


Dagvattenutredning för främre Boländerna, Uppsala



Geosigma AB

2020-01-23

Uppdragsledare: Jonas Olofsson	Uppdragsnr: 605410	Grap nr: 18365	Version: 3.0	Antal Sidor: 40	Antal Bilagor:	
Beställare: Uppsala Kommun	Beställares referens: Anneli Sundin		Beställares referensnr: -			
Titel och eventuell undertitel: Dagvattenutredning för främre Boländerna, Uppsala						
Författad av: Jonas Olofsson, Johan Lundh				Datum: 2018-12-21		
Reviderad av: Jonas Olofsson, Johan Lundh Johan Lundh				Datum: 2019-11-15 2020-01-23		
Granskad av: Kristoffer Gokall-Norman Jonas Robertsson				Datum: 2018-11-15 (v 0.1) 2018-12-21 (v 1.0)		
GEOSIGMA AB www.geosigma.se geosigma@geosigma.se Bankgiro: 5331 - 7020 PlusGiro: 417 14 72 - 6	Uppsala Postadr: Box 894, 751 08 Uppsala Besöksadr: Vattholmavägen 8, 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		

Sammanfattning

I samband med upprättandet av en ny detaljplan för främre Boländerna, Uppsala har Geosigma fått i uppdrag av Uppsala kommun att utföra en utredning med syftet att beskriva hur hanteringen av dagvatten kan lösas vid en omvandling enligt strukturprogrammet. Strukturprogrammet innebär att den befintliga småskaliga industri- och logistikverksamheten omvandlas till områden med innerstadskaraktär samt att plats ges för nya verksamheter som kontor och restauranger. Denna rapport syftar till att presentera systemlösningar för områdets framtida allmänna platsmark. Den allmänna platsmarken kommer främst bestå av transportlinjer (vägar samt gång-och cykelväg) och grönområden. För denna platsmark ingår i uppdraget att utforma ett förslag för framtida dagvattenhantering utifrån två scenarion:

Scenario 1: innebär att kvartersmarken inte uppfyller Uppsala kommuns åtgärdskrav om att 20 mm nederbörd fördröjs och renas inom kvartersmarken.

Scenario 2: innebär att kvartersmarken uppfyller Uppsala kommuns åtgärdskrav om 20 mm nederbörd fördröjs och renas inom kvartersmarken.

Det utredda området utgörs av ett område på ca 38 hektar där marken idag upptas av främst ett äldre industriområde med småskalig industri- och logistikverksamhet i form av byggbolag, bilhandlare, en bangård men även restauranger, gym och butiker. Området är idag till stor del hårdgjort med en stor andel takytor och parkeringar inom kvartersmarken.

Jordlagren inom utredningsområdet består av glacial och postglacial lera och områdets avvattnings sker via Fyrisån till Mälaren.

För båda scenarierna antas att trafikverkets mark förblir oförändrad, samtidigt som åtgärder inom den allmänna platsmarken sätts in för att fördröja och rena det dagvatten som uppkommer där. De åtgärder som föreslås i denna utredning är tänkta att komplettera befintlig dagvattenhantering så att systemen även i framtiden kan omhänderta dagvattnet på ett hållbart sätt. Befintliga ledningar, anläggningar och system för avvattnings ska behållas och kommer utnyttjas även fortsättningsvis.

För att uppfylla Uppsala kommuns reningskrav för 20 mm nederbörd ska utjämningsvolymen med reningskrav för hela planområdets allmänna platsmark uppgå till 1096 m³. För hela planområdet, inklusive kvartersmark krävs en fördröjning på 3521 m³.

Ledningsprinciperna för dagvattenhanteringen som föreslås för området är att kvartersmarken fördröjer och renar sitt dagvatten lokalt medan den allmänna platsmarken renar och fördröjer dagvattnet i öppna, gröna lösningar som bäddar och trädplanteringar med skelettjordar som båda i föreliggande utredning ingår i samlingsnamnet biofilter. Ett lösningsförslag som också presenteras är "rosendalsmodellen" som implementeras i Rosendal, Uppsala.

Generellt inom området bygger lösningsförslagen inom den allmänna platsmarken på att släppen genom den planerade kvartersstrukturen utformas med planteringar och vegetation för att uppnå en attraktiv och hållbar stadsmiljö. Det dagvatten som genereras inom den allmänna platsmarken inom släppen också fördröjs och renas inom släppen. Grönområdena längs Säbygatan bör i högre grad utnyttjas som översvämningssytor dit dagvatten kan ledas vid kraftiga regn.

Innehållsförteckning

1	Inledning	6
1.1	Syfte.....	6
1.2	Allmänt om dagvatten.....	7
2	Material och metod.....	8
2.1	Material och datainsamling.....	8
2.2	Flödesberäkning	8
2.3	Beräkning av dimensionerande utjämningsvolym	8
2.4	Åtgärdsnivå 20 mm	9
2.5	Föroreningsberäkning	10
3	Områdesbeskrivning och avgränsning.....	11
3.1	Markanvändning – Befintlig	11
3.2	Hydrogeologi och Hydrologi.....	11
3.2.1	Infiltrationsförutsättningar och geologi	12
3.2.2	Översiktliga avrinningsförhållanden och befintlig dagvattenhantering.....	13
3.3	Föroreningssituation	15
3.4	Recipient – Status.....	16
3.4.1	Miljö kvalitetsnormer (MKN).....	17
3.5	Förutsättningar för dagvattenhanteringen	18
3.6	Planerad markanvändning	19
3.6.1	Områdets framtida struktur	21
4	Flödesberäkningar och föroreningsbelastning.....	23
4.1	Flödesberäkningar	23
4.2	Dimensionerande utjämningsvolym	25
4.3	Föroreningsbelastning.....	26
5	Systemlösningar för dagvattenhantering	29
5.1	Lösningförslag.....	30
5.1.1	Delavrinningsområde 1	33
5.1.2	Delavrinningsområde 2	33
5.1.3	Delavrinningsområde 3	33
6	Biofilter-Principlösningar	34
6.1	Rosendalsmodellen	34

6.1.1	Öppet förstärkningslager (ÖF).....	35
6.1.2	Biokol.....	36
6.1.3	Utformning av gatusektioner	37
6.2	Regnbädd och Trädplantering med skelettjord	38
7	Översvämninganalys och höjdsättning.....	39
7.1	Principiell höjdsättning vid ett 100-årsregn	39
7.1.1	Befintliga lågpunkter och potentiella översvämningssytor	40
7.1.2	Höjdsättning – befintlig och framtida	41
8	Slutsats.....	42
9	Referenser	43

Till grund för systemlösningarna i dagvattenutredningen ska Uppsala kommuns riktlinjer för dagvattenhantering samt Uppsala vattens checklista med tillhörande anvisningar följas. Dessa krav innebär att dagvattenanläggningarna inom fastigheten skall utformas så att 20 mm regn, räknat över hela fastighetens yta, kan renas och avtappas under minst 12 timmar innan vidare avledning tillförbindelsepunkten för Uppsala Vattens dagvattenledning. Hänsyn har tagits till recipienten för planområdets dagvatten, Fyrisån, och utredningen syftar till att om möjligt förbättra föroreningsituationen inom planområdet.

I uppdraget ingår att utforma ett förslag för framtida dagvattenhantering utifrån två scenarion:

Scenario 1: innebär att kvartersmarken inte uppfyller åtgärdskravet där ett 20-millimetersregn ska fördröjas och renas och att endast dagvatten som uppstår inom allmän platsmark renas och fördröjs.

Scenario 2: innebär att kvartersmarken uppfyller åtgärdskravet där ett 20-millimetersregn fördröjs och renas samtidigt som dagvatten som uppstår inom allmän platsmark också renas och fördröjs.

1.2 Allmänt om dagvatten

Dagvatten definieras som ett tillfälligt förekommande vatten som avrinner på markytan vid regn och snösmältning. Generellt är ytavrinningens flödestorlek och föroreningshalt kopplad till markanvändningen i ett område. Exploatering av tidigare industrimark med tillhörande parkering leder generellt till en mindre areal av hårdgjorda ytor, vilket leder till en minskning av dagvattenmängderna. Vid lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) används dagvattenlösningar som efterliknar vattnets naturliga kretslopp, som infiltration i mark, i stället för att leda bort dagvattnet i konventionella ledningar. På så sätt minskas mängden dagvatten som behöver tas omhand i dagvattennätet och det sker en naturlig rening av dagvattnet.

2 Material och metod

2.1 Material och datainsamling

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

- Jordarts- och jorddjupskarta (SGU)
- Uppsala kommuns riktlinjer för dagvattenhantering
- Befintliga VA- ledningar (erhållet av beställaren)
- Illustrationsplan (erhållet av arkitekt)

2.2 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 är 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.

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.

2.3 Beräkning av dimensionerande utjämningsvolym

Beräkning av utjämningsvolym har gjorts enligt Uppsala kommuns riktlinjer för utsläpp av dagvatten från fastighetsmark. Enligt dessa åtgärdsnivåer ska de första 20 millimetrarna nederbörd på utredningsområdet kunna magasineras och avtappas under cirka 12 timmar inom själva undersökningsområdet. Beräkningen av den dimensionerande utjämningsvolymen för eventuella fördröjningsanläggningar görs med följande generella ekvation:

$$V = 20 \text{ mm} \cdot \text{Andelen hårdjord yta} \quad (\text{Ekvation 2})$$

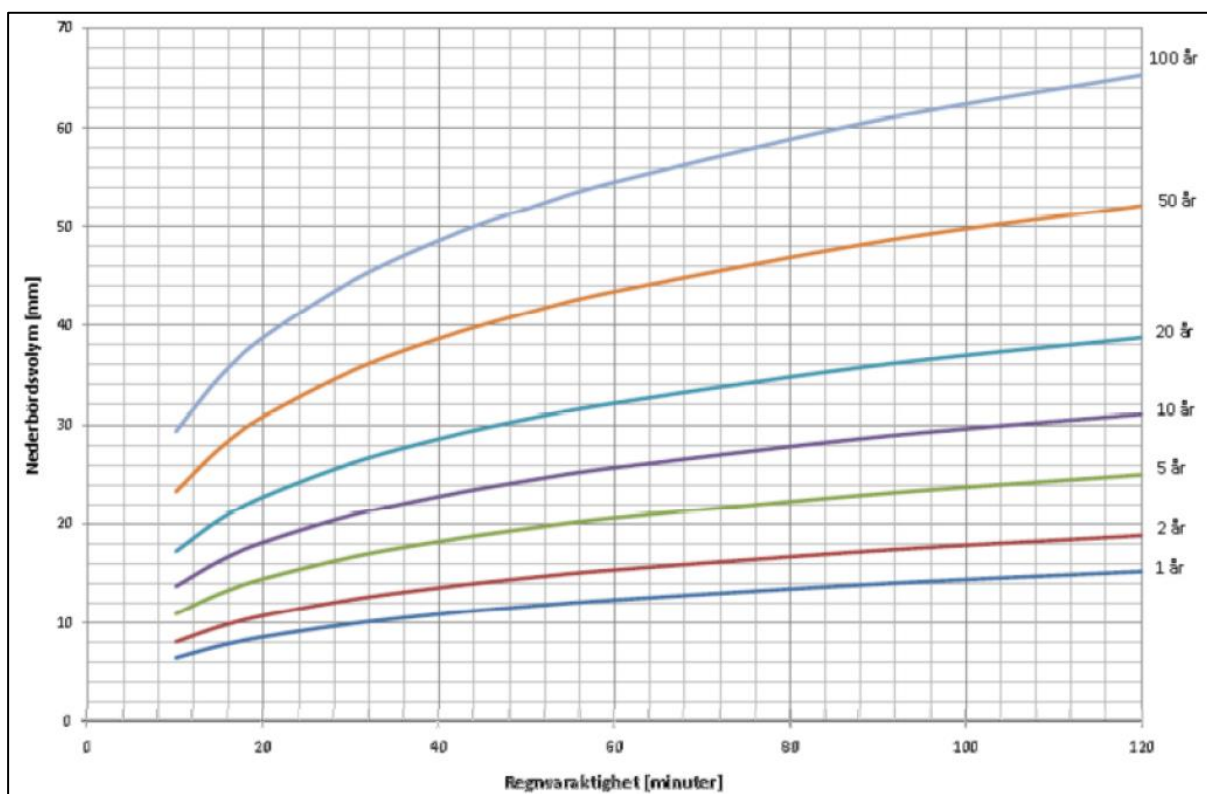
Där V är den dimensionerande specifika utjämningsvolymen, 20 mm är den mängd nederbörd som Uppsala kommun kräver ska kunna renas och avtappas under minst 12 timmar. ”Andelen hårdgjord yta” representerar den reducerade arean, dvs hela området yta multiplicerats med den sammanvägda avrinningskoefficienten för området. Enligt Dahlström (2010) uppgår nederbördsvolymen vid ett 20-årsregn till 20 mm efter 15 minuter. Detta är således den tid det tar att fylla utjämningsvolymen som krävs enligt Uppsala Vattens åtgärdsnivå. Vid beräkningar av dimensionerande flöde efter exploatering adderas således 15 minuter till undersökningsområdets rinntid.

2.4 Åtgärdsnivå 20 mm

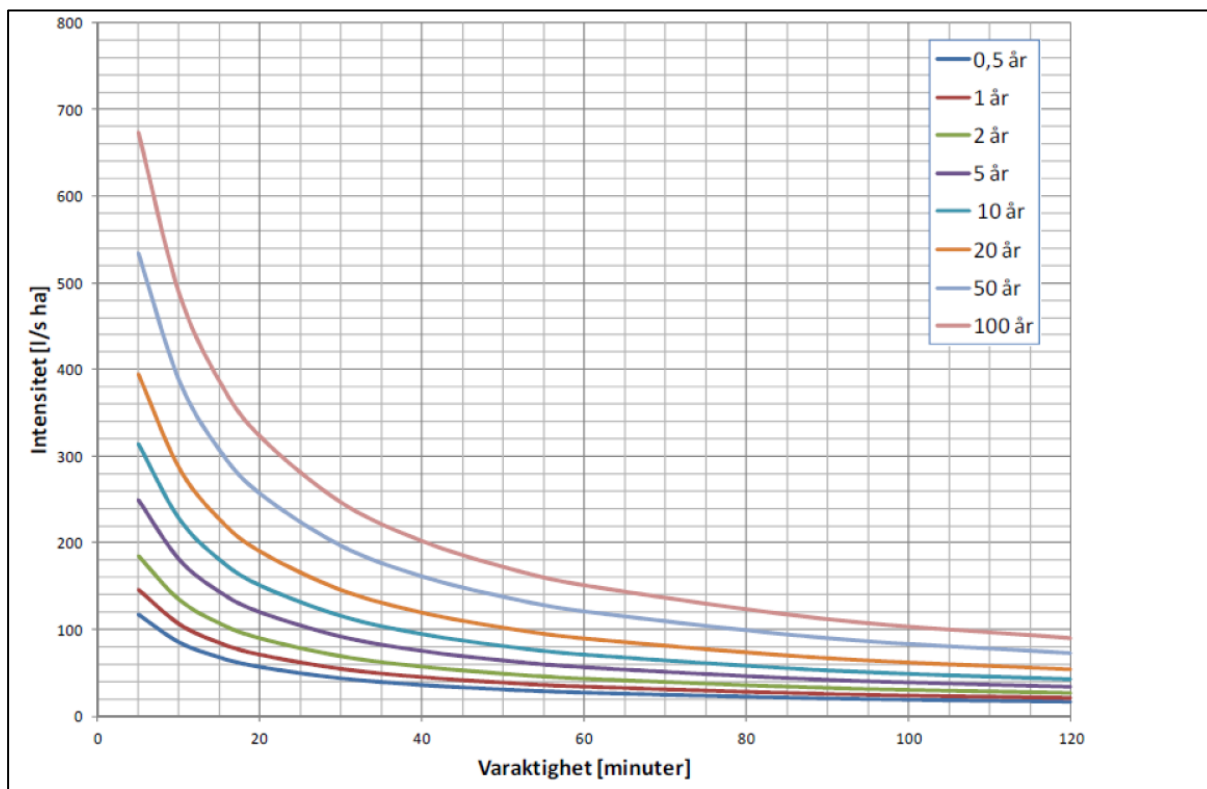
Beräkning av utjämningsvolym har gjorts enligt Uppsala kommuns mått på åtgärdsnivå för dagvatten vid ny- och ombyggnationer. Enligt dessa mått ska de första 20 millimetrarna nederbörd kunna magasineras och avtappas under cirka 12 timmar inom planområdet. Fördröjning av 20 mm regn innebär att 90 % av årsnederbörden fördröjs.

