, 2017).

En förorenings farlighet definieras här som en sammanvägning av dess toxicitet, persistens och vattenlöslighet. Översiktliga bedömningar av olika föroreningars farlighet har här gjorts för hela ämnesgrupper, inklusive deras ingående komponenter och nedbrytningsprodukter (Tabell 2). I realiteten finns variationer i egenskaper hos olika ämnen inom samma ämnesgrupp, och farligheten påverkas av platsspecifika förhållandena (exempelvis pH-värde) samt andra ämnesspecifika egenskaper. Klassificeringen av farlighet har anpassats utifrån ämnenas uppträdande och spridningsförutsättningar till just grundvatten. Information om vad som är styrande för ett ämnes

farlighet har hämtats ifrån Naturvårdsverkets riktvärdesmodell. Fokus har legat på de ämnen vars riktvärden i första, andra, eller tredje hand styrs av intag av dricksvatten eller spridning (skydd av grundvatten).

Uppskattning av mängd förorening vid en given skadehändelse görs efter grova riktlinjer som baseras på Geosigmas tidigare erfarenheter av läckage och spill av föroreningar, och översiktliga beräkningar med hjälp av StormTac (Tabell 3). Många ämnen förekommer inte i fri fas utan ingår i någon form av produkt eller uppstår som en restprodukt vid en process. Mängderna av sådana ämnen är därmed svåra att uppskatta. Det finns även en skillnad i skadehändelser där en förorening sker som ett tillfälligt punktutsläpp och skadehändelser där en förorening läcker ut under en längre tid. Tabell 3 är tänkt att ge en översiktlig uppfattning om hur föroreningsmängderna kan bedömas, men en specifik bedömning bör göras för varje enskild skadehändelse.

Slutligen så bedöms konsekvensen för en given skadehändelse som en sammanvägning av mängd samt farlighet för en given skadehändelse (Figur 1a), tillsammans känsligheten i området där skadehändelsen inträffar (Figur 1b). Genom att först väga samman en förorenings farlighet med mängd (Figur 1a), innan bedömning av konsekvens (Figur 1b), tas hänsyn till att vissa föroreningar är farliga redan i mycket små mängder, medan andra blir farliga först i stora mängder. Konsekvens tolkas här som den utsträckning en given skadehändelse kan åsamka en skadlig inverkan på vattenkvaliteten i grundvattenförekomsten, i förhållande till miljökvalitetsnormerna (MKN) och Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten (Se Bilaga 1, Tabell 1 och Tabell 2).



Figur 1. Illustration över ingående steg i riskanalysen. För given skadehändelse: a) Uppskattning av mängd och farlighet, b) uppskattning av konsekvens, och c) bedömning av risk från skadehändelsens sannolikhet (separat) och konsekvens.

Tabell 2. Underlag för klassificering av farlighet hos olika ämnesgrupper

Förorening	Toxicitet	Persistens	Vattenlöslighet	Övrigt	Farlighet
Bekämpningsmedel	Stor	Mycket stor	Stor	Stora spridningsförutsättningar till grundvatten	Mycket stor
Gödningsmedel	Liten	Måttlig	Liten-stor	Generellt har gödningsmedel (fosfor, kväve, kalium) liten farlighet. Om t.ex. avloppsslam används som gödningsmedel kan farligheten dock vara stor.	Liten
Dioxiner	Stor	Mycket stor	Liten	Långlivade, toxiska redan i mycket låga halter men relativt små spridningsförutsättningar i grundvatten	Stor
Klorerade lösningsmedel	Stor	Stor	Måttlig	Binds dåligt till jord, transporteras snabbt till grundvatten, stora spridningsförutsättningar, kan spridas som fri fas	Mycket stor
Metaller	Stor	Mycket stor	pH-beroende	Farligheten är olika för olika metaller. Arsenik är den metall som utgör störst risk för grundvatten och är därför dimensionerande för bedömningen av farlighet. Metaller med liten spridningsbenägenhet i grundvatten har liten farlighet för grundvatten.	Stor
PAH-L	Måttlig	Liten	Måttlig	Lättare fraktioner bryts ned snabbt och tyngre fraktioner är inte särskilt vattenlösliga.	Måttlig
PAH-H	Måttlig	Stor	Liten		
Diesel	Måttlig	Måttlig	Måttlig	Lättare fraktioner bryts ned snabbt och tyngre fraktioner är inte särskilt vattenlösliga. BTEX bedöms utgöra det största hotet för grundvatten (men det kräver ett mycket stort utsläpp).	Måttlig
Olja	Stor	Stor	Måttlig		
Bensin	Stor	Måttlig	Måttlig		
BTEX	Mycket stor	Måttlig	Stor		
PCB	Stor	Stor	Liten	Partikelbunden transport i grundvatten	Stor
PFAS	Stor	Mycket stor	Måttlig-stor	Stora spridningsförutsättningar i grundvatten, extremt låg nedbrytbarhet	Mycket stor
Organiska tennföreningar (TBT m.fl.)	Stor	Stor	Måttlig	Förekommer främst i ytvatten (framför allt i sediment). Spridningsförutsättningarna till grundvatten är små.	Måttlig

Förorening	Toxicitet	Persistens	Vattenlöslighet	Övrigt	Farlighet
Spillvatten (fosfor, kväve, patogener, läkemedel och mikroplaster)	Måttlig	Måttlig	Stor	Detta är en samlad bedömning. Spillvatten innehåller många olika ämnen med olika farlighet och påverkan på grundvattnet. Gemensamt är dock goda spridningsförutsättningar i grundvatten.	Måttlig
Dagvatten (fosfor, kväve, suspenderat material, metaller, olja, mikroplaster med mera)	Liten	Måttlig-stor	Liten-stor	Innehåller många olika ämnen med olika farlighet och påverkan på grundvattnet.	Liten
Byggdagvatten (fosfor, kväve, suspenderat material, metaller, olja med mera)	Liten-måttlig	Måttlig-stor	Liten-stor	Innehåller många ämnen med olika farlighet och påverkan på grundvattnet. Det är dock större sannolikhet för att det förekommer högre halter suspenderat material, kväve (vid sprängningar) med mera i byggdagvatten än i vanligt dagvatten. Även låga pH-värden kan förekomma.	Måttlig
Lakvatten från sulfidförande bergkross (med lågt pH som löser upp metaller)	Liten-måttlig	Måttlig	Liten-stor	Kan innehålla många ämnen med olika farlighet och påverkan på grundvattnet.	Måttlig

Tabell 3. Klassificering av föroreningsmängd. Mängderna avser utsläpp eller läckage från en enskild skadehändelse.

		Mängd			
Förorening		Liten	Måttlig	Stor	Mycket stor
Tillfälligt spill	Bekämpningsmedel	< 1 l	1 – 10 l	10 l – 10 m ³	> 10 m ³
	Diesel	< 100 l	100 l – 10 m ³	10 – 100 m ³	> 100 m ³
	Olja	< 100 l	100 l – 10 m ³	10 – 100 m ³	> 100 m ³
	Bensin	< 100 l	100 l – 10 m ³	10 – 100 m ³	> 100 m ³
	BTEX	< 10 l	10 l – 1 m ³	1 – 10 m ³	> 10 m ³
Brott på spillvattenledning	Fosfor, kväve, patogener, mikroplaster, läkemedel	< 1 m ³	1 - 100 m ³	100 - 1800 m ³	>1800 m ³
Kontinuerligt läckage från spillvattenledning	Fosfor, kväve, patogener, mikroplaster, läkemedel	< 365 m ³ /år	365 - 4900 m ³ /år	4900 - 9400 m ³ /år	> 9400 m ³ /år

Bräddning på pumpstation	Fosfor, kväve, patogener, mikroplaster, läkemedel	< 20 m ³	20 – 500 m ³	500 - 1700 m ³	>1700 m ³
Utsläpp från enskilda avlopp	Fosfor, kväve, patogener, mikroplaster, läkemedel	< 600 m ³ /år	600 - 3000 m ³ /år	3000 - 6000 m ³ /år	> 6000 m ³ /år
Brott på dagvattenledning	Dagvatten	< 81 m ³	81 - 320 m ³	320 - 5000 m ³	> 5000 m ³
Utsläpp av byggdagvatten	Byggdagvatten	< 40 m ³	40 - 300 m ³	300 - 3100 m ³	> 3100 m ³
Utsläpp av lakvatten från bergschakt/bergtäkt	Försurat vatten, metaller	< 34 m ³	34 - 400 m ³	400 - 6000 m ³	> 6000 m ³
Kontinuerligt läckage från punktkälla	Klorerade lösningsmedel	< 1 kg/år	1 – 10 kg/år	10 – 100 kg/år	> 100 kg/år
	Arsenik	< 1 kg/år	1 – 10 kg/år	10 – 100 kg/år	> 100 kg/år
Läckage från diffus källa/historisk verksamhet	PFAS	< 0,1 kg/år	0,1 – 1 kg/år	1 – 10 kg/år	> 10 kg/år
	Bekämpningsmedel	< 0,1 kg/år	0,1 – 1 kg/år	1 – 10 kg/år	> 10 kg/år

Tabell 4. Indelning av konsekvenser utifrån skadehändelsernas bedömda påverkan på möjligheten att uppnå MKN/gränsvärden.

Påverkan	Konsekvens
Lokalt överskridande av MKN/gränsvärde, irreversibel ^a	Katastrofal
Lokalt kraftigt överskridande av MKN/gränsvärde, reversibel ^b	Mycket stor
Lokalt litet överskridande av MKN/gränsvärde, reversibel ^b	Stor
Liten men mätbar haltökning	Lindrig
Ej mätbar haltökning	Mycket liten

^a Med irreversibel påverkan avses en påverkan på grundvattenförekomsten som innebär att denna inte kan användas för dricksvattenändamål inom en överskådlig framtid. Det är inte möjligt att med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel utföra efterhandsåtgärder för att åter kunna använda grundvattenförekomsten för dricksvattenändamål.

^b Med reversibel påverkan avses en påverkan på grundvattenförekomsten som genom rimliga medel och/eller naturlig nedbrytning kan åtgärdas så att grundvattenförekomsten fortsatt kan användas för dricksvattenändamål.

4. Risk

Risk för en given skadehändelse bedöms som en sammanvägning av sannolikheten att skadehändelsen inträffar, och den tidigare bestämda konsekvensen för skadehändelsen (Figur 1c och

Tabell 4). I riskbedömningen så värderas konsekvensen något högre än sannolikheten. Därigenom motiveras riskreducerande åtgärder alltid där konsekvensen är mycket stor eller katastrofal, trots att sannolikheten är liten. Utfallet för en skadehändelse som klassificerats med en mycket stor, stor, måttlig, förhöjd, eller liten risk sammanfattas i Tabell 5.

