



Dagvattenutredning för detaljplan

Lötängen

Tidigare Knivsta Tarv

Beställare
Archus Development AB

Datum
2018-08-24

Revidering 1
2018-09-17

Revidering 2
2021-08-23

Komplettering
2020-09-08



Uppdragsansvarig
Anna Bachman
Lisa Reblin

Handläggare
Gustav Isaksson
Lovisa Gidlöf

Granskare
Anna Bachman
Lea Rastas Amofah

Datum för granskning
2021-08-19

Projekt-ID
754847
787768

Mottagare
Archus Development AB
Salman Salman
Brunkebergstorg 5
111 51 Stockholm
Sverige

Sammanfattning

AFRY (tidigare ÅF Infrastructure AB) har fått i uppdrag att utföra en dagvattenutredning för detaljplan Lötängen (tidigare Knivsta Tarv och även kallat Ängby Industriområde) inklusive angränsande vägar i Knivsta kommun. Området innefattar drygt 10 hektar och den nya detaljplanen innebär att industriområdet skall byggas om till bostadsområde inklusive förskola, grundskola, parker samt ett torg. Utredningen innefattar beräkningar på flöden och föroreningar före och efter ombyggnation samt förslag på hanteringsåtgärder för dagvattnet. Även statusbeskrivning för recipient i relation till MKN, skötselprinciper för dagvattenlösningarna samt rekommendationer om planbestämmelser ingår i utredningen.

Efter att gestaltningen på området kommit längre i planeringen och samråd utförts lades en bilaga till i slutet av detta dokument. Denna bilaga innehåller en vidareutveckling av utredningen där ytterligare detaljnivå på åtgärder beskrivs. Vid revidering 2 av dagvattenutredning lades även en bilaga till om grönytefaktor, se Bilaga 1.

Planområdet ligger ca 400 m väster om tågspåren i centrala Knivsta. Närområdet präglas av villaområden och skogspartier i öst, väst och norr samt åkerarealer i söder. Recipient för dagvattnet är Knivstaån drygt 300 meter från planområdesgränsen. Knivstaån kommer vid nästa cykel att klassas som vattenförekomst och i dagsläget utgår statusklassningen från de bedömningar som gjorts i det lokala åtgärdsprogrammet som tillkommit 2018 där problematik som lyfts är bland annat höga halter av fosfor och arsenik.

Knivsta kommuns dagvattenpolicy förespråkar lokalt omhändertagande och öppna dagvattenlösningar i sin dagvattenpolicy. Dagvattenhanteringen skall användas som ett positivt inslag i närmiljön och gröna lösningar som bidrar till ekosystemtjänster skall därmed premieras. Sekundära avrinningsvägar och översvämningssytor måste säkerställas, dagvattenhanteringen skall ta hänsyn till ett förändrat klimat.

Flödesberäkningar har utförts för 5-, 20-, och 100-årsregn och för planerad situation har en klimatfaktor på 1,25 lagts till. Den planerade situationen innebär ett ökat dagvattenflöde men en mindre mängd föroreningar jämfört med dagens situation. Det finns dock ett fortsatt behov av rening av dagvattnet för att klara riktvärden och bidra till att uppfylla MKN.

Lösningarna som presenterats som förslag för dagvattenhantering är vegetationsklädda tak, upphöjda växtbäddar, växtbäddar i luftigt förstärkningslager samt svackdiken. En hög grönytefaktor rekommenderas. Lokal infiltration ner i marken avrådes då området är förorenat och jordmånen dessutom gör att infiltrationshastigheten är väldigt låg. Genom föreslagna åtgärder uppnås erforderlig magasinvolym samt en hög reningsgrad så att inga gränsvärden överskrids och sannolikheten att nå MKN ökar. I linje med Knivsta kommuns riktlinjer bidrar dagvattenlösningarna även till ett flertal ekosystemtjänster såsom rekreation och biologisk mångfald.

Området kring Knivstavägen är en lågpunkt dit vatten från stora delar av planområdet rinner och planerad bebyggelse riskerar därmed att översvämmas vid kraftiga regn. Skyfallsanalysen i SCALGO Live visar på översvämningdjup över 50 cm i det södra området längs med Knivstavägen. Även dagvatten från andra områden som idag består av naturmark bidrar till översvämningen. En mer avancerad skyfallsanalys än SCALGO

Live rekommenderas att göras över hela avrinningsområdet där hänsyn tas till infiltration, råheten på ytmaterialet, det dynamiska förloppet etc. I modellen bör planerade höjder för planområdet tas med samt all framtida bebyggelse utanför planområdet som kan påverka avrinningen. Modelleringen bör göras för ett 100-årsregn med klimatfaktor.