För ett 20-årsregn har regnvolymen 20 mm uppnåtts efter en varaktighet av 15 minuter (se Figur 2-1). Eftersom intensiteten minskar med ökande regnvaraktighet (se Figur 2-2) innebär det att en lägre dimensionerande regnintensitet gäller för ett område med inbyggd fördröjning, vilket alltså innebär att det dimensionerande flödet minskar.

Vid beräkningar av dimensionerande flöde efter exploatering adderas således 25 minuter till planområdets rinntid. För ett 100-årsregn har regnvolymen redan överskridit 30 mm efter 10 minuter, vilken är den kortaste varaktighet som redovisas i Figur 2-1.



Figur 2-1. Nederbördsvolym som funktion av regnvaraktighet och återkomsttid (från Dahlström (2010)).



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

2.5 Föroreningsberäkning

Beräkningar av föroreningsbelastning i dagvattnet utförs med modellverktyget StormTac v.18.3.2. 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.

3 Områdesbeskrivning och avgränsning

3.1 Markanvändning – Befintlig

Det utredda området utgörs av ett område på ca 38 hektar där marken idag upptas av främst ett äldre industriområde med småskalig industri- och logistikverksamhet i form av byggbolag, bilhandlare, en bangård men även restauranger, gym och butiker. Området är idag till stor del hårdgjort med en stor andel takytor och parkeringar (där vissa av dem har en yta av grus) inom kvartersmarken. Figur 3-1 visar en översiktskarta över området som även redovisar den befintliga kvartersstrukturen samt kommunens och trafikverkets mark.



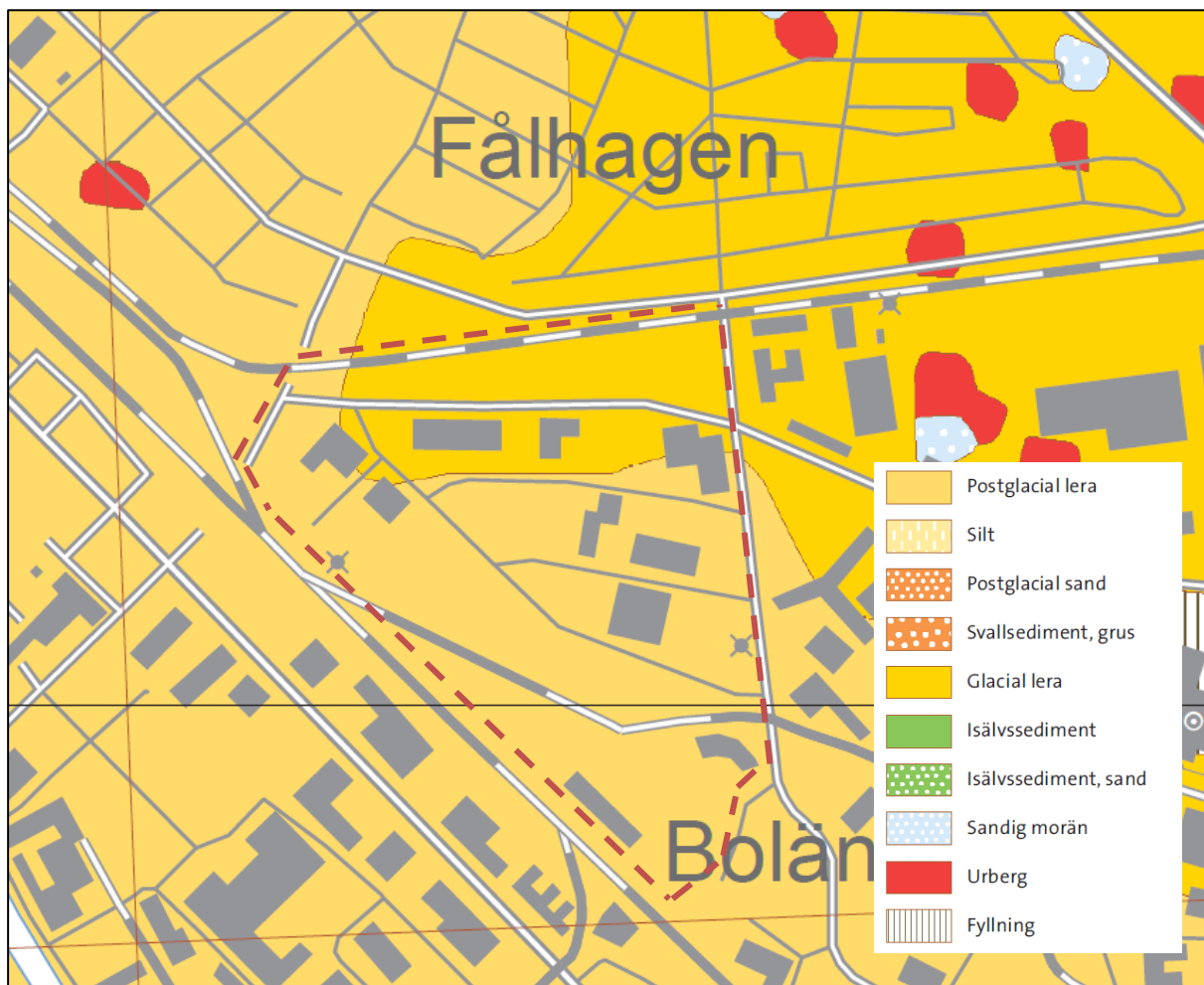
Figur 3-1. Den befintliga markanvändningen samt ägarstrukturen inom utredningsområdet.

3.2 Hydrogeologi och Hydrologi

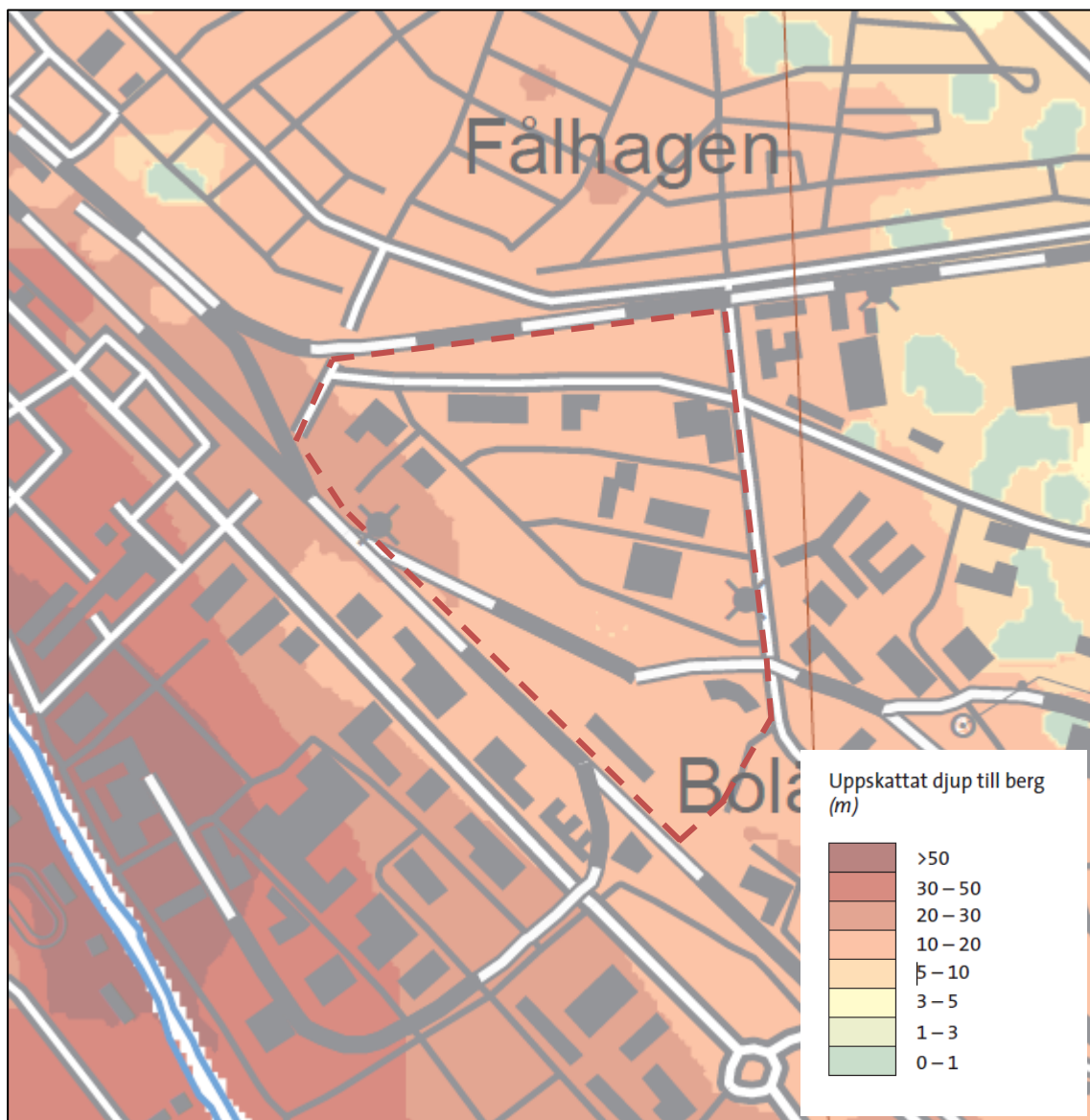
Underlaget för att skatta förutsättningarna för dagvattenhantering har främst hämtats från webbaserat underlag då inga undersökningar avseende grundvattennivåer etc. veterligen har utförts inom undersökningsområdet. En geoteknisk undersökning bör utföras för att få fördjupad insikt i de geotekniska förhållandena.

3.2.1 Infiltrationsförutsättningar och geologi

Enligt SGU:s jordarts- och jorddjupskarta består jordlagren inom utredningsområdet av glacial och postglacial lera. Jordlagrens mäktigheter uppges till mellan 10 och 30 meter, se Figur 3-2 och Figur 3-3.



Figur 3-2. Jordartskartan från SGU visar att utredningsområdet (röd streckad polygon) bedöms bestå av glacial och postglacial lera.



Figur 3-3. Jorddjupskartan från SGU visar att utredningsområdet (röd streckad polygon) bedöms ha jorddjup mellan 10 och 30 meter.

Baserat på denna information bedöms förutsättningarna för naturlig infiltration av dagvatten i utredningsområdet som klart begränsade.

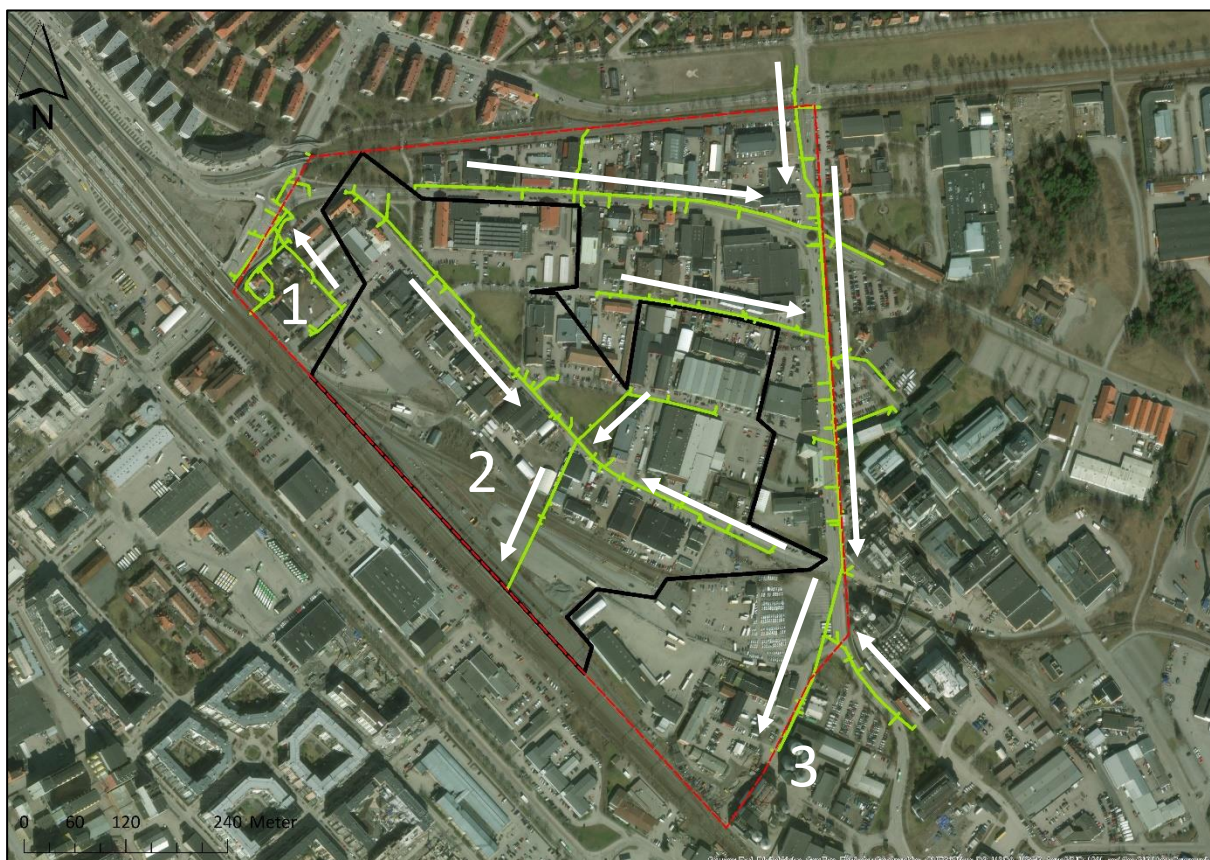
3.2.2 Översiktliga avrinningsförhållanden och befintlig dagvattenhantering

Utredningsområdet är relativt plant med lokala lutningar mot dagvattenbrunnar runt om inom området. Borttransport av vatten från området sker både som ytavrinning och via de befintliga dagvattenledningarna inom planområdet. Figur 3-5 visar det befintliga dagvattennätet som mottar dagvattnet från utredningsområdet samt flödesriktningarna i dagvattenledningarna. Inom utredningsområdet finns tre tekniska delavrinningsområden som avvattnas antingen via dagvattenledning 1, 2 eller 3, vilka kan ses i Figur 3-4 och Figur 3-5.



Figur 3-4. Utredningsområdets tekniska delavrinningsområden.

Den tänkta exploateringen inom utredningsområdet kommer leda till att de tekniska delavrinningsområdena kommer att förändras något. Förslag på önskad höjdsättning och hantering av dagvattenflöden utreds vidare i Avsnitt 3.6 och Avsnitt 5.



Figur 3-5. Det befintliga dagvattennätet (gröna linjer) samt flödesriktningarna i dagvattenledningarna (vita pilar). Svarta linjer representerar de befintliga tekniska delavrinningsområdena. Området avvattnas via antingen dagvattenledning 1, 2 eller 3.