Tabell 5. Utfall per risk

Risk	Utfall
Mycket stor (svart)	Grundvattenförekomst obrukbar. Negativ påverkan på grundvattnet är irreversibel.
Stor (röd)	Grundvattenförekomst obrukbar. Negativ påverkan på grundvattnet är reversibel. Långtgående förebyggande, riskreducerande åtgärder är motiverade.
Måttlig (orange)	Grundvattenförekomst temporärt obrukbar men kan ersättas med befintlig reservvattenkapacitet. Förebyggande, riskreducerande åtgärder bör vidtas, omfattande åtgärder kan i vissa fall vara motiverade.
Förhöjd (gul)	Grundvattenförekomst brukbar men med temporärt något försämrad kvalitet. Förutsättningarna för efterbehandlingsåtgärder är goda. Smärre förebyggande, riskreducerande åtgärder kan vara motiverade.
Liten (grön)	Grundvattenförekomst brukbar. Förebyggande, riskreducerande åtgärder (utöver vad som normalt tillämpas) är inte motiverade

Omfattningen hos åtgärderna bör avgöras för respektive fall beroende på förutsättningarna i det aktuella området. För riskklasserna C och D antas att enkla förebyggande åtgärder kan utföras som inte innebär några större kostnader. Riskklasserna A och B innebär så stora konsekvenser att långtgående förebyggande, riskreducerande åtgärder är motiverade. Detta kan till exempel innebära att planerade anläggningar inom områden med hög eller extrem känslighet utformas med extra säkerhetsanordningar eller att stränga restriktioner i markanvändning implementeras inom dessa områden.

5. Riskhantering

Riskreducerande åtgärder utreds med utgångspunkt i de skadehändelser som identifierats i riskinventeringen och de risker som bedömts i riskanalysen. Riskreducerande åtgärder kan riktas antingen mot att reducera sannolikheten att en viss skadehändelse ska inträffa eller mot att reducera konsekvensen om en skadehändelse inträffar.

Fokus i riskhanteringen ligger på förebyggande åtgärder. Efterhandsåtgärder för att minska konsekvensen av inträffade skadehändelser behandlas inte. Exempel på sådana efterhandsåtgärder kan vara hur räddningstjänsten ska hantera spill av farliga ämnen i ett område med extrem känslighet.

Inom planområdet omfattas delarna väster om väg 255 av det yttre zonen i vattenskyddsområde som finns upprättat för Uppsala kommuns grundvattentäkter i Uppsala- och Vattholmaåsarna (Länsstyrelsen i Uppsala Län, 1989). Riskreducerande åtgärder ska utföras på ett sätt som är förenligt med vattenskyddsföreskrifterna.

Enligt indelningen i riskklasser i Tabell 5 ovan ska riskreducerande åtgärder vidtas om risken är måttlig eller större. Vid förhöjd risk kan förebyggande riskreducerande åtgärder vara motiverade, men då bör dessa vägas mot kostnaden för efterbehandlingsåtgärder samt hur stor den bedömda

konsekvensen är vid ett skadetillfälle. Vid liten risk har bedömningen gjorts att inga riskreducerande åtgärder, utöver vad som normalt tillämpas, är motiverade. Vilka riskreducerande åtgärder som normalt tillämpas styrs av lagar, förordningar och lokala föreskrifter, till exempel vattenskyddsområdets föreskrifter. Man ska dock ha i åtanke att även normala riskreducerande åtgärder kan innebära omfattande åtgärder för att förhindra en skadehändelse.

Referenser

- Fire and Risk Engineering Nordic AB, 2017. *Riskutredning. Dragarbrunn 21:1 Oden Ygg, Uppsala. Utredning för ny detaljplan*. Tillgänglig via: http://bygg.uppsala.se/globalassets/upsala-vaxer/dokument/stadsplanering--utveckling/detaljplanering/samrad_granskning/oden-ygg---samrad/5-b-riskutredning.pdf.
- Gamla Uppsala buss, 2017. Tillgänglig via: http://ww.gub.se/gub/?page_id=69, hämtad 2017-12-05.
- Government of Canada, 2017. *Compare environmental contaminants*. Tillgänglig via: <http://gost.tpsgc-pwgsc.gc.ca/conlst.aspx?lang=eng>, hämtad 2017-11-29.
- Grundvattengruppen, 2017. Funktionsanalysen Uppsalaåsen.
- Kemikalieinspektionen, 2017. *Kemikalieinspektionens föreskrifter om klassificering och märkning av kemiska produkter*. KIFS 2005:7, senast ändrad genom KIFS 2017:4.
- Livsmedelsverket, 2016. *Risker vid förorening av dricksvatten med PFAS*. Riskhanteringsrapport 2016-02-29.
- MSB, 2011a. *Vägledning för risk- och sårbarhetsanalyser*. MSB245 - april 2011.
- MSB, 2011b. *Transport av farligt gods. Väg och järnväg*. MSB327 - november 2011. Tillgänglig via: <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26071.pdf>.
- MSB, 2013. *Rening och destruktion av kontaminerat släckvatten*. Publ.nr MSB536
- MSB, 2014. *Skumvätskor och tillsatser*. Tillgänglig via: <https://www.msb.se/sv/Insats--beredskap/Brand--raddning/Slackmedel-for-raddningstjanst/Skumvatskor-och-tillsatsmedel/>, publicerad 2014-09-11.
- MSB, 2015. *Studie - Helhetsbild av risk inom industriparke*. Del 1 – Dominoeffekter och kumulativ risk. MSB832.
- MSB, 2017. *Hydraulolja*. Tillgänglig via: <https://rib.msb.se/dok.aspx?Tab=2&dokid=20902>, hämtad 2017-12-04.
- Reinosdotter, K., 2007. *Sustainable snow handling*, Doktorsavhandling 2007:12, Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser, Luleå Tekniska Universitet.
- Roslagens biodieselcenter, 2013. *Säkerhetsdatablad enligt förordning (EG) nr 1907/2006. RME/Biodiesel 100/Eldningsolja Bio 100*. Tillgänglig via: <http://www.biodieselcenter.se/assets/sakerhetsdatablad-rme-biodiesel-100-eldningsolja-bio-100.pdf> . Utfärdat 2013-03-05, hämtad 2017-12-07.
- SGU, 2014. *Bekämpningsmedel i grundvatten*. <https://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2014/april/bekampningsmedel-i-grundvatten/>, hämtad 2017-12-08.
- SLU, 2016. *Miljöeffekter av bekämpningsmedel*. Tillgänglig via: <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/kompetenscentrum-for-kemiska-bekampningsmedel/information-om-bekampningsmedel-i-miljon1/exponering-och-miljoeffekter/>, hämtad 2017-12-08.

SMED (Svenska MiljöEmissionsData), 2015. Uppdatering av kunskapsläget och statistik för små avloppsanläggningar. ISSN: 1653-8102. SMED rapportnummer 166.

St1, 2016. *Säkerhetsdatablad. Diesel (CAS 683334-30-5)*. Version 1.6. Förordning 1907/2006/EG. <https://www.st1.se/documents/10180/18982/diesel+68334-30-5+sv.pdf/9daaf982-1e5a-4c95-8c92-cb5af91d9b26>, hämtad 2017-12-08.

SvD, 2004. *Inget mer flygbränsle i city*. Tillgänglig via <https://www.svd.se/inget-mer-flygbransle-i-city-inget-mer-flygbransle-i-city>. Publicerad 2004-12-29.

Sweco, 2016. *Risikanalytisk Stamnätstation Snösättra* (2016-06-28).

Swedavia Airports, 2017. *Draft Masterplan Stockholm Arlanda Airport* (2017-02-22).

Trafikverket, 2013. *TRV Handbok. Yt- och grundvattenskydd*. Publikation 2013:135.

Trafikverket, 2015. *Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter*. Publikation 2015:057.

UNT, 2014. *Flygbränslet kommer fram på omväg*. Tillgänglig via: <http://www.unt.se/sigtunabygden/flygbranslet-kommer-fram-pa-omvag-3180902.aspx>, hämtad 2017-12-07.

UL, 2017. *Miljö och hållbarhet*. Tillgänglig via: <https://www.ul.se/sidfot/om-ul/miljo-och-hallbarhet/>, hämtad 2017-12-05.

UNT, 2017. *Nu tar UL bort alla diesel-bussar*. Tillgänglig via: <http://www.unt.se/nyheter/uppsala/nu-tar-ul-bort-alla-diesel-bussar-4682177.aspx>

Uppdragsledare: Jenny Korinth

Handläggare: Erik Gustafsson

Uppdragsnummer: 606197

Beställare: Uppsala kommun

Risicanalys – FÖP SÖS

Bilaga 3 – Identifierade skadehändelser och sannolikhet att de inträffar

1. Identifierade skadehändelser och sannolikhet att de inträffar

I denna bilaga redovisas de skadehändelser som identifierats i riskanalysen för hela tillrinningsområdet till Uppsala- och Vattholmaåsarna (Geosigma, 2018a) inklusive de skadehändelser som identifierades i den kompletterande riskanalysen för den planerade spårvägen (Geosigma, 2018b)

Befintlig och planerad markanvändning inom planområdet för FÖP Sydöstra Stadsdelarna (FÖP SÖS) avgör vilka risker som är aktuella för den planerade exploateringen inom FÖP SÖS.