Det är viktigt att det skapas plats för översvämningsytor eller en öppen dagvattenlösning i de södra delarna av planområdet. Ett svackdike har därför föreslagits längs med Knivstavägen för att minska utbredningen av översvämningen. En mer avancerad skyfallsmodell behöver även göras för att finna och dimensionera flera skyfallsåtgärder, t.ex. översvämningsytor.

Det presenterade lösningsförslaget är ett förslag baserat på det underlag som varit tillgängligt. Inför vidare planering krävs mer detaljerade beräkningar för flöden samt dimensionering och placering av hanteringsåtgärderna.



Innehållsförteckning

1	Inledning.....	7
1.1	Bakgrund.....	7
1.2	Uppdragsbeskrivning.....	7
2	Förutsättningar.....	8
2.1	Underlag.....	8
2.2	Dagvattenstrategi.....	8
2.3	Hydrologiska beräkningsmetoder.....	9
2.3.1	Flöden.....	9
2.3.2	Magasinsvolym.....	10
2.4	Miljökrav på recipient för dagvatten.....	10
2.4.1	Miljö kvalitetsnormer för dagvatten.....	11
3	Områdets förutsättningar.....	12
3.1	Planbeskrivning.....	12
3.2	Geotekniska förhållanden.....	13
3.2.1	Markförhållanden.....	13
3.2.2	Grundvattennivåer.....	14
3.2.3	Föroeningar.....	15
3.3	Avrinning.....	15
3.4	Markavvattningsföretag.....	16
4	Flödesberäkningar.....	17
4.1	Befintlig situation.....	17
4.1.1	Markanvändning.....	18
4.1.2	Flöden.....	19
4.2	Planerad utformning.....	19
4.2.1	Markanvändning.....	20
4.2.2	Flöden.....	21
4.3	Magasinsvolym.....	21
5	Föroeningsberäkningar.....	21
6	Dagvattenhantering.....	22
6.1	Allmänna rekommendationer.....	23
6.1.1	Höjdsättning.....	23
6.1.2	Miljöanpassade materialval.....	23



6.1.3	Kommunens policy och ambitionsnivå	23
6.1.4	Närliggande områden	23
6.2	Dagvattenlösningar.....	23
6.2.1	Gröna tak och biotaktak	24
6.2.2	Växtbäddar med luftigt förstärkningslager	25
6.2.3	Svackdike.....	28
6.3	Föreslagen dagvattenhantering	29
6.4	Föroreningsberäkningar efter föreslagen dagvattenlösning	32
6.5	Flöden efter dagvattenåtgärder	33
6.6	Ekosystemtjänster	34
7	Översvämningsanalys och skyfallshantering	34
7.1	Skyfallsmodellering.....	35
7.2	Skyfallsanalys i SCALGO Live	36
7.2.1	Modellbeskrivning	36
7.2.2	Befintlig situation.....	36
7.2.3	Planerad situation.....	38
7.3	Jämförelse mellan resultat och diskussion	40
8	Förslag på planbestämmelser	41
9	Slutsats och rekommendationer	41
10	Referenser.....	42