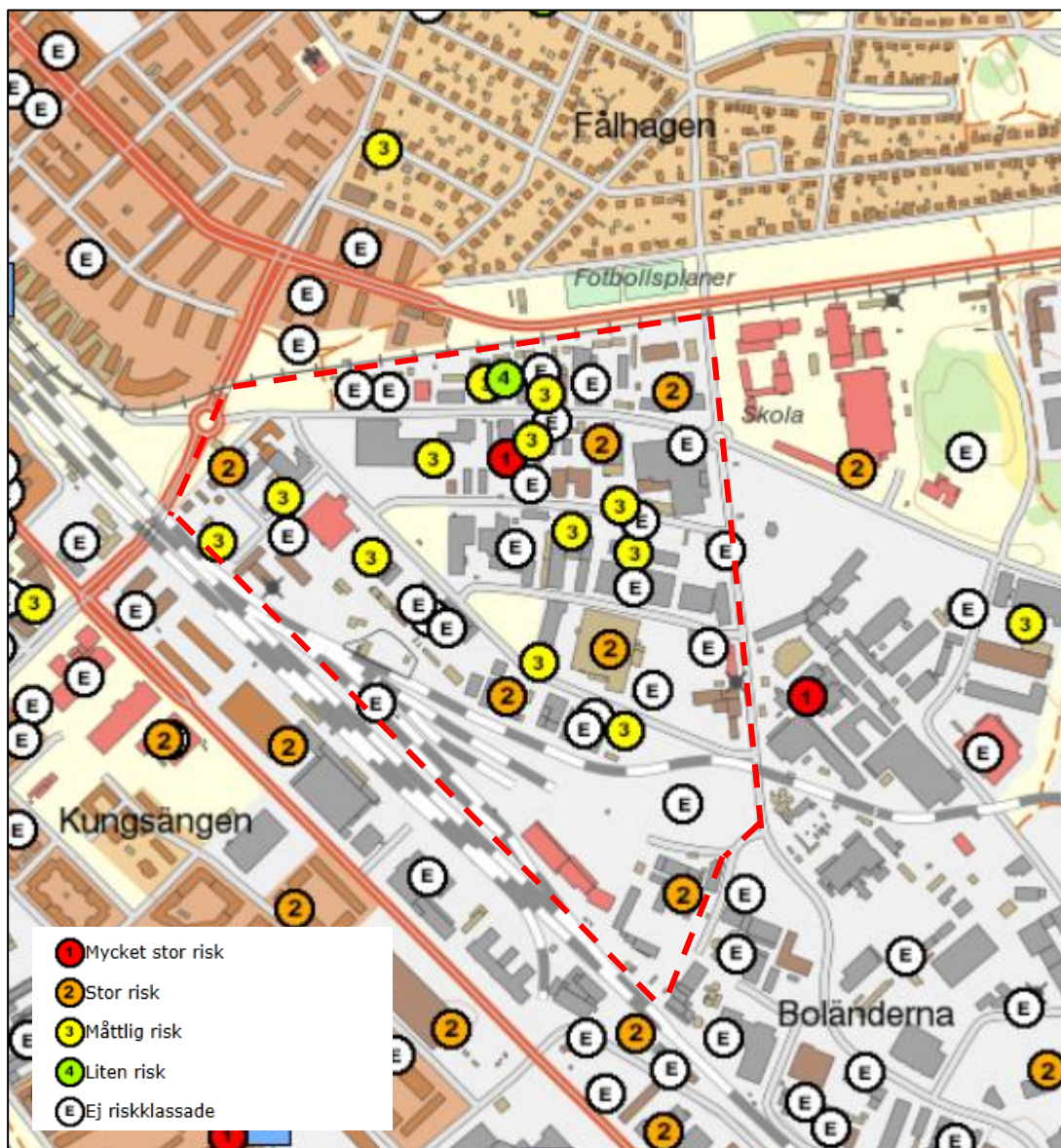
I en dagvattenmodell skapad av Sweco (2012) analyserades dagvattennätets hydrauliska egenskaper. Analysresultatet visade att dagvattennätet har underdimensionerande dagvattenledningar och att marköversvämningar sker redan vid ett 2-årsregn. Swecos utredning föreslår att huvuddagvattenledningen från Kungsgatan ner till Fyrisån förstoras till 1200-1400 mm ledning samt att även ledningarna vid Säbygatan få en grövre dimensionering. Vidare föreslår utredningen även att ett utjämningsmagasin anläggs vid Säbygatan för att området ska klara av ett 10-årsregn utan översvämningar. I kapitel 5 diskuteras denna lösning, tillsammans med andra förslag närmare.

3.3 Föroreningsituation

Marken inom utredningsområdet är med stor sannolikhet förorenad i olika grad. Olika förorenande verksamheter har förekommit och förekommer inom området. Bland annat pågår logistikverksamhet, läkemedelsindustri, bilverkstäder och energiproduktion och det finns därför en stor risk att föroreningar som oljor, tungmetaller, PFAS och klorerade lösningsmedel kan spridas vid en eventuell exploatering. I Figur 3-6 redovisas länsstyrelsens MIFO-klassningar som är en översiktlig bedömning av de risker för människors hälsa och miljön som det förorenade området kan innebära i dagsläget.

Vid en framtida exploatering av området är det viktigt att miljötekniska markundersökningar utförs för att säkerställa om det förekommer föroreningar i marken. Om föroreningar påträffas är fastighetsägaren, entreprenören eller den ansvarige för verksamheten skyldig att informera

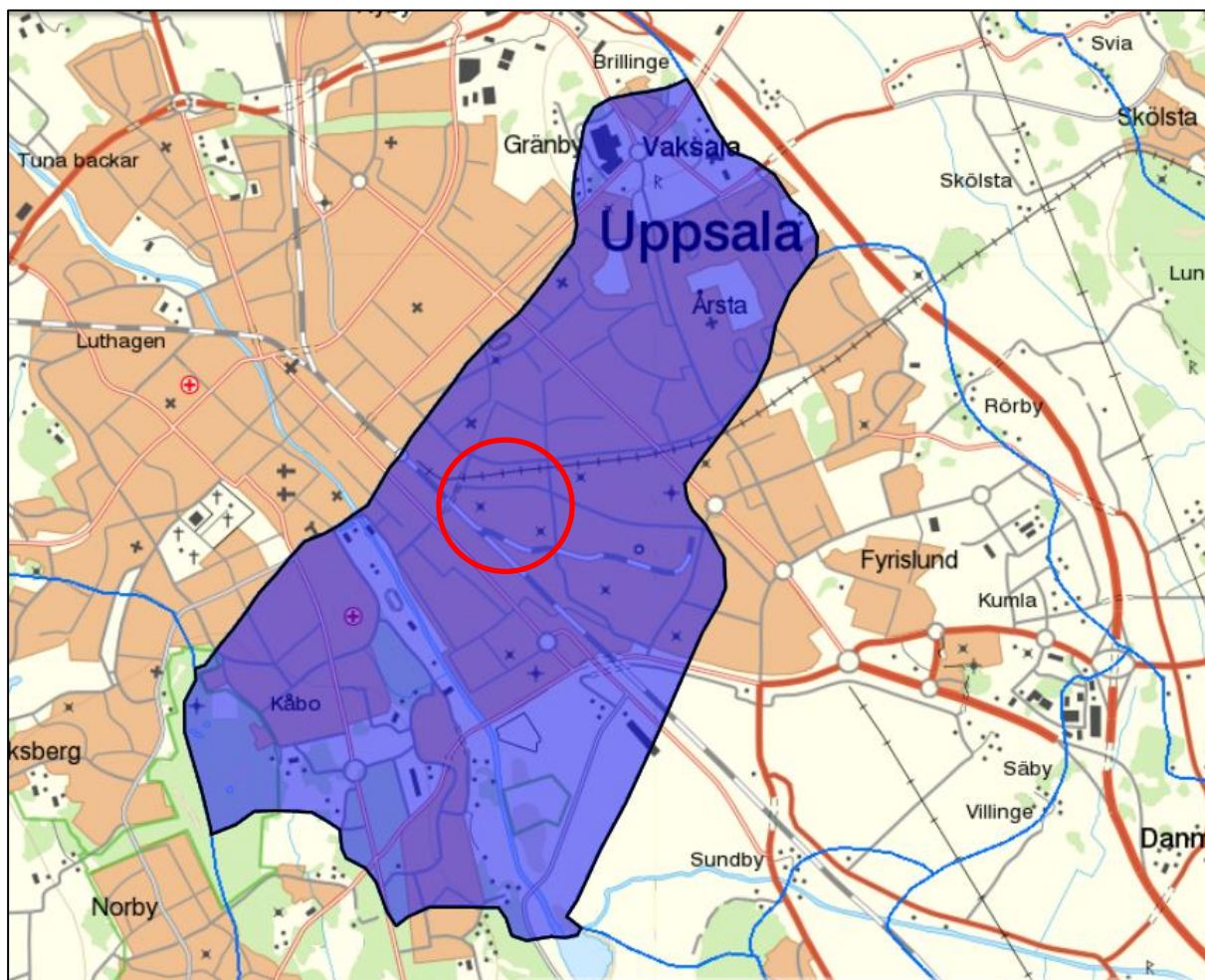
kommunens miljöenhet om det. Beroende på vilka åtgärdskrav som kommunen ställer på en eventuell saneringsåtgärd, kan dagvattenhanteringen anpassas efter detta. Dagvatten kan efter rening tillåtas infiltrera, om det inte finns någon risk för att föroreningar i marken transporteras till grundvattnet. Dagvattenanläggningarna kan även förses med tät botten för att säkerställa att inget dagvatten bidrar till en potentiell föroreningstransport vid infiltration.



Figur 3-6. Utredningsområdets (röd streckad polygon) potentiellt förorenade områden Källa: Länsstyrelsernas Webb-GIS.

3.4 Recipient – Status

Utredningsområdet ingår i Fyrisåns avrinningsområde. Figur 3-7 visar det delavrinningsområde som planområdet tillhör. Fyrisån rinner sydväst om planområdet och är recipient för dagvatten från planområdet.



Figur 3-7. Utredningsområdet ingår i Fyrisåns avrinningsområde som slutligen avvattnas till Mälaren-Ekoln. Planområdet återfinns inom den röda cirkeln.

3.4.1 Miljö kvalitetsnormer (MKN)

Det dagvatten som bildas inom planområdet rinner till Fyrisån (SE663992-160212). Vattendirektivet säger att "inga vatten får försämrats", vilket i vägledande domslut har tolkats som att inga förändringar får göras som leder till att en kvalitetsfaktor för en vattenförekomst nedklassas, eller äventyrar att miljö kvalitetsnormerna uppnås (se exempelvis Havs- och vattenmyndigheten, 2018). Enligt VISS (2018) bedöms det att Fyrisån har en måttlig ekologisk status på grund av för höga halter kiselalger. Fyrisån uppnår ej god kemisk status på grund av överskridande gränsvärden för kvicksilver, antracen och polybromerade difenyletrar (PBDE). Fyrisån har problem med övergödning på grund av belastning av näringsämnen. De uppmätta fosforhalterna i Fyrisån ligger nära gränsen till måttlig status. Fyrisån har även problem med syrefattiga förhållanden. Detta innebär enligt Weserdomen (se exempelvis Havs- och vattenmyndigheten, 2016) att ingen ytterligare försämring är tillåten samt att alla ökande utsläpp av näringsämnen anses bidra till att försämrats den dåliga statusen. Miljö kvalitetsnormernas kvalitetskrav är att god ekologisk status uppnås 2027 samt god kemisk ytvattenstatus med tidsfrist till 2021 för antracen samt med undantag i form av mindre stränga krav för bromerade difenyletrar och kvicksilver och kvicksilverföreningar.

Fyrisån flyter ut i recipienten Mälaren-Ekoln (SE662707-160167) har måttlig ekologisk status och den kemiska ytvattenstatusen uppnår ej god kemisk status. Se tabell 3-1 nedan för en sammanställning av recipienternas miljö kvalitetsnormer. Ekoln uppnår i dagsläget ej god kemisk status och överskridande ämnen är kvicksilver, kvicksilverföreningar och tributyltennföreningar.

Tabell 3-1. Miljö kvalitetsnormer för Fyrisån och Mälaren-Ekoln

Vattenförekomst	Ekologisk status och potential		Kemisk ytvattenstatus	
	Status 2017	Kvalitetskrav	Status 2017	Kvalitetskrav
Fyrisån	Måttlig	God	Uppnår ej god status	God
Mälaren-Ekoln	Måttlig	God	Uppnår ej god status	God

3.5 Förutsättningar för dagvattenhanteringen

Utredningsområdet befinner sig inom den sekundära, yttre skyddszonen för Uppsala- och Vattholmaåsarnas vattenskyddsområde. Från *Risicanalys av Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde ur grundvattensynpunkt – Slutrapport MÅsen Etapp 2* (Geosigma, 2018) (MÅsen är en förkortning för Markanvändning Åsen som syftar på markanvändning inom Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde) klassas den nordvästra delen av området under känslighetsklassen *Måttlig känslighet* och resten av utredningsområdet klassas under känslighetsklassen *Låg känslighet*. För områden som klassas i känslighetsklassen *Måttlig känslighet* krävs vissa försiktighetsmått vid exploatering. Dagvattenhanteringen ska inte utföras så att den riskerar att bidra till infiltration av farliga ämnen i samband med läckage. Dagvattnet från körbara ytor såsom gator, vägar, lastzoner och parkeringsytor ska dessutom genomgå rening i t.ex. växtbäddar innan det tillåts infiltrera. Vid byggnationen ska anlitate entreprenörer även ha en intern miljöplan där bland annat hanteringen av byggdagvatten redovisas. Utredningen har därför utgått från att potentiellt förorenat dagvatten, framförallt från gator, vägar, lastzoner och parkeringsytor ej ska riskera att infiltreras till grundvattnet utan rening samt att dagvattenhanteringen inte ska utföras så att den riskerar att bidra till infiltration av farliga ämnen i samband med läckage.

Uppsala kommun har utifrån kommunens dagvattenprogram, antagen 2014 i kommunfullmäktige, tagit fram övergripande mål för att underlätta arbetet för inblandade parter i deras arbete med dagvattenfrågor i samband med exploateringen av områden inom Uppsala kommun.

I programmet formuleras följande fyra övergripande mål:

- Bevara vattenbalansen
Vattenbalansen och den befintliga grundvattennivån ska inte påverkas negativt i samband med utvecklingen av stad och landsbygd inom kommunen.
- Skapa en robust dagvattenhantering
Dagvattenhanteringen ska utformas så att skador på allmänna och enskilda intressen undviks.
- Ta recipienthänsyn
Hanteringen av dagvatten ska möjliggöra att god status uppnås i Uppsalas recipienter.
- Berika stadslandskapet
Dagvattenhanteringen ska bidra till ett attraktivt stadslandskap.

Uppsala Vatten har även uppställda riktlinjer för utsläpp av dagvatten från fastighetsmark. Det finns två nivåer på krav och vilken nivå som tillämpas beror på avståndet från förbindelsepunkten via ledningssystemet, ner till utloppet i recipienten. Om fastigheten inte ligger i direkt närhet till utloppet i recipienten gäller följande:

- Dagvattenanläggningar inom fastigheten utformas så att 20 mm regn, räknat över hela fastighetens yta, kan renas och avtappas under minst 12 timmar innan vidare avledning till förbindelsepunkten för Uppsala Vattens dagvattenledning.

Utöver detta har även Uppsala kommuns checklista för dagvattenutredningar använts.