Skadehändelse ¹	Kommentar	Markanvändning	Statistiska data 2	Sannolikhet 2
1a. Diffus vardagsbelastning. Nuläge inom planområde.	Föroreningsbelastning från dagvatten	All markanvändning inom planområdet	Bedömning, utifrån beräkning med StormTac dagvattenmodell	<i>Sker kontinuerligt</i>
1b. Diffus vardagsbelastning inom planområde vid genomförd exploatering enligt FÖP SÖS	Föroreningsbelastning från dagvatten. Hänsyn till ändrad markanvändning och ökad andel hårdgjorda ytor.	All markanvändning inom planområdet	Bedömning, utifrån beräkning med StormTac dagvattenmodell	<i>Sker kontinuerligt</i>
2a. Trafikolycka med personbil. 100 l bensin	Konsekvens gäller även spill i byggnad, inklusive källare, som läcker till grundvattnet.	Större väg, väg, mindre väg, parkering, parkeringshus, vägdike, kontorsområde	Antal personbilar (MSB): 138/år Medel baserat på 18 års mätning (1998-2015)	5
2b. Trafikolycka med lätt lastbil. 300 l diesel		Väg, större väg, vägdike, kontorsområde, parkering	Antal lastbilar/tankbilar utan FG-skyld (farligt gods): 7/år Medel baserat på 18 års mätning (1998-2015)	4
2c. Trafikolycka med tung lastbil. 1500 l diesel.		Större väg, vägdike	Antal lastbilar/tankbilar utan FG-skyld: 7/år Medel baserat på 18 års mätning (1998-2015)	4
2d. Trafikolycka med stads- eller linjebuss. 500 l diesel	De flesta bussar inom Uppsalaåsens tillrinningsområde drivs med biogas, biodiesel eller el. Riskanalysen har gjorts utifrån de bussar som fortfarande drivs med diesel.	Större väg, väg, vägdike	Antal olyckor med bussar, totalt: 3/år Medel baserat på 18 års mätning (1998-2015)	3
2e. Trafikolycka med turistbuss. 1500 l diesel	Riskanalysen har gjorts utifrån att turistbussar fortfarande drivs med diesel. Skillnaden från linjebussar är att tanken är större för en turistbuss.	Större väg, vägdike	Antal bussar: 3/år Medel baserat på 18 års mätning (1998-2015)	3
2f. Järnvägsolycka med farligt gods	Urspårning, sammanstötning, plankorsning, brand.	Järnväg, spårområde	Antal spårfordon: 16/18 år Medel baserat på 18 års mätning (1998-2015)	3

Skadehändelse ¹	Kommentar	Markanvändning	Statistiska data ²	Sannolikhet ²
2g. Järnvägsolycka med godståg som fraktar flygbränsle till Arlanda. 1000 ton Jet A1	Urspårning, sammanstötning, plankorsning, brand, sabotage	Järnväg, spårområde	Bedömning	2
2h. Trafikolycka med tankbil som fraktar eldningsolja. 30 000 l Eo1		Större väg, vägdikey	Antal tankbilar med FG-skyll: 1 händelse/18 år	2
3a. Släckvatten från husbrand och annan byggnad (industri)		Flerfamiljehus, radhusområde, skolområde och område för äldreboende, parkeringshus, kontorsområde, verksamhetsområde	Brand i bostad, brand i byggnad (ej bostad): 87/år. Medel baserat på 18 års mätning (1998-2015)	5
3b. Släckvatten från bilbrand		Större väg, väg, mindre väg, parkering, parkeringshus, vägdikey, kontorsområde.	Brand i personbil: 33/år Medel baserat på 18 års mätning (1998-2015) Fler körytor inom detaljplaneområdet i framtiden.	5
3c. Släckvatten från gräs- och skogsbrand		Skog, barr och blandskog Annan öppen mark, grönstråk	Brand i skog eller mark 13 händelser/18år	4
3d1. Släckvatten från tågbrand		Järnväg, spårområde	Brand i tåg: 5/18 år	3
3d2. Släckvatten från brand i spårvägsfordon.		Spårväg, spårområde	Brand i spårfordon: 1,3 insatser/ år Medel baserat på 18 års mätning (1998-2015)	3
4. Utsläpp av 50 l hydraulolja vid läckage från fordon eller tank		Större väg, väg, mindre väg, parkering, parkeringshus, vägdikey, kontorsområde, verksamhetsområde, åker	Utsläpp av farligt ämne: 22 händelser/18 år Främst aktuellt under byggfas.	4
5a. Spridning av bekämpningsmedel från vardaglig användning idag		Åker	Bedömning	4
5b. Spridning av gödningsmedel från vardaglig användning idag		Åker	Bedömning	4
5c. Spill av 100 l bekämpningsmedel på grund av olycka		Åker	Trafikolycka, antal arbetsmaskiner/långsamtgående: 10 händelser/18år	3
5d. Spill av 100 l gödningsmedel på grund av olycka		Åker	Trafikolycka, antal arbetsmaskiner/långsamtgående: 10 händelser/18år	3

Skadehändelse ¹	Kommentar	Markanvändning	Statistiska data ²	Sannolikhet ²
6a. Diffust läckage från dagvattenledning	Kontinuerlig ledningsläcka som undgår upptäckt under längre tid och/eller inte repareras.	All markanvändning	Bedömning	3
6b1. Brott på dagvattenledning inom Uppsala tätort	Större läckage som uppmärksammas och åtgärdas. Föroreningsmängder och flöden utgår från en StormTac-körning på ett 5 ha stort avrinningsområde med blandad bebyggelse.	All markanvändning	Bedömning	3 (2, gäller på extrem känslighet)
6b2. Brott på dagvattenledning utanför Uppsala tätort	Större läckage som uppmärksammas och åtgärdas. Föroreningsmängder och flöden utgår från en StormTac-körning på ett 5 ha stort avrinningsområde med blandad bebyggelse.	All markanvändning	Bedömning	3
6c. Utsläpp av byggdagvatten	Utsläpp av byggdagvatten (länsållningsvatten) till mark eller dike. Föroreningsmängder och flöden utgår från en StormTac-körning på ett 1 ha stort avrinningsområde bestående av ett mindre förorenat industriområde.	All markanvändning	Bedömning	4
6d1. Diffust läckage från avloppsvattenledning inom Uppsala tätort	Kontinuerlig ledningsläcka som undgår upptäckt under längre tid och/eller inte repareras. Föroreningsmängder och flöden utgår från en händelse med läckage på 6000 m ³ under 232 dygn.	All markanvändning	1 händelse under åren 1994-2016 (Sjöledning under Sävjaån, data från UVAB)	3 (2, gäller på extrem känslighet)
6d2. Diffust läckage från avloppsvattenledning utanför Uppsala tätort	Kontinuerlig ledningsläcka som undgår upptäckt under längre tid och/eller inte repareras. Föroreningsmängder och flöden utgår från en händelse med läckage på 6000 m ³ under 232 dygn.	All markanvändning	1 händelse under åren 1994-2016 (Sjöledning under Sävjaån, data från UVAB)	3

Skadehändelse ¹	Kommentar	Markanvändning	Statistiska data ²	Sannolikhet ²
6e1. Brott på avloppsvattenledning inom Uppsala tätort	Läckage som uppmärksammas och åtgärdas relativt omgående. Varaktighet 6,6 dygn, mängd spillvatten 1020 m ³ , åtgår från medelvärde av tre händelser.	All markanvändning	3 händelser under åren 2001-2016. (medelvärde, data från UVAB).	3 (2, gäller på extrem känslighet)
6e2. Brott på avloppsvattenledning inom Uppsala tätort	Läckage som uppmärksammas och åtgärdas relativt omgående. Varaktighet 6,6 dygn, mängd spillvatten 1020 m ³ , åtgår från medelvärde av tre händelser.	All markanvändning	3 händelser under åren 2001-2016. (medelvärde, data från UVAB).	3
6f. Utsläpp från enskilda avlopp	Utsläpp av renat/delvis renat spillvatten från enskilda avlopp. Schablonhalter och flöden är hämtade från rapporten <i>Uppdatering av kunskapsläget och statistik för små avloppsanläggningar</i> (SMED, 2015)	Enbart markanvändning utanför kommunalt VA område	Bedömning	5
6g. Nödbräddning av avloppspumpstation	Bräddning till följd av hydraulisk överbelastning/tekniskt haveri eller planerat driftstopp. Vid varje bräddningstillfälle släpps 600 m ³ spillvatten ut (medelvärde). (Data från UVAB).		Enligt medelvärde bräddas någon pumpstation inom avrinningsområdet 2,3 gånger/år.	4
7. Spridning/ökad spridning från kända förorenade områden.	Befintlig spridning och spridning vid schaktarbeten/pålning i, eller sanering av, förorenad mark/byggnad.	All markanvändning	Bedömning	3
8. Spridning av större volym på grund av olycka vid miljöfarlig verksamhet	Konsekvens gäller även spill i byggnad, inklusive källare, som läcker till grundvattnet	Verksamhetsområde	Bedömning	3
9. Olycka med halkbekämpningsfordon som orsakar spridning av salt till grundvattnet	Diffus/kontinuerlig spridning av salt från halkbekämpning till grundvattnet ingår i skadehändelse 1	Större väg, väg, vägdike, parkering	Trafikolycka, antal arbetsmaskiner/långsamtgående: 10 händelser/18 år	3

Skadehändelse ¹	Kommentar	Markanvändning	Statistiska data ²	Sannolikhet ²
10a. Olycka med arbetsfordon eller farmartank. 1000 l diesel	Risk för spill närmare grundvattenytan jämfört med spill vid trafikolyckor. Risk främst under byggtid.	Större väg, väg, vägdike, parkering. Arbetsområde för väg- och husbyggnad. Åker	Trafikolycka, antal arbetsmaskiner/långsamtgående: 10 händelser/18 år	3
10b. Brott på hydrauloljeslang arbetsfordon, 50 L hydraulolja	Risk främst under byggtid	Större väg, väg, mindre väg, vägdike, parkering, parkeringshus. Arbetsområde för väg-, bro- och husbyggnad. Åker	Bedömning	4
10c. Pålning	Risk under byggtid	Flerfamiljehus, skolområde/område för äldreboende, parkeringshus. Kollektivtrafikbro över Fyrisån. Järnvägsstation Bergsbrunna	Bedömning	2
11a. Borrningar. Spill vid borring. 50 l hydraulolja	Maskin- eller tankhaveri	Flerfamiljehus, radhusområde, skolområde/område för äldreboende, parkeringshus. Kollektivtrafikbro över fyrisån. Järnvägsstation Bergsbrunna	Bedömning	3
11b. Borrningar. Förändrade spridningsvägar	Otåta borrhål som öppnar spridningsväg för förorening eller salt. Läckage köldmedium. Termisk obalans	Flerfamiljehus, radhusområde, skolområde/område för äldreboende, parkeringshus. Kollektivtrafikbro över fyrisån. Järnvägsstation Bergsbrunna	Bedömning	3
12a. Katastrofer. Tekniska haverier	Havererad transport av farligt ämne, ex köldmedel. Flygplansolycka		Bedömning	1
12b. Katastrofer. Skadegörelse, sabotage, terrorism och krig		All markanvändning	Bedömning	1
12c. Katastrofer. Naturkatastrofer	Skyfall och högt vattenstånd som leder till översvämning. Översvämning i förorenat område kan leda till föroreningsspridning. Onormalt höga temperaturer och torka som leder till bränder.	All markanvändning	Bedömning	1

Skadehändelse ¹	Kommentar	Markanvändning	Statistiska data 2	Sannolikhet 2
	Åskoväder som leder till strömavbrott och okontrollerade utsläpp eller bränder. Vattenbrist som leder till överuttag och dålig kvalitet.			
13. Oljespill från transformatorstation. 500 l olja	Stort spill som inte samlas upp i oljegrop. För spårväg, järnväg och övrig elförsörjning.	Spårrområde för järn- och spårväg. All markanvändning	Bedömning	4
14. Föroreningsspridning från snö- och sopsandupplag	Föroreningar, salt	All markanvändning	Bedömning	4
15. Minskad grundvattenbildning p.g.a. ökande andel hårdgjorda ytor		All markanvändning inom exploateringsområdet	Bedömning, utifrån beräkning med StormTac modell samt hydrometeorologiska data och hydrogeologiska förhållanden.	<i>Sker kontinuerligt</i>
16. Inträngning av relik saltvatten	Tillförs grund av minskad grundvattenbildning.		Ej riskanalys	
17a. Försämrad grundvattenkvalitet p.g.a. utbyte mellan grundvattentäkt och ytvatten som normalt inte har kontakt	Skadehändelsen förutsätter att det sker ett utbyte mellan en grundvattentäkt och ett ytvatten som blivit förorenat.		Ej i riskanalys	
17b. Försämrad grundvattenkvalitet p.g.a. förorenat ytvatten för infiltration	Ex. läkemedelsrester som inte går att rena, okända ämnen.		Ej i riskanalys	
17c. Grundvattenbrist p.g.a. inte möjligt att infiltrera ytvatten	Till följd av dålig ytvattenkvalitet.		Ej i riskanalys	
18. Lakvatten från bergtäkter och krossmaterial	Sulfidhaltigt bergmaterial. Kvävehaltiga sprängmedelsrester		Bedömning	4
19. Diffus belastning spårväg	Vardagligt slitage spårväg. Räls/hjulsmörjning	Spårväg, spårrområde	Uppgifter från vetenskapliga artiklar, spårvagnstillverkare och spårvägsoperatörer.	<i>Sker kontinuerligt</i>

Skadehändelse ¹	Kommentar	Markanvändning	Statistiska data ²	Sannolikhet ²
20. Trafikolycka med spårfordon	Urspårning, sammanstötning, plankorsning, brand.	Spårväg, spårrområde	Antal spårfordon: 28/18 år Medel baserat på 18 års mätning (1998-2015)	3
21. Utsläpp av miljöfarligt ämne i depå	Fordonstvätt, reparationer m.m.	Spårvägsdepå/verkstad	Bedömning	5

¹ Skadehändelser gäller för hela tillrinningsområdet

² Statistik och sannolikhet gäller för hela tillrinningsområdet om inte annat anges i tabellen

Uppdragsledare: Jenny Korinth

Handläggare: Erik Gustafsson

Uppdragsnummer: 606197

Beställare: Uppsala kommun

Risکاناليس – FÖP SÖS

Bilaga 4 – Riskreducerande åtgärder för specifika skadehändelser

Förslag till riskreducerande åtgärder för specifika skadehändelser

Föroreningsbelastning från dagvatten (1b)

I dagsläget motsvarar den diffusa vardagsbelastningen en låg till måttlig risk. De åtgärder som främst kan aktualiseras är en förbättrad dagvattenhantering i samband med om- och nybyggnation, sanering av kända förorenade platser och styrningar av markanvändningen. I nuläget förespråkas en stor användning av infiltration av dagvatten i *Dagvattenprogram för Uppsala Kommun*. Detta är dock inte alltid lämpligt med tanke på den diffusa belastning som följer av infiltrerande dagvatten.

Åtgärder

1. Styr exploatering med krav på att hålla ned den diffusa belastningen till en nivå som är acceptabel för grundvattenförekomsterna. Dagvattenlösningar som inte inkluderar infiltration bör dock utformas med fördröjning och rening så att ytvattenrecipienten kan uppnå MKN för ytvatten.
2. I områden med hög känslighet bör inte infiltration av dagvatten från körbara ytor såsom gator, vägar, lastzoner och parkeringsytor tillåtas. Takvatten kan tillåtas infiltrera om det först genomgår rening i till exempel växtbäddar. Om det finns risk för markföroreningar bör inte infiltration av dagvatten vara tillåten.
3. Ställ krav på materialval i samband med nybyggnation.

Trafikolycka med personbil. 100 l bensin (2a)

Det går att minska sannolikheten för och konsekvensen av trafikolyckor med den fysiska planeringen av vägen (vägens sträckning), vägens utformning (vägbredd, avkörningshinder, märkning, hastighetsbegränsande åtgärder med mera), vägens omgivning (släntlutningar, diken och hur fri omgivningen är från föremål som riskerar att skada bränsletankar och liknande) och korsningarnas utformning (plankorsningar respektive planfria korsningar). En annan viktig aspekt som kan minska konsekvensen vid en trafikolycka är att räddningstjänst och den som är med om olyckan är medvetna om att den inträffat på en plats där det föreligger risk för kontaminering av grundvattnet så att lämpliga åtgärder kan sättas in redan från början. Många av de föreslagna åtgärderna nedan är hämtade från eller inspirerade av Trafikverket (2013).

Åtgärder

1. Fördela känslighetskartan till räddningstjänsten för att öka medvetenheten om att grundvattnet ska skyddas i samband med trafikolyckor. I samband med detta bör det även tas fram en beredskapsplan för hur olyckor som kan leda till spill ska hanteras.
2. Inventera befintliga skyddsåtgärder/riskreducerande åtgärder inom området för att se vad som kan förbättras. Med befintliga skyddsåtgärder menas till exempel avkörningsskydd och tätskikt i diken och vägbanor som förhindrar/minskar spridning av spill av farliga ämnen.
3. Rensa zonen närmast vägen så att den är fri från fasta föremål (hårda vägbelysningsstolpar, stenar, träd) vilka ökar sannolikheten för punktering av bränsletankar och liknande.

Ovan nämnda åtgärder bedöms till stor del vara genomförbara utanför tätbebyggt område. Liknande åtgärder i tätbebyggt område skulle innebära omfattande inskränkningar i stadsbilden. I tätbebyggda områden föreslås följande åtgärder:

4. Hastighetsbegränsningar. En reduktion av hastigheten minskar riskerna för grundvattenförekomsterna som kopplas till trafikolyckor.

5. Se över vägdagvattenhanteringen så att ytavrinningen leds från områden med hög känslighet.

Trafikolycka med lätt lastbil. 300 l diesel (2b)

Sannolikheten att en olycka med lätt lastbil inträffar är lägre än sannolikheten för en personbilsolycka eftersom det finns färre lastbilar än personbilar i rörelse inom tillrinningsområdet. Risken är dock densamma och varierar mellan *Liten* till *Stor* beroende på var olyckan sker.

Åtgärder

Åtgärderna för att minska risken är desamma som för trafikolycka med personbil (2a).

Släckvatten från husbrand och bilbrand (3a-3b)

Sannolikheten att en brand ska uppstå är mycket stor. Konsekvensen och risken beror på känsligheten i området där branden sker. Risken beror även av tillvägagångssättet för släckning, vilket i sin tur ofta avgörs av vad det är som brinner och var branden inträffar.

Åtgärder

Husbrand

Bränder i byggnader kommer alltid att uppstå och är svåra att motverka. Konsekvenserna vid en brand måste därför minskas.

1. Förbjuda vissa typer av verksamheter inom områden med hög känslighet.
2. Användning av miljövänliga släckningsmetoder, främst vatten om möjligt.
3. Vid nybyggnation införande av släckvattenzoner som samlar upp vatten kring en byggnad. I områden med hög känslighet bör släckvattenzonerna vara ett krav om området har klassats till hög känslighet på grund av att lerlagret är mindre än 5 m tjockt och överlagrar isälvsmaterial. Släckvattenzoner bör också vara ett krav på områden med hög känslighet där morän och bergområde ligger inom 1000 m från kontaktytan mellan morän och utbredning isälvsmaterial med hydraulisk kontakt med isälvsmaterial. Detta kräver att känslighetskartan detaljstuderas vid för att se vilka kriterier som har föranlett att området har fått klassningen hög känslighet. Känslighetskartan ger dock inte all information om de verkliga förhållandena och kan därför inte ersätta en geoteknisk eller geohydrologisk utredning.
4. Snabb larmning till brandförsvaret för att kunna påbörja släckning så fort som möjligt.

Bilbrand

Bilbränder är svåra att motverka. Ofta kan dessa uppstå till följd av skadegörelse och försäkringsbedrägeri (SVT, 2017).

1. Undvik att anlägga parkeringar i områden med hög känslighet.
2. Uppsamling av släckvatten från parkeringsytor inom områden med hög känslighet.
3. Användning av miljövänliga släckningsmetoder.
4. Snabb larmning till brandförsvaret för att kunna påbörja släckning så fort som möjligt.

Släckvatten från brand i spårfordon (3d)

1. Undvik blandtrafik i områden med hög känslighet. Om detta ändå måste ske krävs betydande skyddsåtgärder
2. Inventering och genomgång av plankorsningar. Risk för olyckor med motorfordon.

3. Inventering och genomgång av växlar. Om tåget byter spår skiljer sig riktningen på kraften (hos tåget) från spårets riktning. Vid för hög hastighet kan detta kan leda till urspårning.
4. Plan för hur spårbunden trafik ska ersättas vid olycka som medfört utsläpp som kräver sanering. Spårbunden trafik är betydligt mer begränsad än vägbunden. Det går till exempel inte att leda om trafiken på samma sätt. Det betyder att beslutet att stänga av spår (om detta krävs) för att utföra en sanering kan vara svårare att fatta. Om det finns en plan kan detta göra beslutet lättare att fatta.
5. Inventering av accessmöjligheter till spårvägsspår. Det tar ofta längre tid för räddningstjänst att nå en olycka längs ett spårvägsspår då detta kan gå genom väglösa marker. Genom att ha en förberedd plan för hur till exempel saneringsutrustning kan transporteras till känsliga platser kan tid sparas.
6. Löpande underhåll och inspektion.
7. Fungerande bommar och varningssystem vid samtliga plankorsningar.
8. Sänkta hastigheter vid plankorsningar, växlar och bangårdar.
9. Växelskydd.