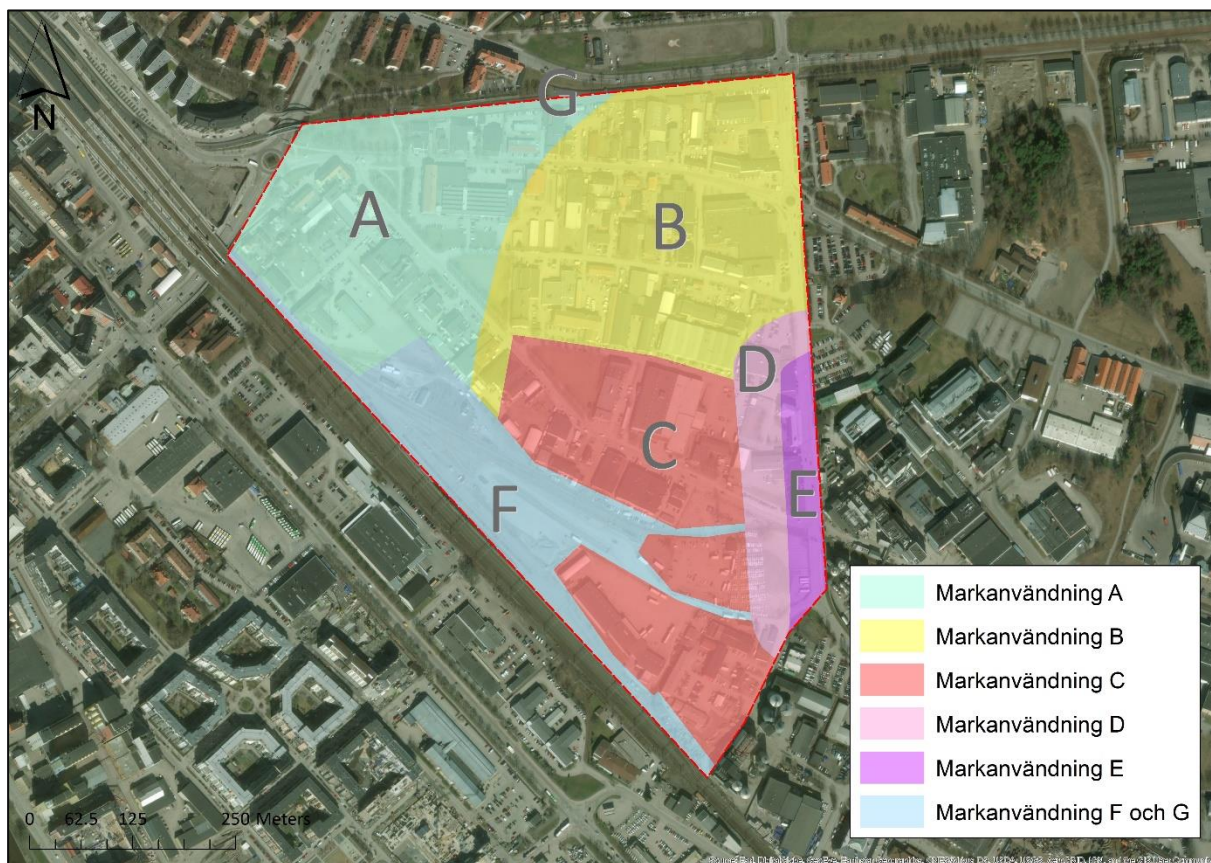
Denna utredning har arbetat med två scenarier för den planerade markanvändning:

Scenario 1: innebär att kvartersmarken inte uppfyller åtgärdskravet om att 20 mm fördröjs och renas inom kvartersmarken.

Scenario 2: innebär att kvartersmarken uppfyller åtgärdskravet om att 20 mm fördröjs och renas inom kvartersmarken.

3.6 Planerad markanvändning

Den framtida markanvändningen baseras på Uppsala kommuns strukturprogram för främre Boländerna. Strukturprogrammet har tagit fram en möjlig markanvändning inom utredningsområdet som är anpassad både till det befintliga och framtida näringslivets behov samt till de risker för säkerhet och hälsa som begränsar markanvändningen i varje stadsdel. Markanvändningskartan nedan är därför baserad på avståndet till verksamheter som vid en plötsligt inträffad olycka kan ge upphov till livshotande konsekvenser för tredje man. Verksamheterna som står för de främsta riskerna är framförallt GE Healthcare och Vattenfalls anläggning.



Figur 3-8. Markanvändningskarta som baseras på hälsa, säkerhet och näringslivets behov.

Markanvändning A

Område A befinner sig >380 m väster om GE Healthcares fastighetsgräns. Inom område A planeras för ett rikt stadsliv med verksamheter som kan befolkas dygnet runt t.ex. restauranger, handel, hotell och samlingslokaler. Dock ej bostäder.

Markanvändning B

Område B befinner sig 100-380 m väster och norr om GE Healthcares parkering. Inom område B planeras för kontor, restauranger, undervisning samt industri och lager.

Markanvändning C

Område C befinner sig 100-380 m från GE Healthcares fastighetsgräns. Området kan endast få nytillskott av verksamheter med låg persontäthet. Främst planeras för kontor, industri och lager.

Markanvändning D

Område D befinner sig 50-100 m från GE Healthcares fastighetsgräns söder om Bergsbrunnagatan. Inom område D planeras för ej känslig verksamhet och bebyggelse, t.ex. industri och lager.

Markanvändning E

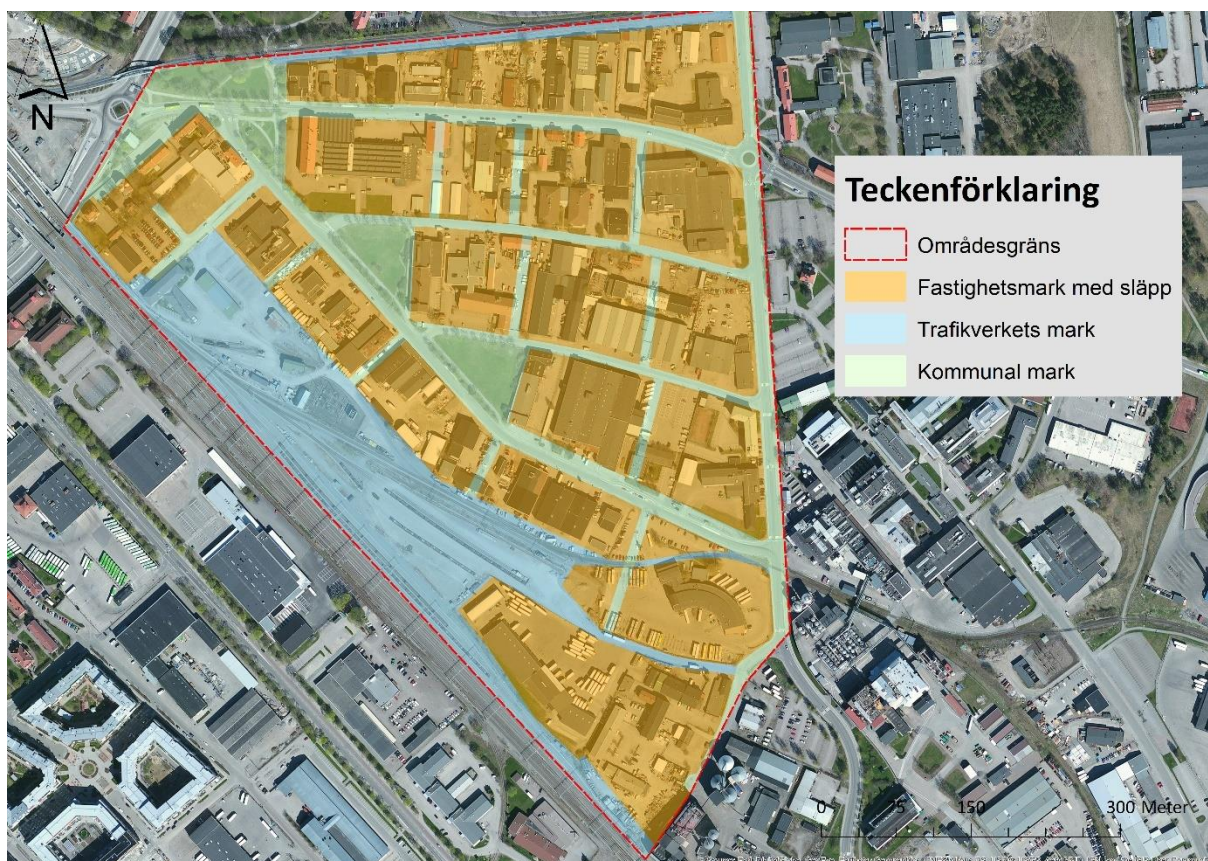
Område E befinner sig 0-50 m från GE Healthcares fastighetsgräns söder om Bergsbrunnagatan. Marken ska inte användas för stadigvarande vistelse. Inom område E planeras ej för någon ny bebyggelse.

Markanvändning F och G

Område F och G omfattar Ostkustbanan, Uppsala bangård och museijärnvägen. På grund av Ostkustbanans behov av en bebyggelsefri zon om 30 m från närmaste spår kommer byggnationer inom markanvändningsområdet inte vara möjligt. Område G omfattar museijärnvägen som även den förväntas bli oförändrad.

3.6.1 Områdets framtida struktur

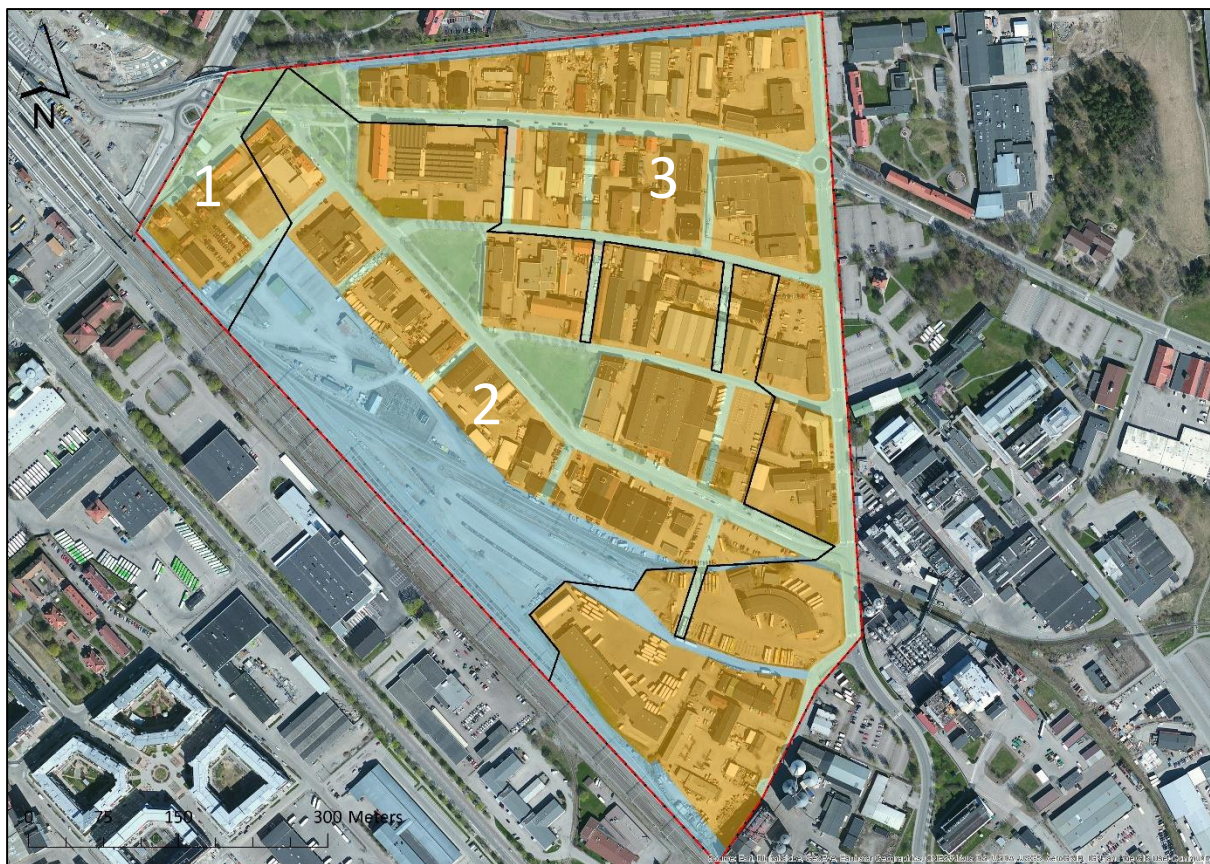
Utredningsområdets befintliga kvartersstruktur (se t.ex. Avsnitt 3) är stängd och kvarteren mycket långa. Den nuvarande stängda kvartersstrukturen medför en begränsad rörelse inom stadsdelen. Enligt Uppsala kommuns innerstadsstrategi ska främre Boländerna utvecklas med en tydlig och finmaskig kvartersstruktur som innebär att de befintliga kvarteren måste öppnas upp. På grund av Ostkustbanan och Uppsala bangård i söder, museijärnvägen i norr samt GE Healthcares läkemedelsindustri i öster blir det svårt att skapa nya kopplingar till de angränsande stadsdelarna Fålhagen, mellersta Boländerna och Kungsängen. Fokus har därför legat på att skapa så kallade "släpp" i nord-sydlig riktning genom de långsträckta kvarteren. Med släpp menas passagera som möjliggör transport mellan de horisontella transportlederna. Uppdelningen av kvartersmarken innebär att andelen allmän platsmark ökar och kvartersmarken minskar, se Figur 3-9.



Figur 3-9. Framtida kvartersstruktur med släpp inom kvartersmarken. Jämför även med nutida utformning i Figur 3-1.

De föreslagna öppningarna inom kvartersstrukturen leder till att de befintliga tekniska delavrinningsområdena inom utredningsområdet förändras något. Främst är det släppen genom kvarteren som påverkar delavrinningsområdena. Figur 3-10 visar de föreslagna

delavrinningsområdena efter den tänkta kvartersstrukturförändringen. Den föreslagna förändringen av de tekniska delavrinningsområdena föreslås för att minska belastningen på dagvattennätet inom delavrinningsområde 2 som idag är kraftigt överbelastat.



Figur 3-10. Förslag till de framtida tekniska delavrinningsområdena.

4 Flödesberäkningar och föroreningsbelastning

4.1 Flödesberäkningar

I beräkningarna har vedertagna avrinningskoefficienter enligt Svenskt Vatten P110 (2016) använts, se Tabell 4-2. Planområdet består av flera olika typer av markanvändning och därför har en avvägd avrinningskoefficient beräknats enligt sambandet:

$$\varphi_{Atot} = (\varphi_1 \cdot A_1 + \varphi_2 \cdot A_2 + \varphi_3 \cdot A_3 \dots) / A_{tot} \quad (\text{Ekvation 4})$$

Det bör noteras att mycket små förändringar i avrinningskoefficienten kan ge relativt stora skillnader i flöde så de redovisade flödena bör främst ses som indikatorer på hur flödena kommer att förändras vid den nya markanvändningen och inte som exakta värden.

För att skapa en uppfattning om kvartersmarkens befintliga avrinningskoefficient studerades kvarteret i Figur 4-1. I Tabell 4-1 redovisas använda avrinningskoefficienter och areor inom det studerade kvarteret.



Figur 4-1. Befintlig markanvändning i ett av kvarteren inom utredningsområdet. Kvarteret studerades för att erhålla en lämplig avrinningskoefficient för kvartersmarken.

Tabell 4-1. Använda avrinningskoefficienter och areor inom det studerade kvarteret i Figur 4-1.

Markanvändning	ϕ (-) Befintlig	Area befintlig markanvändning (ha)	ϕ_{Atot} (-) Befintlig
Takyta	0,90	2,02	0,80
Asfaltyta	0,80	2,20	
Grusyta	0,40	0,10	
Gräsyta	0,10	0,23	

Tabell 4-2. Använda avrinningskoefficienter, samt beräknade avvägda avrinningskoefficienter för befintlig och planerad markanvändning

Delavrinnings- område	Markanvändning	ϕ (-) Befintlig	ϕ (-) Planerad	Area befintlig markanvändning (ha)	Area planerad markanvändning (ha)	$\phi_{A_{tot}}$ (-) Befintlig	$\phi_{A_{tot}}$ (-) Planerad
1	Gatumark	0,80	0,80	0,80	0,80	0,65	0,51
	Kvartersmark	0,80	0,50	1,03	1,03		
	Bangård	0,30	0,30	0,29	0,30		
	Grönområde	0,10	0,10	0,24	0,24		
2	Gatumark	0,80	0,80	1,99	1,99	0,61	0,45
	Kvartersmark	0,80	0,50	10,02	9,60		
	Bangård	0,30	0,30	5,32	5,32		
	Grönområde	0,10	0,10	1,22	1,22		
	Släpp	-	0,60	-	0,42		
3	Gatumark	0,80	0,80	3,25	3,25	0,76	0,57
	Kvartersmark	0,80	0,50	12,48	10,11		
	Kvartersmark 2	0,65	0,65	-	1,80		
	Kvartersmark 3	0,80	0,80	-	0,06		
	Bangård	0,30	0,30	1,29	1,29		
	Släpp	-	0,60	-	0,51		

För samtliga delavrinningsområden minskar den sammanvägda avrinningskoefficienten. Detta beror främst på att kvartersmarken antas få en lägre avrinningskoefficient vid framtida exploatering. Avrinningskoefficienten för kvartersmarken vid den befintliga situationen har ansatts relativt högt eftersom kvarteren till stor del består av tak- och parkeringsytor. Inom delavrinningsområde 3 används tre olika kvartersmarker eftersom närheten till GE Healthcare påverkar markanvändningen, se avsnitt 3.6. I korthet så kommer kvartersmarken närmast GE inte byggas om utan bevaras i befintligt skick, vilket har tagits med i den sammanvägda avrinningskoefficienten för den planerade markanvändningen i delavrinningsområde 3. I Tabell 4-2 ovan representeras kvartersmarken som antas förbli oförändrad av markanvändningen "Kvartersmark 3" (marken som ligger närmast GE) medan "Kvartersmark 2" representerar en markanvändning som begränsas något på grund av närheten till GE. "Kvartersmark 1" innebär en markanvändning som inte påverkas av GE.