Utsläpp av byggdaggvatten (6c)

1. Tillse att befintliga riktvärden för byggdaggvattnets föroreningsinnehåll tillämpas i områden med hög känslighet.
2. Ställ krav på provtagning/bedömning av dagvattnets föroreningsinnehåll innan utsläpp till dagvattennät eller dike. Utifrån förorenings- och sedimentinnehåll fattas beslut om det krävs någon form av föroreningsbehandlande åtgärder.
3. Utsläpp av orenat byggdaggvatten till diken eller direkt infiltration av byggdaggvatten på områden med hög känslighet bör inte vara tillåtet/förbjudas. Här måste även hänsyn tas till de avrinningsvägar som dagvattnet tar, till exempel kan ett dike som byggdaggvatten släpps till passera områden med hög känslighet längre nedströms.
4. För att undvika att större spill från entreprenadmaskiner eller liknande sprids via dagvattenhanteringen ska sedimentationsdammar eller sedimentationscontainrar ha en avstängningsfunktion så att spillet kan sugas upp och hanteras separat innan det sprids vidare.

Diffust läckage från avloppsvattenledning (6d)

1. Vid förnyelse/nybyggnation av spillvattenledningar i områden med hög känslighet bör täta ledningar användas. Spillvattenledningar ska inte heller läggas direkt i lera utan ledningsgraven bör vara utformad så att sättningar undviks. Detta bör även tas i beaktande vid byggande av privatbostäder eller andra servisledningar som VA-huvudmannen inte har rådighet över. På områden med hög känslighet bör därför täta ledningar skrivas in som krav i planbestämmelserna. Vid bygglovsansökningar i dessa områden kan det sedan hänvisas till planbestämmelserna för att ställa krav på täta ledningar.
2. Vid användning av trycksatta system bör dess täthet kontrolleras innan driftsättning.
3. Ställ krav på entreprenören som genomför ledningsarbeten att de har en fungerande kvalitetskontroll av sitt arbete så att inte skadade ledningar läggs ned.

Brott på avloppsvattenledning (6e)

Till stor del överensstämmer de åtgärder som rekommenderas för *Diffust läckage från avloppsvattenledning (6d)* med de åtgärder som rekommenderas för *Brott på avloppsvattenledningar*. Ett tillägg bör dock göras:

- Vid valet av vilka ledningssträckor som ska bytas ut bör det tas i beaktande hur många personekvivalenter som är påkopplade på ledningen. Ett brott på en ledning med ett högt flöde (många personekvivalenter påkopplade) ger upphov till ett större utsläpp av spillvatten än en ledning med ett lågt flöde. Det innebär att större ledningar (högre flöde) bör ges företräde vid byten/reparationer av ledningar.

Spridning/ökad spridning från kända förorenade områden (7)

Riskerna aktualiseras främst i samband med markarbeten i områden där skadehändelsen kan inträffa. Därmed är även åtgärderna främst motiverade i samband med markarbeten i dessa områden.

Åtgärder

1. Miljötekniska undersökningar inför markarbeten i områden där föroreningar kan misstänkas.
2. Sanering av förorenad mark för att uppfylla kraven avseende föroreningsinnehåll för planerad markanvändning.
3. Miljökontroll i samband med sanering.
4. Masshanteringsplaner som upprättas i samråd med Miljöförvaltningen i samband med markarbeten.
5. Upprättande och implementering av kontrollprogram avseende föroreningshalter i grundvatten och ytvatten.

Spridning av större volym på grund av olycka vid miljöfarlig verksamhet (8)

Generellt gäller strikta krav för tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter. Även för anmälningspliktiga verksamheter finns lagkrav som ska följas. Dessa krav utgör i sig en förebyggande åtgärd med hänsyn till risken för föroreningsläckage.

Åtgärder

1. Tillsyn av verksamheterna
2. Handlingsplaner för olyckor
3. Nyetablering av miljöfarlig verksamhet ska inte ske på områden med hög känslighet

Olycka med arbetsfordon eller farmartank. 1000 l diesel (10a)

1. Informera entreprenörer som arbetar inom områden med hög känslighet om vilka säkerhetsföreskrifter som gäller och vad som ska göras vid ett läckage.
2. Ställ krav på daglig kontroll av slangar och kopplingar vid upphandling av entreprenader.
3. Tankning sker på en tät yta där spill kan samlas upp.
4. Entreprenadmaskiner ställs på tät uppställningsplats efter utfört dagsverk.
5. Krav på att det finns utrustning för konsekvensminimering (absorbent, spilldukar med mera) vid läckage eller brott på slangar.
6. Krav på biologiskt lättnedbrytbara hydrauloljor för arbetsmaskiner som finns inom områden med hög känslighet.

7. Farmartankar och liknande förvaras på invallade uppställningsplatser där invallningsvolymen motsvarar hela tankens volym på områden med måttlig (eller högre) känslighet eller där entreprenadens genomförande har medfört att områdets känslighet kan likställas med måttlig (eller högre) känslighet. Vattenskyddsområdets skyddsföreskrifter förbjuder lagring av petroleumprodukter i inre skyddszon.

Pålning och borrhning (10c, 11a, 11b)

1. Pålning och borrhning bör undvikas i områden med hög känslighet.
2. Geoteknisk sondering och borrhning för sättning av grundvattenrör bör tillåtas i områden med hög känslighet, under förutsättning av nedan beskrivna riskreducerande åtgärder nr 3, 4 och 5 genomförs under entreprenaden.
3. Informera entreprenörer och andra verksamhetsutövare som arbetar inom områden med hög eller extrem känslighet om vilka säkerhetsföreskrifter som gäller och vad som ska göras vid ett läckage.
4. Ställ krav på daglig kontroll av slangar och kopplingar vid upphandling av entreprenader.
5. Krav på att det finns utrustning för konsekvensminimering (absorbent, spilldukar med mera) vid läckage eller brott på slangar.

Oljespill från transformatorstation/likriktarstation (13)

1. Ställ krav på att invallning/oljegrop ska rymma all den olja som finns i stationen.
2. Regelbunden kontroll av täthet i invallning och oljeförande komponenter.
3. Undvik att placera transformator- och likriktarstationer i trafikutsatta lägen eftersom det kan öka risken för läckage till följd av påkörningsolyckor.
4. Använd luftkylda transformatorer (ingen olja)

Utrustning för en första oljesanering ska finnas på plats vid transformator- /likriktarstationen samt att personalen som utför kontroll och underhåll på stationen ska vara utbildade i att använda denna. Personalen ska även vara medvetna om att eventuellt oljespill måste rapporteras till räddningstjänsten och/eller kommunens miljöförvaltning (miljö- och hälsoskyddsnämnd).

Att använda luftkylda transformatorer, som inte innehåller någon olja, kan rekommenderas för ett nybyggnadsprojekt eftersom det i princip skulle eliminera risken att skadehändelsen inträffar.

Föroreningsspredning från snö- och sopsandsupplag (14)

1. Sopsand bör förvaras på tät platta eller liknande konstruktion. Avrinning av dränvatten bör ske mot gräsbevuxen yta där de mesta föroreningarna fastläggs (HAV, 2017).
2. Upplag för snö bör anläggas på ytor där smältvattnet leds till en sedimentationsdamm med oljeavskiljare. Detta är en metod för rening av smältvatten från snödeponier (HAV, 2017) och gäller på mark med hög känslighet.

Minskad grundvattenbildning pga ökad andel hårdgjorda ytor (15)

En ökad hårdgöring minskar andelen regnvatten som tillåts infiltrera (nettonederbörden) till grundvattnet. I samband med ökad hårdgöring (utbyggnad av staden) följer även ett utökat dricksvattenförsörjningsbehov till följd av en ökad befolkning. Eftersom hårdgöringen minskar grundvattenbildningen kommer infiltration av ytvatten till Uppsalaåsen för att säkra dricksvattenförsörjningen få en större betydelse i framtiden. Den lokala grundvattenbildningen på teritära grundvattenbildningsområden (som utgör ca 80 % av all grundvattenbildning inom Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde) bör också säkras i ett långsiktigt perspektiv.

Åtgärder

1. Systemlösningen för hantering av dagvatten och mark-/ytvatten inom planområdet bör bygga på att så stor andel som möjligt av detta vatten kan tillåtas infiltrera och bilda grundvatten. Dock med beaktande av att orenat dagvatten från körbara ytor (vägar, gator, parkering, lastkaj, parkeringshus m.m.) inte ska infiltreras.
2. För att bibehålla en god grundvattenbalans i planområdet som helhet och i grundvattenförekomsterna Sävjaån – Samnan och Uppsalaåsen – Uppsala bör man beakta att i så stor utsträckning som möjligt tillse att infiltration kan ske i randområden mot de lägre liggande områdena väster, norr och öster om exploateringsområdet där morän på berg underlagrar finmaterialet (leran), även efter planerad exploatering enligt FÖP SÖS.

Bilaga 5 – Material och metod

Sydöstra stadsdelen

Bilaga 5 – Material och metod

Nedan beskrivs hur olika beräkningar genomförts och vilka styrdokument som använts.

1.1 Material och datainsamling

Bakgrundsmaterial och data som har använts för att genomföra denna utredning är bland annat:

- Dagvattenprogram för Uppsala kommun (beslutad 2014-01-27)
- Jordarts- och jorddjupskarta (SGU)
- Recipientinformation (VISS – Vatteninformationssystem Sverige)

1.2 Flödesberäkning

Dagvattenflöden för delområden med olika markanvändning har beräknats med rationella metoden enligt sambandet:

$$Q_{dim} = i(t_r) \cdot \varphi \cdot A \cdot f \quad (\text{Ekvation 1})$$

där Q_{dim} är flödet (liter/sekund) från ett delområde med en viss markanvändning.

i är regnintensiteten (liter/sekund·hektar) för ett dimensionerande regn med en viss återkomsttid och beror på t_r som är regnets varaktighet, vilket sätts lika med områdets rinntid.

φ är den andel av nederbörden som rinner av som dagvatten för rådande markförhållanden och dimensionerande regnintensitet. Avrinningskoefficienter för olika markanvändningskategorier har tagits från Svenskt Vattens publikation P110.

A är den totala arean (hektar) för det aktuella delområdet. Arealerna för områdena med olika markanvändningstyper före och efter detaljplanens implementering har beräknats i ArcGIS utifrån ortofoto och plankartor i dwg-format. Även observationer vid platsbesöket har fungerat som underlag vid beräkningarna.

f är en ansatt klimatfaktor, Svenskt Vatten P110 rekommenderar att en klimatfaktor på minst 1,25 för regn med varaktig under en timme oberoende på vilken del av Sverige undersökningsområdet ligger. En klimatfaktor på 1,25 har därför ansatts i beräkningarna för planerad markanvändning, för att ta höjd för klimatförändringar och ökade nederbördsmängder.