I enlighet med Uppsala kommuns checklista har ett 20-årsregn använts för beräkning av dimensionerande flöden.

Dagvattenflöden från planområdet vid ett 20-årsregn med 10 minuters varaktighet, för befintlig och planerad markanvändning är beräknade enligt Ekvation 1 i Kapitel 2.2 och resultaten redovisas i Tabell 4-3. I tabellen visas även förändringen i årsmedelflöde och dimensionerande flöde. Vid beräkningar av dagvattenflöde efter planerad exploatering av fastigheten har en klimatfaktor på 1,25 använts för att erhålla det dimensionerande flödet. Enligt beräkningar utförda enligt Dahlström (Svenskt Vatten, 2010) motsvarar ett 20-årsregn med 10 minuters varaktighet en regnintensitet på 287 liter/sekund·hektar. Det dimensionerande flödet vid ett 20-årsregn med 25 minuters varaktighet har också beräknats, vilket motsvarar att åtgärdsnivån 20 mm uppfylls. Det eftersom det tar 15 minuter att fördröja 20 mm vid en 20-årsregn och till det adderas 10 minuter som representerar nederbördens rinntid till fördröjande transportsträcka.

Tabell 4-3. Beräknade dagvattenflöden för befintlig och planerad markanvändning vid dimensionerande flöde för ett 20-årsregn med 10 minuters varaktighet (287 liter/sekund·hektar) samt årsflöden (årsnederbörd 636 millimeter) med en klimatfaktor på 1,25

Delavrinnings- område	Mark- användning	Flöde befintlig markanvändning för ett 20-årsregn med 10 minuters varaktighet (l/s)	Flöde planerad	Flöde planerad	Årsmedel -flöde Befintlig (l/s)	Årsmedel -flöde Planerad (l/s)
			markanvändning inkl. klimatfaktor för ett 20- årsregn med 10 minuters varaktighet (l/s)	markanvändning inkl. klimatfaktor för ett 20- årsregn med 25 minuters varaktighet (l/s)		
			[Scenario 1]	[Scenario 2]		
1	Gatumark	128	160	92	0,35	0,33
	Kvartersmark	237	185	106		
	Bangård	25	31	18		
	Grönområde	7	9	5		
	Summa	397	385	220		
2	Gatumark	457	571	326	2,6	2,4
	Kvartersmark	2301	90	52		
	Bangård	458	1722	984		
	Grönområde	35	573	327		
	Släpp	-	44	15		
Summa	3251	3000	1714			
3	Gatumark	745	932	532	2,9	2,7
	Kvartersmark	2865	1814	1036		
	Kvartersmark 2	-	420	240		
	Kvartersmark 3	-	17	10		
	Bangård	111	85	48		
	Släpp	-	109	63		
Summa	3722	3377	1930			

Beräkningarna visar att en exploatering av området enligt Uppsala kommuns strukturprogram för främre Boländerna (PBN 2015-000620) skulle generellt medföra oförändrade eller minskade dagvattenflöden med ca 10 % med en ansatt klimatfaktor på 1,25. Om åtgärdskravet 20 mm uppfylls minskar flödet ut från delavrinningsområdena med ca 50 %. Årsmedelflödet beräknas även det minska något.

4.2 Dimensionerande utjämningsvolym

Den dimensionerande utjämningsvolymen har beräknats enligt Ekvation 2 i Kapitel 2.4. Dagvattenanläggningarna inom fastigheten utformas så att 20 mm regn, räknat över hela fastighetens yta, kan renas och avtappas under minst 12 timmar innan vidare avledning till förbindelsepunkten för Uppsala Vattens dagvattenledning. Den dimensionerande utjämningsvolymen har beräknats för den allmänna platsmarken för varje delavrinningsområde och redovisas i Tabell 4-4 nedan.

Tabell 4-4. Erforderlig utjämningsvolym för varje delavrinningsområde

Delavrinningsområde	Dimensionerande utjämningsvolym allmän platsmark (m ³)	Dimensionerande utjämningsvolym totalt (m ³)
1	96	210
2	400	1680
3	600	1840
Totalt	1096	3730

4.3 Föroreningsbelastning

För beräkning av föroreningshalter i dagvatten från olika typer av markanvändning har schablonvärden från databasen StormTac v.18.3.2 använts, se Tabell 4-5, Tabell 4-6 och Tabell 4-7. Schablonvärdena är framtagna vid vetenskapliga studier med långa mätserier av dagvatten.

Tabellerna beskriver föroreningssituationen vid befintlig och framtida markanvändning. Som grund för beräkningarna har schablonvärdet ”industrimark” använts för kvarteretsmarken för den befintliga situationen. Den framtida situationen är beräknad på att kvarteretsmarken (industrimarken) minskar då ett antal släpp genom kvarteren infogats samtidigt som markanvändning byts ut från industrimark till kontorsområde.

Tabell 4-5. Föroreningshalt och föroreningsbelastning i dagvatten från delavrinningsområde 1 för befintlig och planerad markanvändning, beräknat i StormTac 18.3.2. Föroreningsbelastningen jämförs med den befintliga. Röd = halten ökar alternativt förblir oförändrad efter planerad markanvändning och/eller rening, Grön = halten minskar vid planerad markanvändning och/eller rening

Ämne	Delavrinningsområde 1							
	Befintlig		Planerad		Efter rening allmän platsmark		Efter rening allmän platsmark och kvarteretsmark	
	µg/l	kg/år	µg/l	kg/år	µg/l	kg/år	µg/l	kg/år
Fosfor	210	2,1	180	1,7	148	1,4	98	0,7
Kväve	1800	18	1600	15	1274	12	976	6,8
Bly	17	0,2	16	0,2	15	0,1	3,1	0,02
Koppar	32	0,3	24	0,2	19	0,2	9,8	0,07
Zink	150	1,5	80	0,8	76	0,7	30	0,2
Kadmium	0,88	0,009	0,54	0,005	0,47	0,004	0,14	0,001
Krom	9,9	0,1	9,1	0,09	7,7	0,07	3,7	0,03
Nickel	11	0,1	5,8	0,05	4,5	0,04	3,4	0,02
Kvicksilver	0,063	0,0006	0,078	0,0007	0,062	0,0006	0,02	0,0001
Suspenderad substans	77 000	770	75 000	710	55 578	522	16 123	113
Olja (mg/l)	1600	16	920	8,6	750	7,0	241	1,7
PAH (µg/l)	0,56	0,006	0,53	0,005	0,51	0,005	0,1	0,0009
Benso(a)pyren	0,086	0,0009	0,081	0,0008	0,079	0,0007	0,02	0,0001

Tabell 4-6. Föroreningshalt och föroreningsbelastning i dagvatten från delavrinningsområde 2 för befintlig och planerad markanvändning, beräknat i StormTac 18.3.2. Föroreningsbelastningen jämförs med den befintliga. Röd = halten ökar alternativt förblir oförändrad efter planerad markanvändning och/eller rening, Grön = halten minskar vid planerad markanvändning och/eller rening

Ämne	Delavrinningsområde 2							
	Befintlig		Planerad		Efter rening allmän platsmark		Efter rening allmän platsmark och kvartersmark	
	µg/l	kg/år	µg/l	kg/år	µg/l	kg/år	µg/l	kg/år
Fosfor	220	18	200	13	186	12	128	5,5
Kväve	1800	150	1572	102	1280	83	828	35
Bly	19	1,6	21	1,3	20	1,3	4,2	0,18
Koppar	34	2,8	25	1,6	22	1,4	10	0,44
Zink	180	15	101	6,5	98	6,4	39	1,7
Kadmium	0,97	0,080	0,65	0,042	0,62	0,040	0,19	0,0080
Krom	10	0,84	10	0,66	9,1	0,59	3,8	0,16
Nickel	12	0,97	6,1	0,39	5,4	0,35	4,1	0,18
Kvicksilver	0,057	0,0047	0,084	0,0054	0,076	0,0049	0,013	0,00054
Suspenderad substans	75 000	6200	80 985	5239	70 993	4593	18 554	791
Olja (mg/l)	1700	140	1020	66	928	60	241	10
PAH (µg/l)	0,65	0,054	0,71	0,046	0,68	0,044	0,17	0,0074
Benzo(a)pyren	0,10	0,0084	0,10	0,0067	0,10	0,0067	0,018	0,00077

Tabell 4-7. Föroreningshalt och föroreningsbelastning i dagvatten från delavrinningsområde 3 för befintlig och planerad markanvändning, beräknat i StormTac 18.3.2. Föroreningsbelastningen jämförs med den befintliga. Röd = halten ökar alternativt förblir oförändrad efter planerad markanvändning och/eller rening, Grön = halten minskar vid planerad markanvändning och/eller rening

Ämne	Delavrinningsområde 3							
	Befintlig		Planerad		Efter rening allmän platsmark		Efter rening allmän platsmark och kvartersmark	
	µg/l	kg/år	µg/l	kg/år	µg/l	kg/år	µg/l	kg/år
Fosfor	240	23	200	17	183	15	137	8,0
Kväve	1800	170	1600	140	1335	109	1009	59
Bly	22	2,0	19	1,6	19	1,6	6,6	0,4
Koppar	37	3,4	26	2,2	22	1,8	13	0,8
Zink	200	18	100	8,7	104	8,5	61	3,5
Kadmium	1,1	0,10	0,7	0,06	0,6	0,05	0,30	0,02
Krom	11	1,1	9,9	0,8	9,0	0,7	4,8	0,3
Nickel	13	1,2	6,6	0,6	5,8	0,5	5,0	0,3
Kvicksilver	0,07	0,006	0,08	0,007	0,07	0,006	0,020	0,001
Suspenderad	86 000	8000	80 000	6800	67 584	5510	25 831	1505

substans								
Olja (mg/l)	1900	180	1100	89	953	78	434	25
PAH (µg/l)	0,7	0,07	0,7	0,06	0,7	0,05	0,2	0,01
Benso(a)pyren	0,1	0,01	0,1	0,008	0,1	0,008	0,03	0,002

Tabell 4-8. Total belastning från hela planområdet för befintlig och planerad markanvändning före och efter rening, samt total avskild mängd efter rening. Grön = halten minskar, Röd = halten ökar

Ämne	Total belastning och avskild mängd föroreningar hela utredningsområdet				
	Befintlig	Planerad	Efter rening allmän platsmark	Efter rening allmän platsmark och kvartersmark	Avskild mängd efter rening allmän platsmark och kvarter
	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år
Fosfor	43,1	31,7	28,4	14,2	28,9
Kväve	338	257	204	101	237
Bly	3,8	3,0	3,0	0,6	3,2
Koppar	6,5	4,0	3,4	1,3	5,2
Zink	34,5	16,0	15,6	5,4	29,1
Kadmium	0,2	0,1	0,1	0,03	0,2
Krom	2,0	1,6	1,4	0,5	1,6
Nickel	2,3	1,0	0,9	0,5	1,8
Kvicksilver	0,01	0,01	0,01	0,002	0,01
Suspenderad substans	14 970	12 749	10 625	2409	12 561
Olja	336	164	145	36,7	299,3
PAH	0,13	0,11	0,10	0,02	0,10
Benso(a)pyren	0,019	0,015	0,015	0,002	0,017

Den planerade markanvändningen leder till en generell förbättring av föroreningsituationen. Endast en av föroreningarna, kvicksilver, beräknas öka marginellt medan 12 av de studerade ämnena minskar eller förblir oförändrade efter planerad exploatering. Anledning till detta är främst att befintlig industriverksamhet byts ut mot kontorsområden och handel.

Efter föreslagen rening genom skelettjordar och växt-/regnbäddar minskar belastningen på recipienten Fyrisån för alla studerade ämnen jämfört med innan exploateringen. Beräkningarna visar att samtliga föroreningar då understiger de ursprungliga. Exploateringen bedöms därför inte innebära någon ökad risk för att recipienterna ska försämrats. Eftersom planområdet inte har några dagvattenlösningar i dagläget kommer exploateringen av planområdet med dagvattenlösningar snarare innebära en positiv åtgärd i arbetet mot en bättre vattenkvalitet i recipienterna.

5 Systemlösningar för dagvattenhantering

Utredningen har fokuserat på två olika scenarier för den framtida exploateringen av utredningsområdet.

Scenario 1: innebär att kvartersmarken inte uppfyller Uppsala kommuns åtgärdskrav om att 20 mm nederbörd fördröjs och renas inom kvartersmarken.

Scenario 2: innebär att kvartersmarken uppfyller Uppsala kommuns åtgärdskrav om 20 mm nederbörd fördröjs och renas inom kvartersmarken.

För båda scenarierna antas att trafikverkets mark förblir oförändrad, samtidigt som åtgärder inom den allmänna platsmarken sätts in för att fördröja och rena det dagvatten som uppkommer där. De åtgärder som föreslås i denna utredning är tänkta att komplettera befintlig dagvattenhantering så att systemen även i framtiden kan omhänderta dagvattnet på ett hållbart sätt. Befintliga ledningar, anläggningar och system för avvattning ska behållas och kommer utnyttjas även fortsättningsvis.

Principerna som föreslås för området är att om kvartersmarken fördröjer och renar sitt dagvatten görs det lokalt medan den allmänna platsmarken renar och fördröjer dagvattnet i någon variant av öppna, gröna lösningar som t.ex. regnbäddar och trädplanteringar med skelettjordar. Dessa öppna gröna dagvattenanläggningar, tillsammans med det grön-blå-grå- dagvattensystemet som har anlagts i Rosendal kommer i föreliggande dagvattenutredning ingå i samlingsnamnet biofilter.

Dagvattensystemet som anlagts i Rosendal (Uppsala) kommer att tituleras *Rosendalsmodellen* i denna rapport. Principerna för dagvattenlösningarna presenteras i kapitel 6.

I följande kapitel används dock benämningarna regnbäddar och trädplanterings som lösningsförslag. Denna avskiljning åsyftar till att påvisa skillnaden mellan vägarna och släppen, där regnbäddar med mindre växter och buskar föreslås på släppen och trädplanteringarna sker främst längs de större vägarna. Denna skillnad gäller också för rosendalsmodellen.

Följaktligen bygger lösningsförslagen generellt på att den allmänna platsmarken och släppen genom den planerade kvartersstrukturen utformas med planteringar och vegetation för att uppnå en attraktiv och hållbar stadsmiljö. Inom släppen föreslås att stora delar av det dagvatten som uppstår inom den allmänna platsmarken också fördröjs och renas i släppen. I kanterna av grönområdena längs Säbygatan placeras trädplanteringar som renar och fördröjer dagvatten. Dessa utnyttjas även som översvämningssytor dit dagvatten kan ledas vid kraftiga regn.

Utredningsområdet består av fyllnadsmaterial som överlagrar lera med en mäktighet på drygt 20 meter. Detta medför att den naturliga infiltrationen av dagvattnet inte är effektiv inom utredningsområdet. Eftersom möjligheterna för effektiv infiltration av dagvatten är begränsade föreslås småskaliga lokala lösningar för hantering av dagvatten i kombination med översvämningssytor som kan hantera stora mängder vatten som uppkommer vid extremregn. Dessa lösningar, till exempel regnbäddar och trädplanteringar kan implementeras på relativt små ytor i planområdet och anpassas till ny bebyggelse.