1.3 Beräkning av dimensionerande utjämningsvolym

Beräkning av utjämningsvolym har gjorts enligt Uppsala kommuns riktlinjer för utsläpp av dagvatten från fastighetsmark. Enligt dessa beräknas erforderlig fördröjningsvolym för att det dimensionerande flödet som uppstår vid ett 20-årsregn inte ska öka efter planerad exploatering. Beräkningar av dimensionerande utjämningsvolym för eventuella fördröjningsanläggningar görs med bilaga 10.6 till Svenskt Vatten P110, enligt ekvation 9.1 i samma publikation som senare korrigerats i en rättningslista (Errata till P110):

$$V = 0,06 \cdot \left(i(t_{regn}) \cdot t_{regn} - K \cdot t_{rinn} - K \cdot t_{regn} + \frac{K^2 \cdot t_{rinn}}{i(t_{regn})} \right) \quad (\text{Ekvation 2})$$

där V är den dimensionerande specifika utjämningsvolymen ($\text{m}^3/\text{ha}_{red}$), t_{rinn} är områdets rinntid och K är den tillåtna specifika avtappningen från området ($\text{l/s} \cdot \text{ha}_{red}$). För att kompensera för att avtappningen från magasinet inte är maximal annat än vid maximal reglerhöjd multipliceras den tillåtna avtappningen K med en faktor $2/3$.

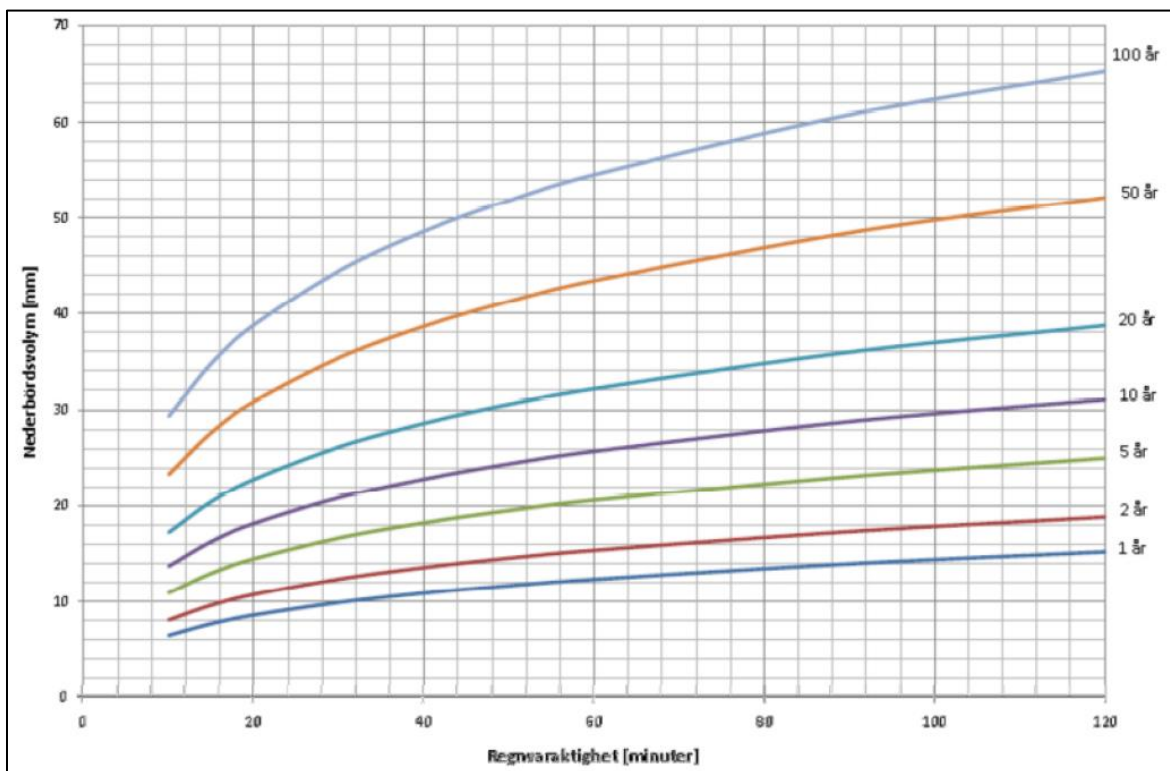
V beräknas som en maxfunktion av olika regnvaraktighet och intensitet, vilket innebär att sambandet tar höjd för vilken typ av regn (korta regn med högre intensitet eller långa regn med lägre intensitet) som bidrar med störst volym vatten som behöver fördröjas.

1.4 Åtgärdsnivå 20 mm

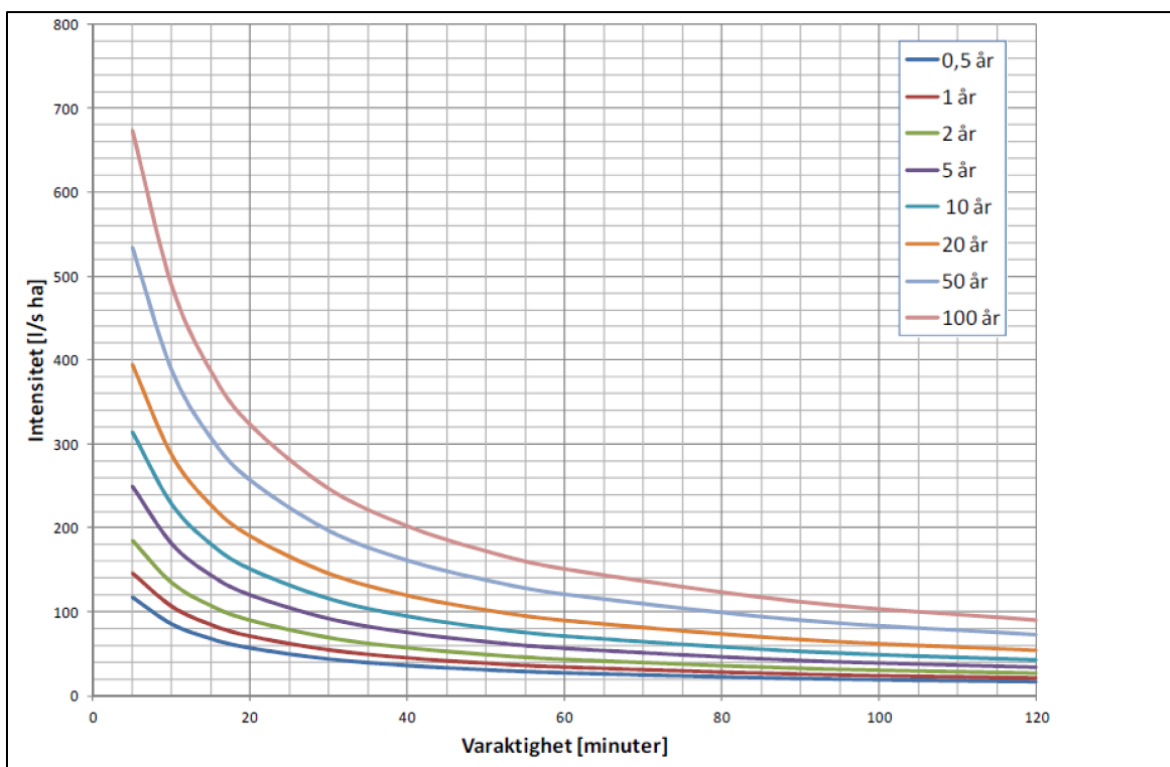
Beräkning av utjämningsvolym har gjorts enligt Uppsala kommuns riktlinjer för utsläpp av dagvatten från fastighetsmar. Enligt dessa mått ska de första 20 millimetrarna nederbörd på hårdgjorda ytor kunna magasineras och avtappas under cirka 12 timmar inom planområdet. Fördröjning av 20 mm regn innebär att 90 % av årsnederbörden fördröjs.

För ett 10-årsregn har regnvolymen 20 mm uppnåtts efter en varaktighet av 25 minuter (se Figur 0-1). Eftersom intensiteten minskar med ökande regnvaraktighet (se Figur 0-2) innebär det att en lägre dimensionerande regnintensitet gäller för ett område med inbyggd fördröjning, vilket alltså innebär att det dimensionerande flödet minskar.

För ett 20-årsregn blir motsvarande tid cirka 15 minuter. Detta är således den tid det tar att fylla utjämningsvolymen som krävs enligt Stockholms stads åtgärdsnivå vid ett 20-årsregn. Vid beräkningar av dimensionerande flöde efter exploatering adderas således 15 minuter till planområdets rinntid. Alltså från 30 minuter till 45 minuter.



Figur 0-1. Nederbördsvolym som funktion av regnvaraktighet och återkomsttid (från Dahlström (2010)).



Figur 0-2. Intensitets-varaktighetskurvor för olika återkomsttider enligt Dahlström (2010).

1.5 Föroreningsberäkning

Beräkningar av föroreningsbelastning i dagvattnet utförs med modellverktyget StormTac v.19.2.2. StormTac använder sig av schablonhalter framtagna inom ramen för olika forskningsprojekt och längre utredningar och bygger på långa mätserier från olika typer av markanvändningsområden (Larm, 2000). Halterna av olika ämnen kan momentant variera kraftigt beroende på flödet och lokala förhållanden.

Bilaga 6

Föroreningsberäkningar Sydöstra stadsdelen

Johan Lundh

Geosigma AB

2020-11-09

1 Föroreningsberäkningar

Föroreningsberäkningarna för Sydöstra stadelen har genomförts med syftet att undersöka exploateringsens förmodade påverkan på recipienternas föroreningsbelastning.

För beräkning av föroreningshalter i dagvatten från olika typer av markanvändning har schablonvärden från databasen StormTac v.20.2.2 använts. Schablonvärdena är framtagna vid vetenskapliga studier med långa mätserier av dagvatten.

Föroreningsberäkningarna har genomförts för två huvudsakliga scenarion för respektive delavrinningsområde.

- I. Scenario 1: Hög tillrinning till dagvattenanläggningar med efterföljande rening i damm.
- II. Scenario 2: Låg tillrinning till dagvattenanläggningar med efterföljande rening i damm.

I scenario 1 ska efterlikna det scenario där allt dagvatten som genereras vid ett 20-årsregn renas i ett biofilter/regnbädd och sedan når en damm där det renas ytterligare en gång. I det här scenariot nyttjas 100 % av FRI-systemets och kvartersmarkens renande anläggningsvolym. Syftet med detta scenario är alltså att simulera en höjdsättning som skapar en optimal tillrinning till exploateringsområdets lokala (decentraliserade) dagvattenanläggningar.