Enligt Uppsala kommuns anvisningar (2014) för dagvattenhanteringen ska dagvattenhanteringen bidra till att skapa förutsättningar för att minska översvämningar samt uppnå och bibehålla god status i Uppsalas vattenförekomster. Vid planering av nya områden och nybyggnationer är det därför viktigt att tänka på den hållbara dagvattenhanteringen som en naturlig funktion i området. Ur ett reningsperspektiv innebär den hållbara dagvattenhanteringen att avskilja föroreningar lokalt vid källan, gärna i kombination med växtlighet.

Således bör dagvattenhanteringen inom planområdet utformas så att den efterliknar naturliga lösningar för att maximera den mängd vatten som kan fördröjas och därigenom renas. Detta kan uppnås biofilter i kombination med översvämningssytor dit dagvatten kan ledas för att fördröjas och upptas av växter.

5.1 Lösningförslag

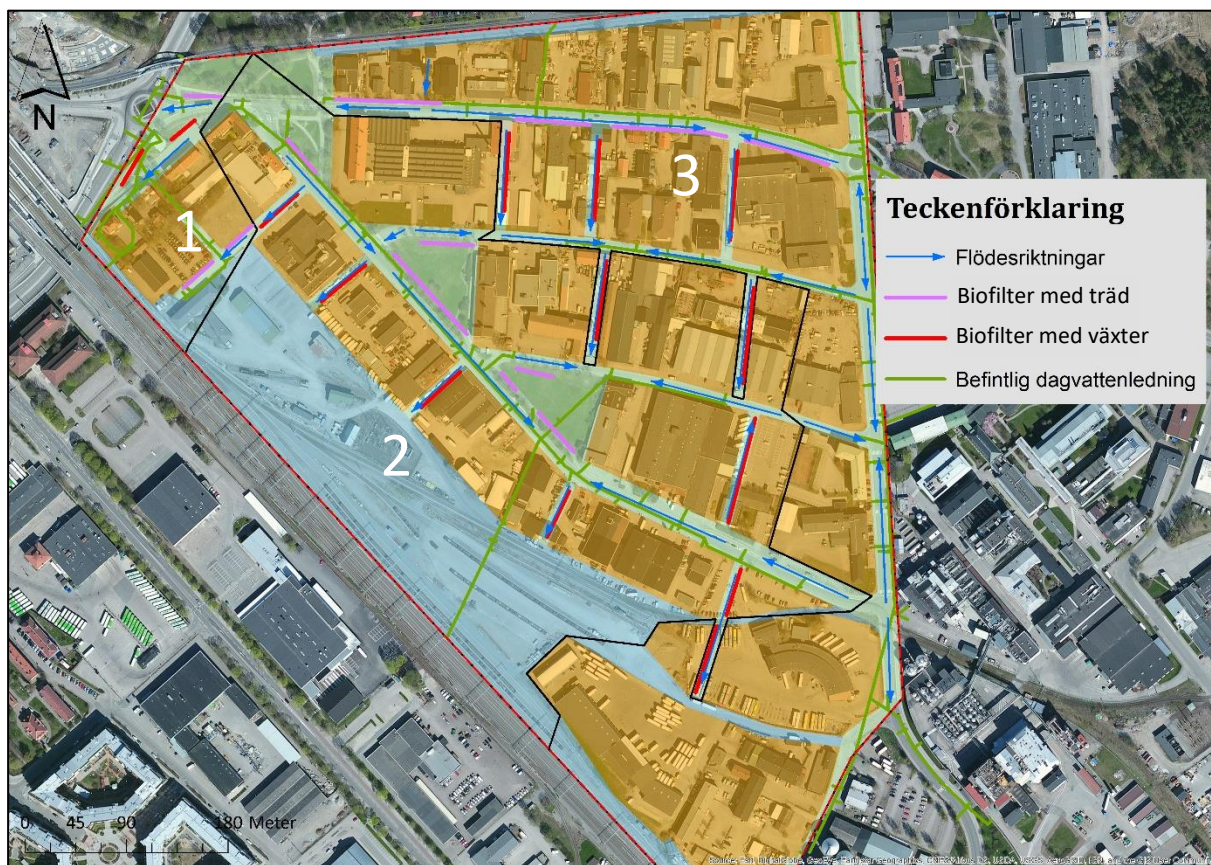
För att skapa en fungerande dagvattenhantering med en minskad belastning både på befintligt dagvattensystem och på recipienten, efter planerade förändringar av planområdet, föreslås dagvattenlösningar som kan beskrivas under samlingsnamnet biofilter.

Den mest översiktliga beskrivningen av dagvattenlösningen för Främre Boländerna blir således att biofilter ska anläggas inom utredningsområdets allmänna platsmark.

I Tabell 5-1 finns en sammanställning över de föreslagna dagvattenlösningarnas totala yta inom respektive delavrinningsområde och i Figur 5-1 visas förslag på placering av föreslagna dagvattenlösningar samt flödesriktningar. Utjämningsvolymen är beräknad på 1 meter djup med en funktionell porositet på 30 % och 1 decimeters uppstick som skapar en översvämningssyta.

Det är viktigt att dagvattnet som bildas inom planområdet leds till de valda dagvattenlösningarna så att flödesutjämningen och reningen får önskvärd effekt. I Figur 5-1 har lösningarna utplacerats på ett sådant sätt att de befintliga och planerade flödesriktningarna leder dagvattnet till respektive lösning. På detta vis optimeras renings- och fördröjningseffekterna samtidigt som dagvattnet används som en resurs för bevattning av växter.

Dagvattenlösningarna måste utformas med dränering, vilket betyder att luftningsbrunnar placeras i lågpunkter leder dagvattnet till biofiltret och skapar utbyte av syre och koldioxid till växternas rötter. Brunnar med sidointag kan användas i kantsten för att optimera vattenintaget mot körbanor.



Figur 5-1. Lösningförslag inkl. flödesriktningar och befintlig dagvattenledning.

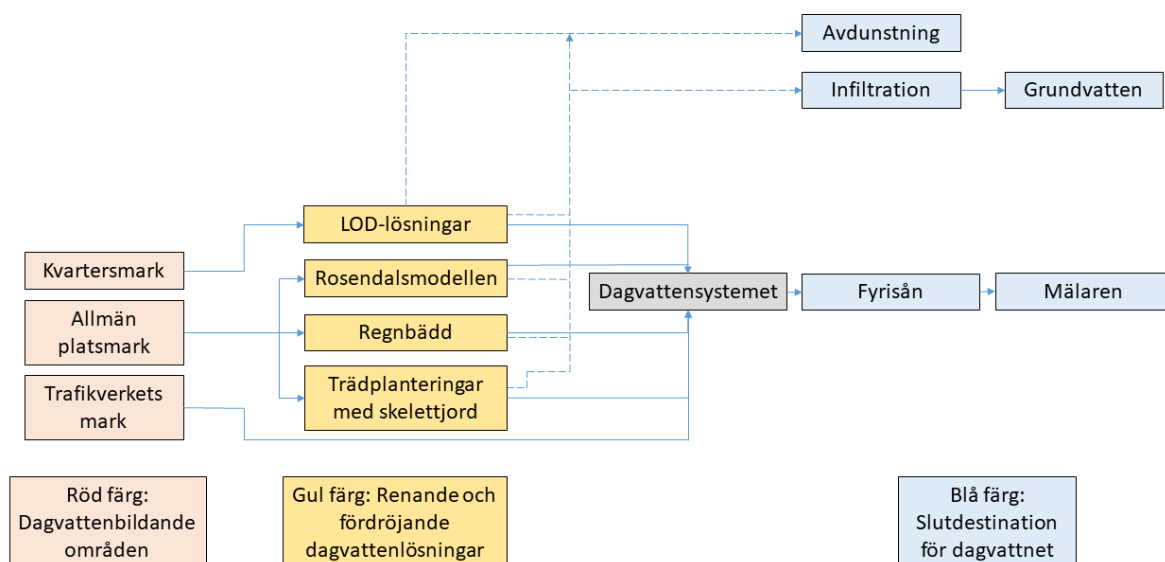
Tabell 5-1. Föreslagna dagvattenlösningars utjämningsvolym och ytanspråk enligt Scenario 2.

Delavrinnings-område	Åtgärd	Area (m ²)	Djup/uppstick (m)	Magasineringsvolym (m ³)	Erforderlig magasinering		Kommentar
					Magasineringsvolym (m ³)	magasineringsvolym (m ³)	
1	Biofilter	240	1	72	96	Porositet 30 %	
			0.1	24		Porositet 30 %	
2	Biofilter	1000	1	300	400	Porositet 30 %	
			0.1	100		Porositet 30 %	
3	Biofilter	1500	1	450	600	Porositet 30 %	
			0.1	150		Porositet 30 %	

Tabell 5-2. Föreslagna dagvattenlösningars utjämningsvolym och ytanspråk enligt Scenario 1.

Delavrinnings-område	Åtgärd	Area (m ²)	Djup/uppstick (m)	Magasineringsvolym (m ³)	Erforderlig magasineringvolym (m ³)	Kommentar
1	Biofilter	525	1	158	210	Porositet 30 %
			0.1	53		Porositet 30 %
2	Biofilter	4200	1	1260	1680	Porositet 30 %
			0.1	420		Porositet 30 %
3	Biofilter	4600	1	1380	1840	Porositet 30 %
			0.1	460		Porositet 30 %

Dessa föreslagna lösningarna har valts för att bidra till omställningen från ett industriområde till en attraktiv och hållbar stadsdel, vilket innebär att gatumarken bör utformas med planteringar och vegetation. Föreslagen dagvattenhantering innebär en minskad flödesbelastning på befintligt dagvattensystem samt en ökad rening som möjliggör att Uppsala kommuns framtagna krav för dagvatten uppnås. Dagvattenlösningen avser att skapa en dagvattenhantering som tar recipientansvar och målet med de lösningar som här föreslås är att erhålla en så effektiv användning som möjligt av tillgängliga ytor och därmed reducera belastningen på såväl det kommunala dagvattennätet som på recipienten. I Figur 5-2 ses en översiktlig modell över hur dagvattnet från de olika markområdena inom utredningsområdet fördröjs, renas och avleds. Då utredningsområdet är extremt känsligt för översvämningar (Sweco, 2012) föreslås att parkområdena längs Säbygatan skålföras för att fungera som översvämningssytor vid större regn. Detta i kombination med de övrigt föreslagna dagvattenlösningarna innebär en stor förbättring för det nu underdimensionerade dagvattennätet inom området.



Figur 5-2. Boxmodell över hur dagvattnet från olika markanvändningar fördröjs, renas och avleds till recipienten

Sammanfattat föreslås följande åtgärder för varje delavrinningsområde.

5.1.1 Delavrinningsområde 1

Inom den allmänna platsmarken krävs 96 m³ fördröjning för att uppfylla Uppsala kommuns fördröjnings- och reningskrav. För att säkerställa att så mycket som möjligt av dagvattnet som bildas inom den allmänna platsmarken i delavrinningsområde 1 avleds till de föreslagna lösningarna samt för att uppfylla Uppsala kommuns åtgärdskrav föreslås att dessa placeras längs med Alsikegatan, Östunagatan och Bergsbrunnagatan. Detta baseras på en höjdsättning som liknar dagens vilket i praktiken innebär att delavrinningsområdets lösningsförslag måste placeras på samtliga vägar då dagvattnet avrinner efter vägarnas lutning. Om höjdsättningen vid en exploatering av området förändras kan placeringen eventuellt koncentreras till enstaka gator, men behöver då ta större ytor i anspråk.

5.1.2 Delavrinningsområde 2

Inom den allmänna platsmarken krävs 400 m³ fördröjning för att uppfylla Uppsala kommuns fördröjnings- och reningskrav. Inom delavrinningsområde 2 finns tre parkområden. Dessa föreslås utnyttjas till rening och fördröjning av dagvatten via trädplanteringar med underliggande skelettjord. Parkerna föreslås även skålföras för att fungera som översvämningssytor vid extrema regn som ett 100-årsregn. Inom delavrinningsområdet föreslås trädplanteringar i kanten av parkområdena, framförallt längs Säbygatan. Idag finns redan en trädallé som löper längs delar av Säbygatan. Förslaget är att ytterligare trädplanteringar anläggs vid exploateringen av området för att säkerställa att ytterligare dagvatten kan fördröjas och renas, samtidigt som träden bidrar till en attraktivare stadsmiljö. Inom släppen föreslås anläggning av regnbäddar. Släppen antas utformas som torgmiljö där regnbäddarna bidrar till en attraktiv och hållbar stadsmiljö.

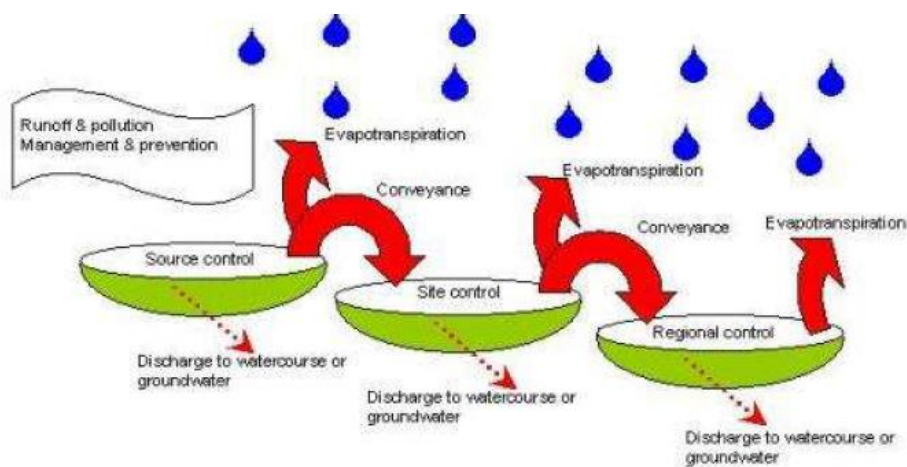
5.1.3 Delavrinningsområde 3

Inom den allmänna platsmarken krävs 600 m³ fördröjning för att uppfylla Uppsala kommuns fördröjnings- och reningskrav. Inom delavrinningsområde 3 har inga dagvattenlösningar placerats längs Björkgatan, denna har lämnats oförändrat.

6 Biofilter-Principlösningar

6.1 Rosendalsmodellen

För att möta den ökade exploateringen och förtätningen i samhället tillsammans med de kommande klimatförändringarna behövs nya, multifunktionella system. Detta innebär bland annat ett nytt arbetssätt där flera teknikområden och förvaltningar samverkar för att skapa resilienta system där dagvatten omhändertas i flera steg från källan till dess recipient. I varje steg ska vattnet användas som en resurs och bidra till ekosystemtjänster i största möjliga utsträckning. Rosendalsmodellen visar på hur detta skulle kunna se ut i praktiken. I Figur 6-1 presenteras en enkel modell av dagvattenhanteringen i flera steg (förvaltningskedja) som Rosendalsmodellen bygger på.



Figur 6-1. Modell över hållbar dagvattenhantering i flera steg. (Ciria, 2007)

I stora drag bygger modellen på att:

- Förebygga uppkomsten av dagvatten och föroreningar.
- Omhänderta dagvatten nära källan.
- Fördröjning och ytterligare rening i allmän platsmark.
- Kompletterande fördröjnings- och/eller reningsåtgärd.