Scenario 2 ska efterlikna ett scenario där endast 50 % av FRI-systemets och kvartersmarkens renande anläggningsvolym. Syftet med detta scenario är alltså att simulera en höjdsättning som skapar en suboptimal tillrinning till exploateringsområdets lokala (decentraliserade) dagvattenanläggningar.

I båda scenarion renas dagvattnet i två steg, först i de lokala biofiltren/regnbäddar inom FRI-systemet och på kvartersmarken, sedan renas dagvattnet i en centraliserat slutsteg, i det här fallet har beräkningen genomförts på en damm. Det första stegets rening innebär att föroreningshalterna sänks till nivåer som försämrar en damms reningseffektivitet. Denna sänkning av reningseffektivitet, tillsammans med en redogörelse av biofiltrens reningseffektivitet, diskuteras i följande avsnitt.

1.1 Reningseffekt

I syfte att genomföra en återhållsam, verklighetstrogen och transparent föroreningsberäkning har mestadels fasta värden, redovisade i *Tabell 1-1* använts för att beskriva reningseffekten ett biofilter på olika ämnen. Detta istället för att använda StormTac:s autogenererade reningseffekter, som förvisso i grunden är samma som de som används i föreliggande rapport, men som brukar förstärkas i samband med korrigeringar av biofiltrets mäktighet, konstruktion och dess ytanspråk gentemot StormTac:s beräkning av erforderlig utjämningsvolym. De fasta värdena för rening i biofilter är hämtade från medianvärdena redovisade i litteraturstudien som presenteras i MOVIMUM FAKTA #2 2015 (Movium, 2015), från Stockholm Vatten och Avlopps reningstabell (SVOA, 2016) och StormTac:s databas.

Nedanstående tabell anger förväntad reningsgrad för det vatten som passerar genom respektive anläggningstyp och avser procentuell mängdreduktion för respektive ämne. Vid bedömning av en anläggnings funktion behöver hänsyn tas även till den del av flödet som bräddar orenat förbi anläggningen vid högre flöden. Reningsgraden baseras också på hur stor andel av vattnet som avleds till dagvattensystemet/ytvattenrecipienten, respektive perkolerar till grundvattnet. System som t.ex. nedsänkta växtbäddar utformas ofta med en dränering i botten som ansluter till dagvattensystemet, och kommer då att belasta dagvattensystemet/ytvattenrecipienten.

Rening av näringsämnen i biofilter är långt mer variabel än reduktionen av metaller och TSS. Det har medfört att både en mycket effektiv reduktion av kväve och fosfor och ett högradigt (ut)läckage har observerats i mätningar. Exempelvis har reduktionsnivåer på 70–80 % totalfosfor i biofilter observerats. Fosfor förekommer till större del som partikelbundet och reduktion av denna fraktion är ofta effektiv beroende på den mekaniska filtreringen av partikulärt fosfor. Reduktionen av löst fosfor sker i stor grad genom sorption i filtermaterialiet. För att nå låga halter av fosfor i utgående vatten är det därför viktigt att rätt filtermaterial väljs. Filtermedia med hög fosforhalt och en högre andel finsediment bör undvikas. I tillägg till den direkta fosforföroreningen som sprids med dagvatten är eroderade sediment en väsentlig diffus källa för fosfor till recipienter. Biofilter kan därför även indirekt reducera belastningen av fosfor till recipienter då de (som andra dagvattenanläggningar) kan reducera erosionsförluster i avrinningsområden.

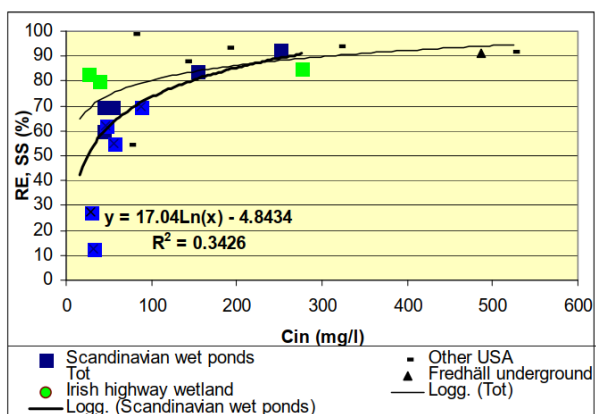
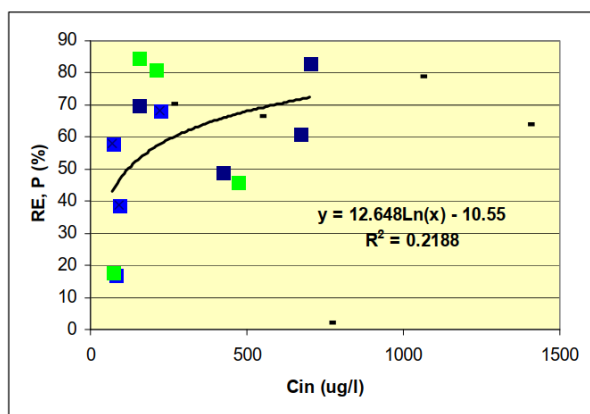
1.1.1 Använda reningseffekter

Reningseffekten anges nedan som fasta värden för att tydliggöra beräkningsarbetet, dessa värden visas i den vänstra kolumnen i Tabell 1-1. Den reningseffekten som är resultatet av att endast 50 % av tillgänglig reningsvolym utnyttjas, som ska simulera reningseffekten av en låg tillrinning, redovisas i den andra kolumnen i samma tabell. Det är dock viktigt att vara medveten om att det finns ett stort spann i funktionen hos varje anläggningstyp, dessa värden är bara generaliserade värden.

Reningseffekten i dammar avtar med minskad föroreningshalt, exemplifierat i Figur 1-1 där reningseffekten av fosfor (Ph) och suspenderad substans visas som funktion av inloppshalten (C_{in}). Dammens reningseffektivitet när fosforhalten understiger 100 har antagits vara under 40 %. Som ett resultat av att dammen (som representerar slutsteget i denna beräkning) kommer ha ett inflöde som redan genomgått en rening och därför har relativt låga föroreningshalter har dammens reningseffekt halverats för samtliga ämnen. Denna åtgärd är ett grovt generellt antagande vars lämplighet är osäker men motiveras av den allmänna FÖP-nivån. StormTac:s egna grundvärden redovisas i tredje kolumnen från väster i Tabell 1-1, medan de halverade reningseffekterna redovisas i kolumnen längst till höger.

Tabell 1-1. Föroreningsberäkningarnas använda värden för reningseffekt.

	Reningseffekt [%]			
	Hög tillrinning Biofilter	Låg tillrinning Biofilter	Damm StormTac	Damm med renat inflöde
Fosfor	65	36	55	28
Kväve	41	26	26	13
Bly	85	70	62	31
Koppar	80	38	52	26
Zink	85	71	60	30
Kadmium	80	65	47	24
Krom	76	44	71	36
Nickel	55	41	54	27
Kvicksilver	50	44	35	18
Suspenderad substans	90	64	68	34
Olja (mg/l)	90	58	85	43
PAH (µg/l)	85	77	71	36
Benso(a)pyren	85	77	69	35
Antracen	62	44	70	35
PBDE 47	63	44	50	25
PBDE 99	63	44	50	25
PBDE 209	62	44	50	25
TBT	62	44	50	25
AS	65	34	37	19
Cl	33	19	26	13
Fe	68	49	69	35
NH4-N	85	57	42	21



Figur 1-1. Reningseffekter RE, P (%), t.v., och RE, SS (%), t.h. som funktion av inloppshalt (Cin). StormTac, version 2009-02. Modifierad från Larm (2011).

2 Föroreningsbelastning Sävjaån

2.1.1 Scenario 1 - Hög tillrinning till biofilter

I Tabell 2-1 redovisas förändringen av föroreningsbelastningen i samband med exploateringen om tillrinningen till dagvattenanläggningarna inom exploateringsområdet är relativt hög. Tabellen redovisar också reningseffekten för de separata reningsstegen och den totala reningseffekten. Den resulterande föroreningsbelastningen är förhöjd med i samband med exploateringen för 10 av ämnena (däribland fosfor) och minskar för 12 ämnen.

Tabell 2-1. Flödesbelastning med hög tillrinning till dagvattenanläggningar (biofilter) på allmän platsmark och kvartersmark.

		Föroreningsbelastning – hög tillrinning				Reningseffekt [%]			Förändring [%]
Ämne	Enhet	Planerad		Hög tillrinning biofilter + damm	Biofilter [%]	Damm [%]	Biofilter+damm [%]		
		Befintlig	Utan rening					Hög tillrinning biofilter	
Fosfor	kg/år	28	170	58	42	65	28	75	50
Kväve	kg/år	520	1600	950	827	41	13	48	59
Bly	kg/år	1.9	9.9	1.5	1.0	85	31	90	-46
Koppar	kg/år	3.5	22.0	4.4	3.3	80	26	85	-7
Zink	kg/år	10.0	76.0	11.0	7.7	85	30	90	-23
Kadmium	kg/år	0.07	0.49	0.10	0.1	80	24	85	14
Krom	kg/år	1.0	7.0	1.7	1.1	76	36	84	15
Nickel	kg/år	1.0	6.6	3.0	2.2	55	27	67	119
Kvicksilver	kg/år	0004	0046	0023	00	50	18	59	331
Suspenderad substans	kg/år	16 000	62 000	6200	4092	90	34	93	-74
Olja (mg/l)	kg/år	97	830	83	48	90	43	94	-51
PAH (µg/l)	kg/år	0,04	0,35	0,05	0,03354	85	36	90	-22
Benso(a)pyren	kg/år	0,005	0,041	0,006	0,00400	85	35	90	-18
Antracen	kg/år	0,002	0,007	0,003	0,00169	62	35	75	-11
PBDE 47	kg/år	0,00004	0,00016	0,00006	0,00005	63	25	72	5
PBDE 99	kg/år	0,00005	0,0002	0,00008	0,00006	63	25	72	6
PBDE 209	kg/år	0,005	0,013	0,005	0,00375	62	25	71	-18
TBT	kg/år	0,002	0,013	0,005	0,00368	62	25	72	145
AS	kg/år	0,7	22	0,8	0,63570	65	19	71	-13
Cl	kg/år	3200	21 000	14 000	12 180	33	13	42	281
Fe	kg/år	2800	2800	910	596	68	35	79	-79
NH4-N	kg/år	300	530	79	62	85	21	88	-79

2.1.2 Scenario 2-Låg tillrinning till biofilter

I Tabell 2-2 redovisas förändringen av föroreningsbelastningen i samband med exploateringen om tillrinningen till dagvattenanläggningarna inom exploateringsområdet är relativt låg. Tabellen redovisar också reningseffekten för de separata reningsstegen och den totala reningseffekten. Den resulterande föroreningsbelastningen är förhöjd med i samband med exploateringen för 19 av ämnena (däribland fosfor) och minskar för 3 ämnen.