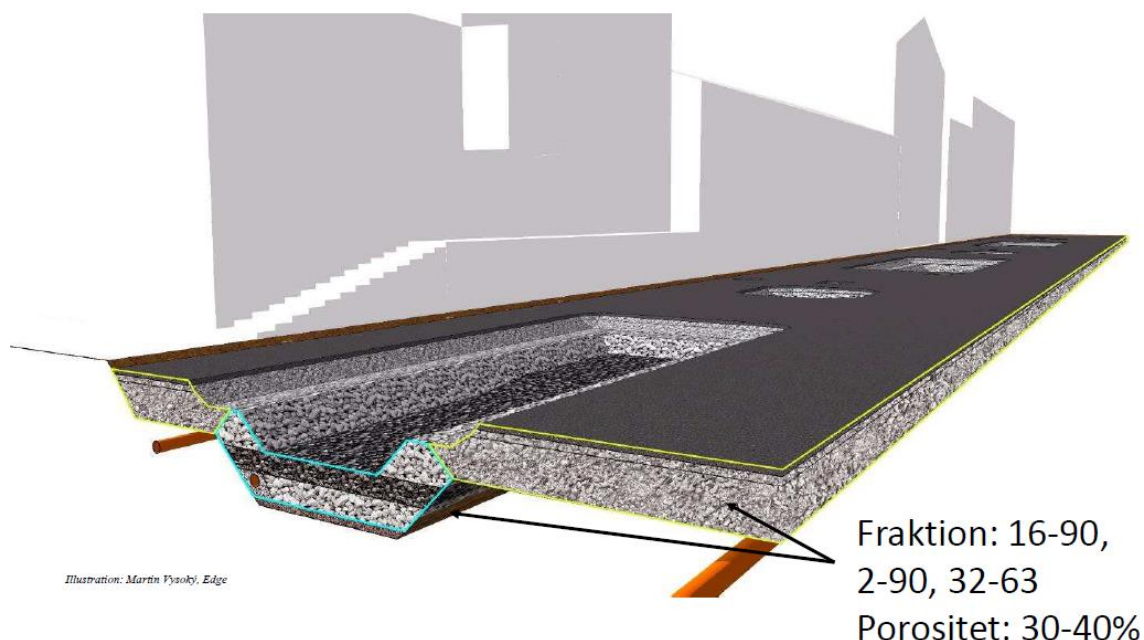
Förarbete och förebyggande är en grund för Rosendalsmodellen. Vid nyexploatering ska genomsläppliga ytor och miljövänliga takmaterial tak användas i möjligaste mån för att begränsa uppkomsten av dagvatten och för att bibehålla befintliga grundvattennivåer. Byggnadsmaterial ska väljas med omsorg för att undvika onödig tillförsel av föroreningar. Dessutom kan andra förebyggande åtgärder tillämpas så som kontinuerlig gatutvättning för att samla föroreningar i en koncentrerad form.

Kvartersmarken utgör den första länken i förvaltningskedjan. Det dagvatten som bildas där ska i första skedet omhändertas lokalt, på enskilda kvarter. Den störta delen av rening sker därmed närmast källan. Detta åstadkoms genom framförallt infiltration, avdunstning, nedbrytning av mikroorganismer och växtupptag. På kvartersmark kan ekosystemtjänster främjas genom anläggning av växtbaserade dagvattensystem. I Främre Boländerna ska dagvatten från 20 mm nederbörd omhändertas på kvartersmark vilket motsvarar att 90 % av årsnederbörden fördröjs och renas genom framförallt infiltration.

6.1.1 Öppet förstärkningslager (ÖF)

Allmän platsmark utgör både den andra och första länken i förvaltningskedjan och i Främre Boländerna är gaturummet den dominerande markanvändningen inom allmän platsmark. Dagvattensystem enligt GBG-modellen innebär att fördröjning och rening av dagvatten som bildas på den allmänna platsmarken sker i gaturummet, men även det dagvatten som har genomgått viss rening och fördröjning inom kvarteren leds till gaturummet för vidare fördröjning och rening. Exempelvis projekteras gaturummet för att även kunna fördröja takvatten från kvartermarken. Detta eftersom takvattnet i allmänhet är relativt rent och bedöms inte behöva genomgå filtermaterial och det är positivt för vegetationen och mikrolivet i rosendalsmodellen med tillförsel av rent vatten.

Förutsättningen för detta är att gaturummet anläggs med öppna förstärkningslager (ÖF). Konventionella förstärkningslager består av bergkross i fraktioner 0-90mm som ger en låg genomsläpplighet och begränsat porutrymme för luft, vatten och växtrötter. I det öppna förstärkningslagret tas de minsta fraktionerna bort för att öka porositeten i förstärkningslagret. Olika fraktioner används beroende på ytans beskaffenhet samt på behovet av fördröjning och luftrum för eventuella växtrötter. Detta skapar makadammagasin under gaturummet där dagvatten kan fördröjas, utnyttjas och renas. ÖF har en porositet på ca 30-40 procent vilket innebär att det kan magasinera upp till 300-400 liter dagvatten/m³. Figur 6-2 presenterar en skiss för överbyggnaden i ett gaturum med öppet förstärkningslager. Uppbyggnaden behöver utformas med hänsyn till lokala variationer av markens infiltrationskapacitet. Det öppna förstärkningslagret byggs/dimensioneras utformas på ett sätt så att ytorna klarar den trafikbelastning de är avsedda för. Det öppna förstärkningslagret kan också anläggas under vägbanan vilket genererar en utjämningsvolym som kan hantera väldigt kraftig nederbörd.

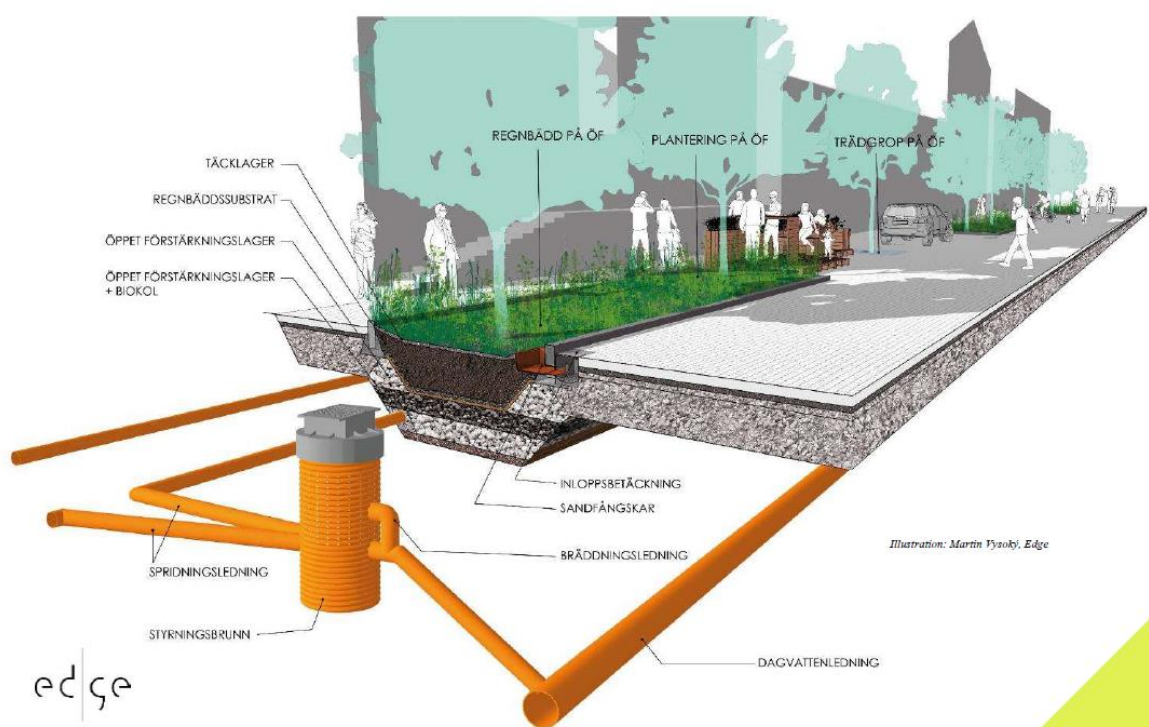


Figur 6-2. Skiss av en grunduppbyggnad av ett öppet förstärkningslager (ÖF) (Edge, 2019).

ÖF kan anläggas både under vegetationsytor, körbanor och GC-banor och utformas på olika sätt beroende på ändamålet. Det kan kombineras med och vara en del av växtbädden, exempelvis kan man anlägga konstruktioner som regnbäddar och träd i hårdgjord yta eller dränerande ytbeläggning ovanpå. Dessa ” konstruktioner” bidrar till vattenrening och när dessa är fyllda, bräddar vattnet vidare till det stora magasinutrymmet i ÖF. För att leda vatten från hårdgjord yta till ÖF anläggs styrningsbrunnar. Dessa är utrustade med bräddledning som är kopplad till en dagvattenledning som vattnet kan brädda till vid extremregn (se Figur 6-3). De konstruktioner som inkorporeras med ÖF behöver inte separata dräneringssystem eller brunnar. Detta kan ha ekonomisk betydelse om flertal växtbaserade konstruktion planeras i gaturummet.

6.1.2 Biokol

I fallen där gröna konstruktioner anläggs i kombination med ÖF kan biokol tillsättas. Biokol effektiviserar föroreningsreduktionen samt främjar mikrolivet och ÖF egenskaper som växtbädd vilket i sin tur gynnar växtligheten. Samtidigt bidrar biokolet till ett positiv effekt på klimatet genom att skapa en kolsänka. En ökad användning av biokol sker i enlighet med Uppsala kommuns miljö- och klimatprogram.

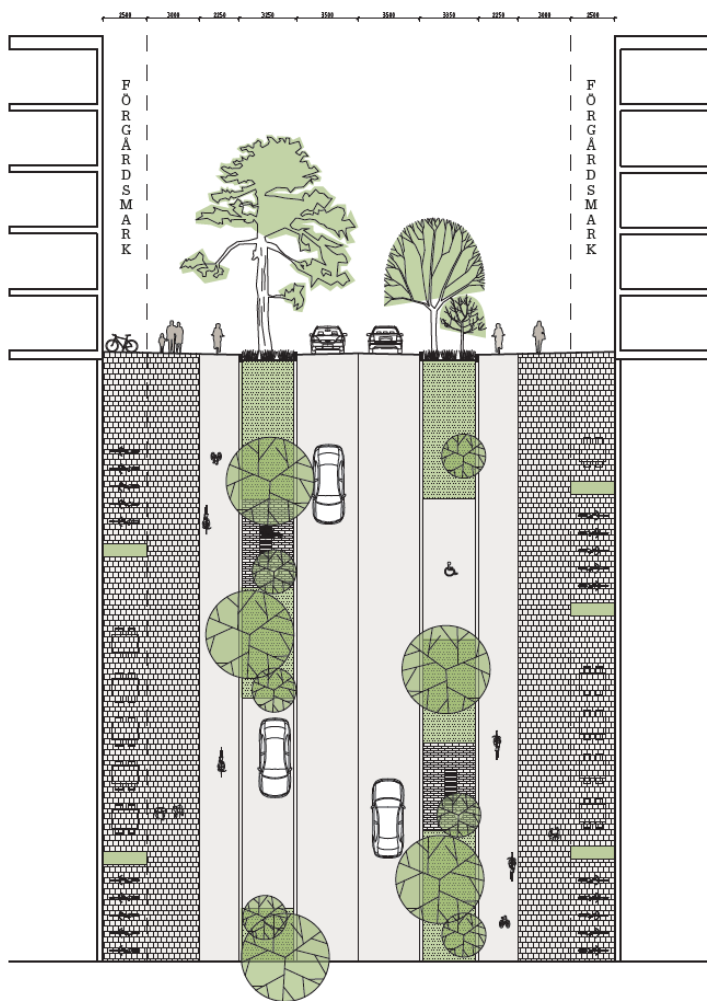


Figur 6-3. Principskiss av ledningsuppbyggnad i öppet förstärkningslager (ÖF) (Edge, 2019).

Den sista, tredje länken består av ytterligare fördröjnings och reningsåtgärder. Dessa är till för att samla flöden från gaturummen och därmed kunna styra utflödet och dess föroreningsmängder innan det når recipienten. Historiskt sett har fokus legat på detta steg vilket har medfört svårigheter att omhänderta olika typer av flöden och samtidigt erhålla tillräcklig rening.

6.1.3 Utformning av gatusektioner

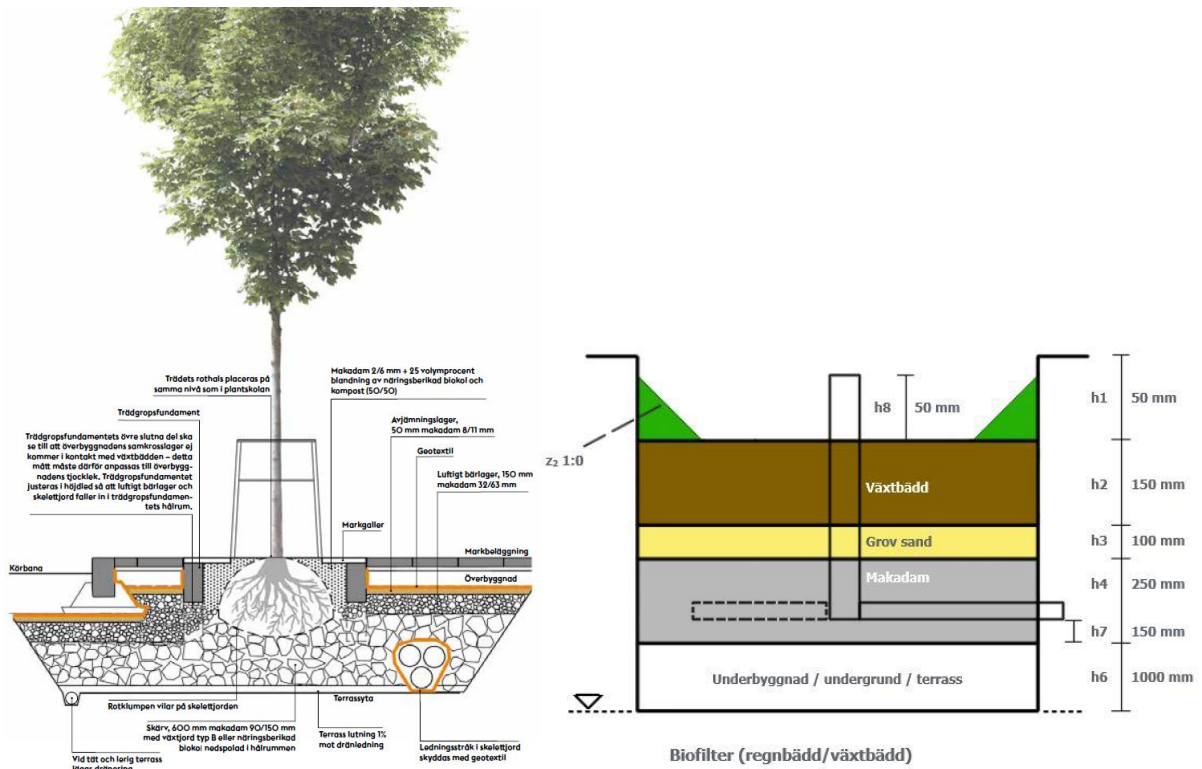
Den utformning av gaturummet som föreslås utifrån ett dagvattenperspektiv presenteras i Figur 6-4. Det anses fördelaktigt att samla biltrafiken och rena vattnet från den biltrafikerade gatan i intilliggande växtbaserade lösningar. Takvatten från byggnaderna som är relativt rent kan ledas direkt i ett öppet förstärkningslager (ÖF), lämpligen via markanlagda ledningar för att undvika risken för igenfrysning i ytliga rännदार. Genom att separera takvatten och dagvatten från den biltrafikerade gatan och parkeringsfickorna undviker man blandning av vatten med olika föroreningshalt och det vatten med högsta föroreningshalten renas. På gångvägar föreslås genomsläppligt material som ger upphov till mindre dagvattenbildning än konventionella gångvägar med täta slitlager.



Figur 6-4. Lämplig utformning av gatusektioner i Främre Boländerna, Uppsala. (Nivå, 2019)

6.2 Regnbädd och Trädplantering med skelettjord

I Figur 6-5 visas principer för skelettjord och växt-/regnbäddar.