Tabell 2-2. Flödesbelastning med låg tillrinning till dagvattenanläggningar (biofilter) på allmän platsmark och kvartermark.

Föroreningsbelastning - låg tillrinning									
Ämne	Enhet	Planerad				Reningseffekt [%]			Förändring [%]
		Befintlig	Utan rening	Låg tillrinning biofilter	Låg tillrinning biofilter + damm	Biofilter [%]	Damm [%]	Biofilter+damm [%]	
Fosfor	kg/år	28	170	110	80	36	28	53	185
Kväve	kg/år	520	1600	1200	1044	26	13	35	101
Bly	kg/år	1,9	9,9	3	2,1	70	31	79	9
Koppar	kg/år	3,5	22,0	14	10,4	38	26	53	196
Zink	kg/år	10,0	76,0	22	15,4	71	30	80	54
Kadmium	kg/år	0,07	0,49	0,094	0,1	81	24	85	9
Krom	kg/år	1,0	7,0	3,9	2,5	44	36	64	165
Nickel	kg/år	1,0	6,6	1,7	1,2	75	27	81	24
Kvicksilver	kg/år	0,004	0,046	0,026	0,0	44	18	53	388
Suspenderad substans	kg/år	16 000	62 000	22 000	14 520	64	34	77	-9
Olja (mg/l)	kg/år	97	830	350	201	58	43	76	107
PAH (µg/l)	kg/år	0,04	0,35	0,079	0,05096	77	36	85	19
Benso(a)pyren	kg/år	0,005	0,041	0,0092	0,00603	77	35	85	23
Antracen	kg/år	0,002	0,007	0,0038	0,00247	44	35	64	30
PBDE 47	kg/år	0,00004	0,00016	0,000088	0,00007	44	25	59	53
PBDE 99	kg/år	0,00005	0,0002	0,00011	0,00008	44	25	59	56
PBDE 209	kg/år	0,005	0,013	0,0074	0,00555	44	25	57	21
TBT	kg/år	0,002	0,013	0,0073	0,00548	44	25	58	265
AS	kg/år	0,7	2,2	1,5	1,22250	34	19	44	67
Cl	kg/år	3200	21 000	17 000	14 790	19	13	30	362
Fe	kg/år	2800	2800	1400	917	49	35	67	-67
NH4-N	kg/år	300	530	230	182	57	21	66	-39

2.2 Föroreningshalter

Beräknade föroreningshalter för både Sävjaån och Fyrisån vid hög respektive låg tillrinning och med eller utan efterföljande dammrening redovisas i Tabell 2-3.

Tabell 2-3. Föroreningshalter för respektive reningssteg vid hög respektive låg tillrinning till lokala (decentraliserade) dagvattenanläggningar.

Ämne	Enhet	Föroreningshalt					
		Befintlig	Utan rening	Optimal FRI	Optimal FRI + Damm	Suboptimal FRI	Suboptimal FRI+Damm
Fosfor	µg/l	93	190	66	47	120	87
Kväve	µg/l	1700	1800	1100	750	1300	1200
Bly	µg/l	6,3	11	1,7	1,2	3,4	2,3
Koppar	µg/l	12	25	5	5,2	15	11
Zink	µg/l	33	86	13	8,8	25	17
Kadmium	µg/l	0,22	0,55	0,11	0,057	0,11	0,081
Krom	µg/l	3,1	7,9	2,0	2,1	4,4	2,8
Nickel	µg/l	3,4	7,5	1,3	1,1	1,9	1,4
Kviksilver	µg/l	0,014	0,053	0,026	0,018	0,03	0,024
Suspenderad substans	µg/l	51 000	71 000	7100	8600	25 000	21 000
Olja (mg/l)	µg/l	320	950	95	150	400	270
PAH (µg/l)	µg/l	0,14	0,4	0,06	0,04	0,09	0,05
Benso(a)pyren	µg/l	0,02	0,05	0,01	0,005	0,01	0,0067
Antracen	µg/l	0,0061	0,0078	0,003	0,0021	0,0044	0,0028
PBDE 47	µg/l	0,00014	0,00018	0,000068	0,000055	0,00010	0,000075
PBDE 99	µg/l	0,0002	0,00022	0,000085	0,000069	0,0001	0,000094
PBDE 209	µg/l	0,015	0,015	0,0057	0,0046	0,0084	0,0063
TBT	µg/l	0,0050	0,015	0,0056	0,0045	0,008	0,0062
AS	µg/l	2,4	2,6	0,88	0,82	1,7	1,4
Cl	µg/l	10 000	23 000	16 000	14 000	19 000	17 000
Fe	µg/l	1000	3100	1000	740	1600	1000
NH4-N	µg/l	540	600	90	93	260	210

3 Föroreningsbelastning Fyrisån

3.1 Scenario 1 - Hög tillrinning till biofilter

I Tabell 3-1 redovisas förändringen av föroreningsbelastningen i samband med exploateringen om tillrinningen till dagvattenanläggningarna inom exploateringsområdet är relativt hög. Tabellen redovisar också reningseffekten för de separata reningsstegen och den totala reningseffekten. Den resulterande föroreningsbelastningen är förhöjd med i samband med exploateringen för sex av ämnena (däribland fosfor) och minskar för 16 ämnen.

Tabell 3-1. Flödesbelastning med hög tillrinning till dagvattenanläggningar (biofilter) på allmän platsmark och kvartermark.

Föroreningsbelastning - hög tillrinning									
Ämne	Enhet	Planerad				Reningseffekt [%]			Förändring [%]
		Befintlig	Utan rening	Hög tillrinning biofilter	Hög tillrinning biofilter+ damm	FRI [%]	Damm [%]	FRI+Damm [%]	
Fosfor	kg/år	12	53	19	13	65	28	75	12
Kväve	kg/år	160	580	344	300	41	13	48	87
Bly	kg/år	0,67	2,8	0,42	0,3	85	31	90	-56
Koppar	kg/år	1,8	7,5	1,5	1,1	80	26	85	-38
Zink	kg/år	3,5	17	2,46	1,7	86	30	90	-51
Kadmium	kg/år	0,03	0,13	0,03	0,02	80	24	85	-34
Krom	kg/år	0,59	2,5	0,61	0,39	76	36	84	-34
Nickel	kg/år	0,57	2,1	0,95	0,70	55	27	67	22
Kvicksilver	kg/år	0,004	0,017	0,009	0,01	50	18	59	80
Suspenderad substans	kg/år	5600	22 000	2200	1452	90	34	93	-74
Olja (mg/l)	kg/år	49	210	21	12	90	43	94	-75
PAH (µg/l)	kg/år	0,026	0,140	0,021	0,013	85	36	90	-48
Benso(a)pyren	kg/år	0,0017	0,0092	0,0014	0,0009	85	35	90	-47
Antracen	kg/år	0,00084	0,00270	0,00103	0,00067	62	35	75	-20
PBDE 47	kg/år	0,00002	0,00006	0,00002	0,00002	63	25	72	-16
PBDE 99	kg/år	0,000024	0,000075	0,000028	0,000021	63	25	72	-12
PBDE 209	kg/år	0,0020	0,0050	0,0019	0,0014	62	25	71	-28
TBT	kg/år	0,00021	0,00087	0,00033	0,00025	62	25	72	17
AS	kg/år	0,29	0,78	0,28	0,23	65	19	71	-22
Cl	kg/år	1400	6500	4333	3770	33	13	42	169
Fe	kg/år	140	790	257	168	68	35	79	20
NH4-N	kg/år	72	210	31	25	85	21	88	-66

3.2 Scenario 2 - låg tillrinning till biofilter

I Tabell 3-2 redovisas förändringen av föroreningsbelastningen i samband med exploateringen om tillrinningen till dagvattenanläggningarna inom exploateringsområdet är relativt hög. Tabellen redovisar också reningseffekten för de separata reningsstegen och den totala reningseffekten. Den resulterande flödesbelastningen är förhöjd med i samband med exploateringen för 15 av ämnena (däribland fosfor) och minskar för 7 ämnena.

Tabell 3-2. Flödesbelastning med låg tillrinning till dagvattenanläggningar (biofilter) på allmän platsmark och kvartermark.

		Föroreningsbelastning - låg tillrinning				Reningseffekt [%]			Förändring [%]
Ämne	Enhet	Planerad		Låg tillrinning biofilter	Låg tillrinning biofilter+ damm	FRI [%]	Damm [%]	FRI+Damm [%]	
		Befintlig	Utan rening						
Fosfor	kg/år	12	53	34	25	36	28	54	105
Kväve	kg/år	160	580	429	373	26	13	36	133
Bly	kg/år	0,7	2,8	0,8	0,6	70	31	79	-13
Koppar	kg/år	1,8	7,5	4,7	3,4	38	26	54	91
Zink	kg/år	3,5	17	4,9	3,5	71	30	80	-1
Kadmium	kg/år	0,03	0,13	0,025	0,019	81	24	85	-37
Krom	kg/år	0,59	2,5	1,4	0,9	44	36	64	53
Nickel	kg/år	0,57	2,1	0,525	0,4	75	27	82	-33
Kvicksilver	kg/år	0,0039	0,017	0,00952	0,0	44	18	54	101
Suspenderad substans	kg/år	5600	22 000	7920	5227	64	34	76	-7
Olja (mg/l)	kg/år	49	210	88,2	51	58	43	76	3
PAH (µg/l)	kg/år	0,026	0,14	0,0322	0,02077	77	36	85	-20
Benso(a)pyren	kg/år	0,0017	0,0092	0,0021	0,00139	77	35	85	-18
Antracen	kg/år	0,00084	0,0027	0,0015	0,00098	44	35	64	17
PBDE 47	kg/år	0,00002	0,00006	0,00003	0,00003	44	25	58	26
PBDE 99	kg/år	0,000024	0,000075	0,000042	0,00003	44	25	58	31
PBDE 209	kg/år	0,002	0,005	0,0028	0,00210	44	25	58	5
TBT	kg/år	0,00021	0,00087	0,00049	0,00037	44	25	58	74
AS	kg/år	0,29	0,78	0,51	0,41956	34	19	46	45
Cl	kg/år	1400	6500	5265	4581	19	13	30	227
Fe	kg/år	140	790	403	264	49	35	67	88
NH4-N	kg/år	72	210	90	71	57	21	66	-1