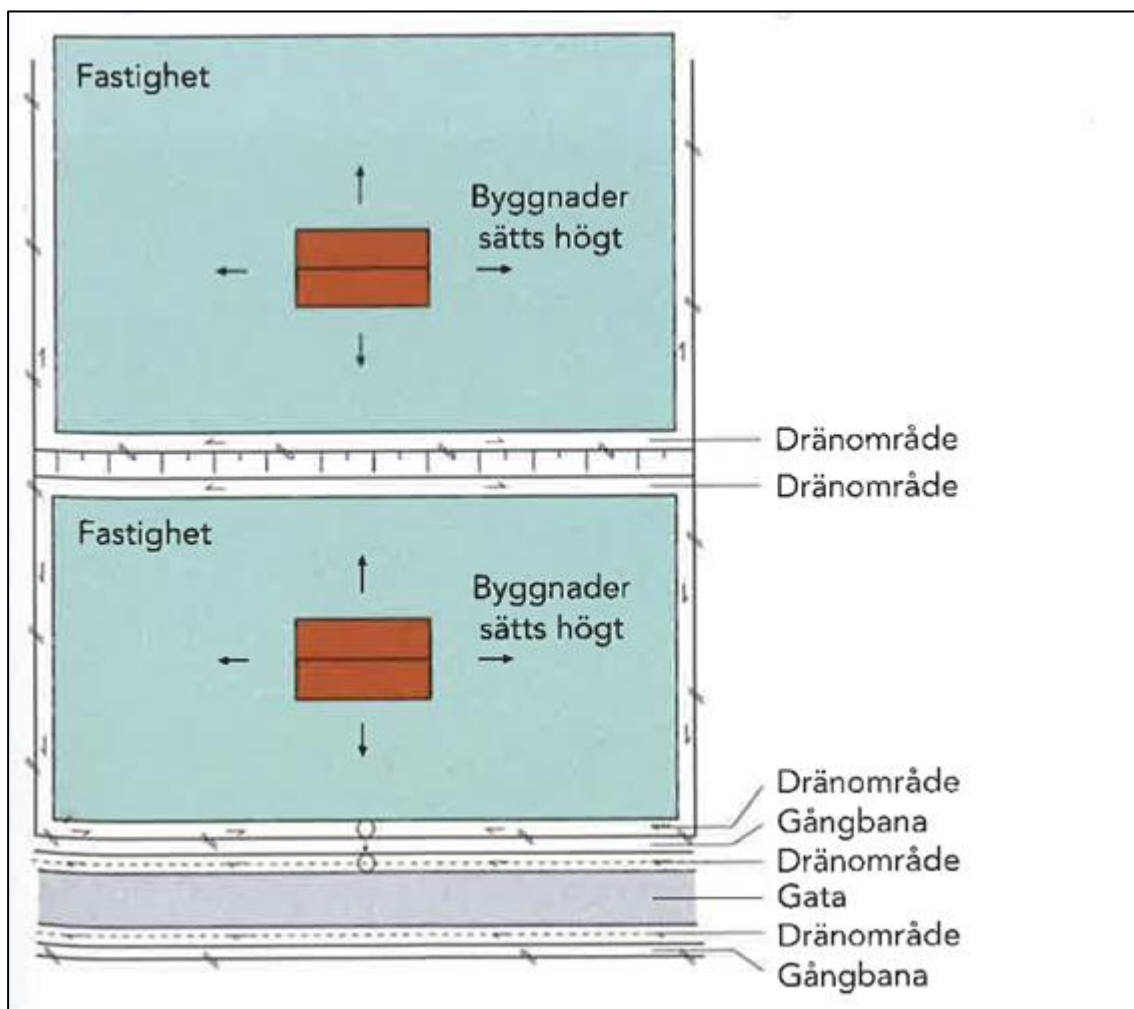


Figur 6-5. Princip för skelettjord och växt-/regnbäddar. Bilder från "Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok 2017" och StormTac.

7 Översvämninganalys och höjdsättning

7.1 Principiell höjdsättning vid ett 100-årsregn

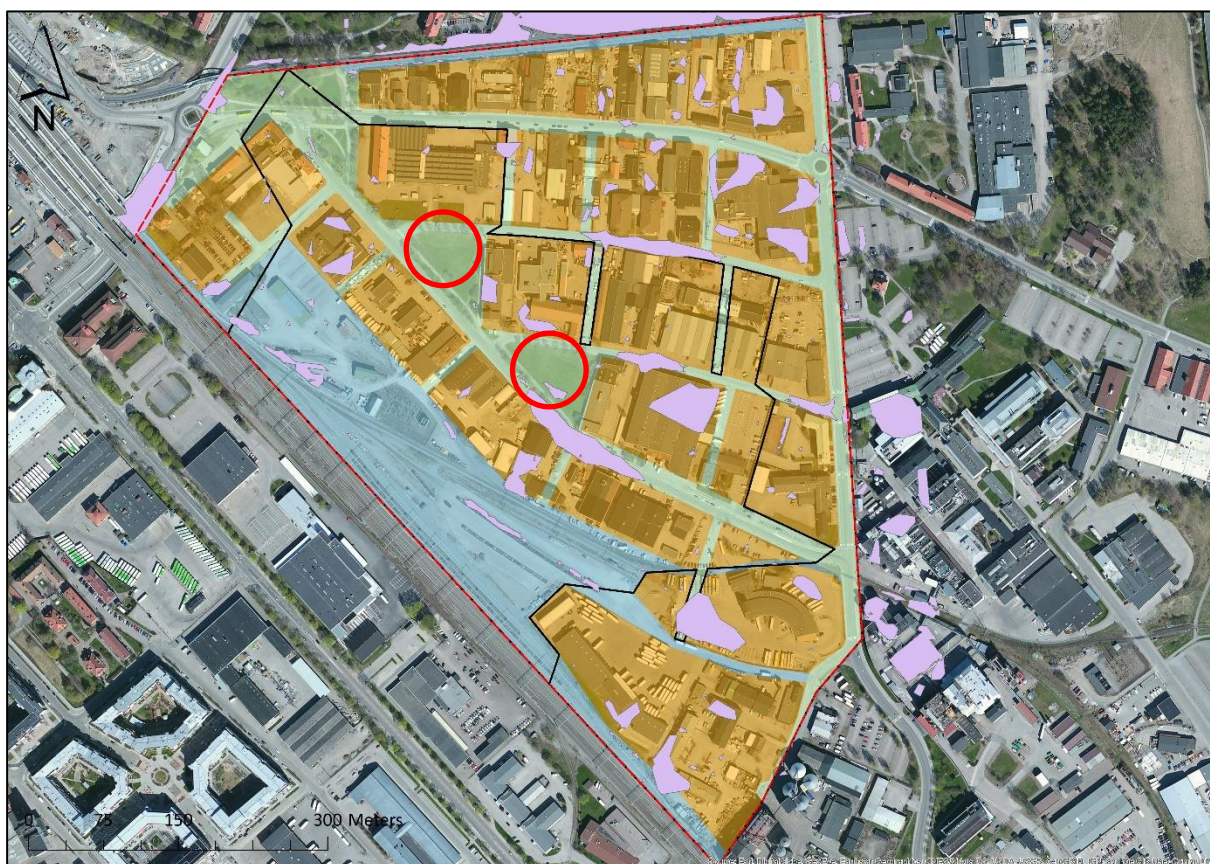
Dagvattenlösningarna kommer att bidra till en ökad fördröjning av dagvattenflödena och ett mindre momentant flöde från planområdet, vilket kommer att bidra till en minskad översvämningrisk för planområdet efter exploateringen. Vid extrema regn, så som ett 100-årsregn, uppstår dagvattenflöden där planområdets dagvattenlösning inte kommer att vara tillräcklig för att omhänderta allt dagvatten. Det är därför viktigt att planera höjdsättningen så att dagvatten kan transporteras via sekundära avrinningsvägar vidare ut på närliggande lokalgator, och att lågpunkter där dagvatten kan ansamlas undviks. Höjdsättningen av planområdet bör planeras för att klara hanteringen av extremregn. Det betyder att när föreslagna fördröjningsanläggningar bräddar rinner överskottsvattnet ut på vägarna för vidare transport mot recipienten. Denna lösning medför att risken för skador på hus och grundläggning kan minskas. En enkel skiss på höjdsättning av byggnader ses i Figur 7-1.



Figur 7-1. Höjdsättningsförslag enligt Svensk vattens publikation P105.

7.1.1 Befintliga lågpunkter och potentiella översvämningssytor

Inom utredningsområdet har lågpunkterna lokaliserats utifrån tillgänglig höjddata för befintlig situation. Dessa markeras med lila fält i Figur 7-2. Inom dessa områden är det särskilt viktigt att beakta höjdsättningen av gator, dränområden och byggnader för att undvika att stora mängder vatten blir stående vid extrema regn. I Figur 7-2 markeras även två grönområden som kan utnyttjas som översvämningssytor vid extremregn. Ytorna bör då skålas och avledning av dagvatten från gatemarken till grönområdena bör underlättas genom att undvika kantsten mellan gatemarken och grönyrtorna. Totalt finns ca 5000 m² parkområde tillgängligt vilket med 10 cm snittdjup har kapacitet att fördröja 500 m³ dagvatten. Ett förbehåll är att den nedre parken idag inhyser en branddamm, vilket innebär att dagvattenhantering inom de nordöstra delarna av det parkområdet är olämpligt.



Figur 7-2. Utredningsområdets lågpunkter, markerade med lila fält. Inom dessa områden är det särskilt viktigt att säkerställa att höjdsättningen av gator och byggnader blir korrekt vid framtida exploatering. Inom de röda cirklarna ligger två grönområden som kan utnyttjas som översvämningssytor.

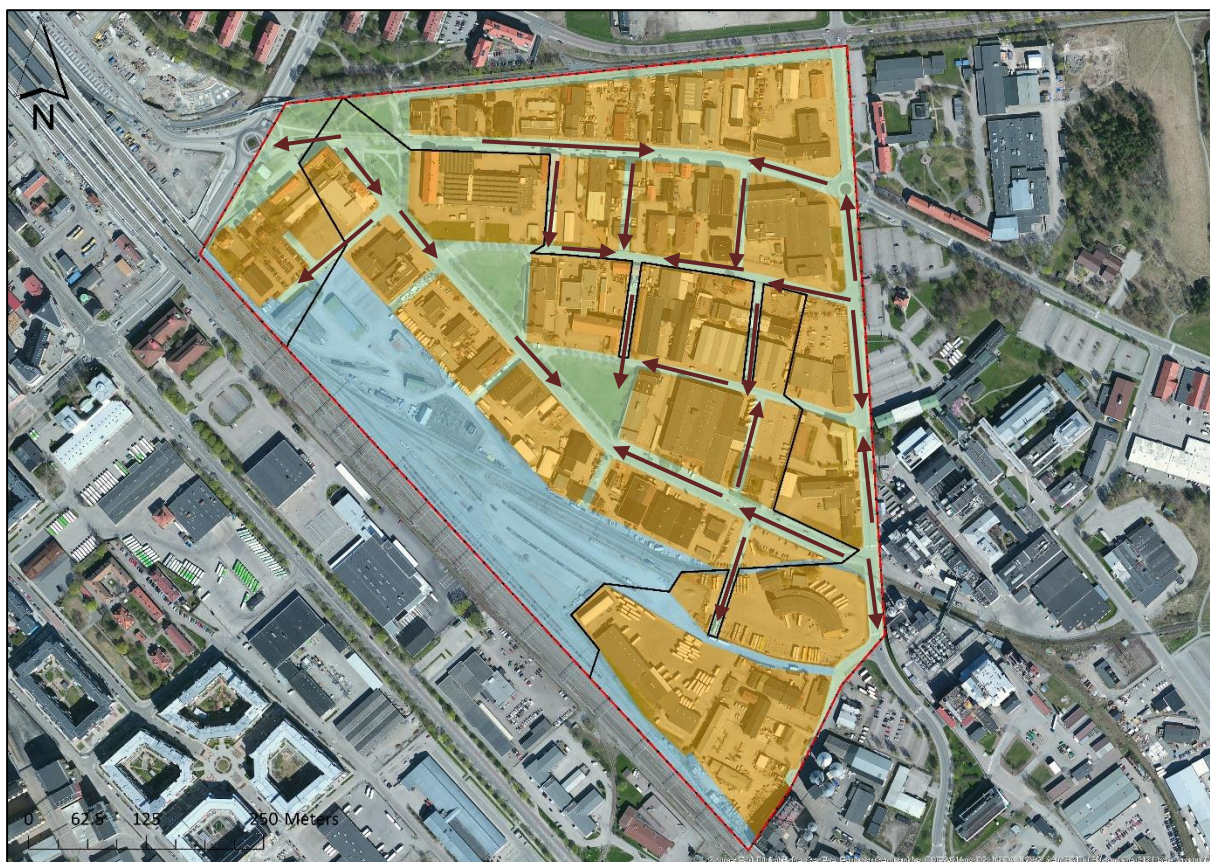
7.1.2 Höjdsättning – befintlig och framtida

Om höjdsättningen inom området inte förändras kommer lågpunkterna inom området kvarstå. Att lösa eventuell översvämningsproblematik utan att förändra höjdsättningen är problematiskt. Om höjdsättningen inte förändras kommer vatten att ställa sig i lågpunkterna som redovisas i bilden ovan även fortsättningsvis.

Förslagsvis bör höjdsättningen för de nya släppen planeras så att dagvattnet som uppstår vid extremregn kan avrinna sekundärt mot parkerna som har potential att fungera som översvämningsyta. Utredningen föreslår därför att lågpunkter byggs bort så att vatten kan rinna undan från byggnader via gatorna.

I Figur 7-3 redovisas flödesriktningarna som väntas uppstå utifrån befintlig höjdsättning vid ett extremregn. Rådande höjdsättning medför att avrinningen inte har någon lämplig ansamlingsplats utan ansamlas vid lågpunkterna markerade i figur 7-2. Några mindre korrigeringar av höjdsättningen kan medföra att avrinningen istället kan nå de potentiella översvämningsytorna i parkerna.

De sekundära avrinningsvägarna är av vikt på grund av att id extrema regn går dagvattennätet fullt, vilket innebär att de tekniska avrinningsområdena sätts ur spel. Vattnet avrinner då efter de sekundära avrinningsvägarna som gator samt gång- och cykelbanor. För att de sekundära avrinningsvägarna ska fungera tillfredsställande krävs att kvartersmarken och gatornas höjdsättning samspelar. Vid en framtida exploatering av området bör därför inte bara kvartersmarkens gaturum ses över utan även de större befintliga vägarna inom området.



Figur 7-3. Flödesriktningar vid extremregn vid oförändrad höjdsättning.

8 Slutsats

Beräkningarna av dimensionerande flöden och föroreningsbelastning visar att de planerade förändringarna inom utredningsområdet kommer medföra minskade dagvattenflöden och generellt minskad föroreningsbelastning på recipienten. Dagvattenutredningen har utrett två scenarier. Scenario 1 innebär att endast dagvatten som uppstår inom allmän platsmark renas och fördröjs och scenario 2 innebär att även dagvattnet som uppstår inom kvartersmarken renas och fördröjs. Föreslagna lösningar inom den allmänna platsmarken bygger på gröna lösningar där dagvattnet renas och fördröjs tillräckligt för att uppnå Uppsala kommuns dagvattenkrav för fördröjning. De föreslagna lösningarna bidrar också till rening av dagvattnet, vilket enligt beräkningarna påverkar recipienten positivt samt bidrar till förbättrade möjligheter att uppnå miljö kvalitetsnormerna. Vid extrema regn som 100-årsregn kommer stora mängder vatten falla över området på kort tid. Det är därför viktigt att byggnaderna höjdsätts så att de inte riskerar att skadas av översvämningar. Utredningen har därför även föreslagit översvämningssytor som har kapacitet att fördröja och minska översvämningens risken inom området, även vid större regn.

9 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

Dahström, Bengt, 2010. Regnintensitet – en molnfysikalisk betraktelse. Rapport Nr 2010-05. Svenskt Vatten Utveckling

Edge, 2019. Principskiss av ledningsuppbyggnad i öppet förstärkningslager (ÖF). Powerpointpresentation.

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.

Nivå, 2019. Lämplig utformning av gatusektioner i Främre Boländerna, Uppsala

Uppsala kommun, 2015. Strukturprogram för främre Boländerna.

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.

Sweco, 2014. Dagvattenmodell över del av Boländerna (Uppdragsnummer 1141274000).

Stockholms stad, 2017. Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok 2017.