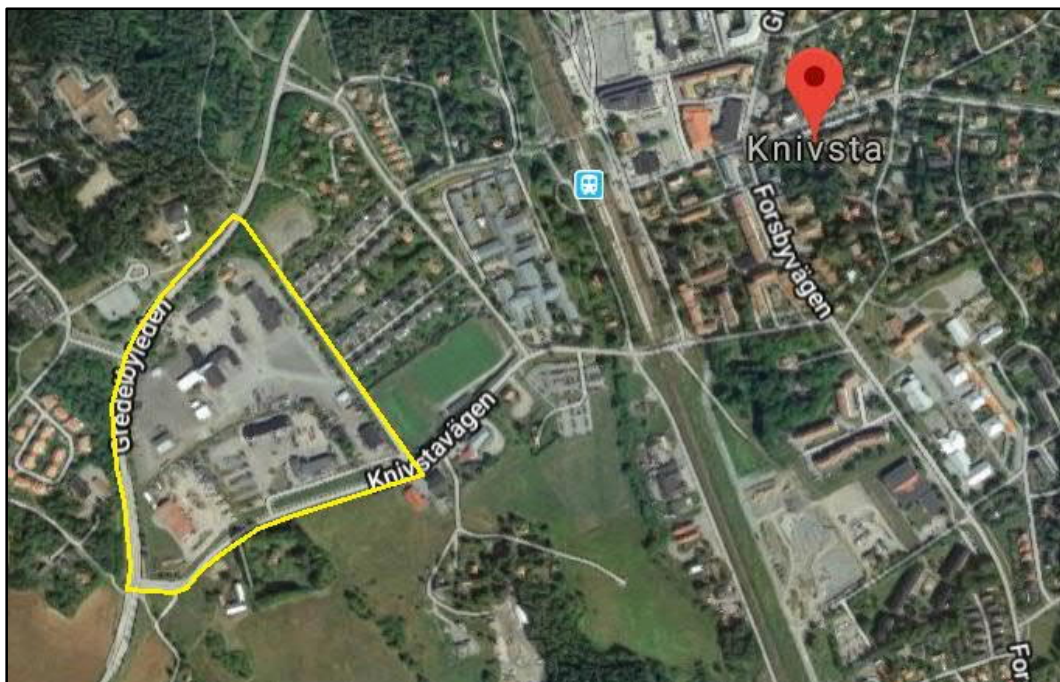
Bilaga 1 – grönytefaktor

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Utredningsområdet Lötängen strax väster om Knivsta centrum skall göras om från industriområde till bostadsområde med bland annat skola. Lötängen är en del av programförslaget Nydal som innefattar en stor del av de centrala delarna av Knivsta. I samband med upprättandet av den nya detaljplanen Lötängen skall en dagvattenutredning utföras. Archus Development leder arbetet med exploateringen. Detaljplanen har gått igenom samrådsskedet och går vid denna rapportens komplettering in i granskningskedet.

Figur 1 visar centrala Knivsta med utredningsområdet markerat.



Figur 1. Översiktskarta över västra Knivsta med planområdet markerat med en gul linje (google.se, 2018).

1.2 Uppdragsbeskrivning

I denna rapport kommer AFRY enligt uppdrag att redovisa:

- Beräknade dagvattenflöden för planområdet före och efter exploatering, med och utan åtgärder
- Beskrivning av recipientens status utifrån befintliga MKN samt hur planen påverkar möjligheten för recipient att uppnå god ekologisk status
- Föreningensbelastning från dagvatten från planområdet före och efter exploatering samt med föreslagna åtgärder
- Förslag på dagvattenlösningar inklusive drift och skötselrutiner
- Förslag på planbestämmelser

2 Förutsättningar

2.1 Underlag

Den här utredningen är den första dagvattenutredningen specifikt för det berörda detaljplaneområdet men då planområdet ingår i Nydal programområde berörs det av den utredning om dagvatten och situationsplanering som togs fram i slutet av 2017 för Nydal. Den utredningen innehöll dock inga flödes eller föroreningsberäkningar och formulerades mycket generellt.

Följande underlag från beställaren har använts i denna utredning:

Underlag	Datum
Uppdragsbeskrivning och offert	2018-06-18
Grundkarta över utredningsområdet	2018-06-25
Situationsplan för detaljplaneområdet L10P00	2018-06-29
Dwg samt pdf-underlag för VA-ledningar (allmänna VA-ledningar / fastighetens ledningar)	2018-07-06
PM Dagvatten och situationsplanering Nydal	2018-06-13
VA och dagvattenutredning för Nydal	2018-07-04
Nydal VA-utredning, Sweco	2017-11-10
PM Geoteknik	2018-07-06
Miljöteknisk markundersökning	2018-07-06
VA plan för Knivsta kommun	2018-07-04
Dagvattenstrategi för Knivsta kommun	2018-06-18
Checklista "Beställning av dagvattenutredning för Ängby industriområde"	2018-06-12
Kommunens förslag Lötängen (Knivsta Tarv) 20171213	2018-06-07
Skiss 58	2018-06-11

Följande dokument och villkor har använts i denna utredning:

Underlag	Utgivare	Publikationsår
P83	Svenskt Vatten	2001
P104	Svenskt Vatten	2011
P105	Svenskt Vatten	2016
P110	Svenskt Vatten	2016
Skyfallskartering	Länsstyrelsen	
VISS, Vatteninformationssystem Sverige	Länsstyrelsen	
WebbGIS	Länsstyrelsen	
Jordartskarta	SGU	

2.2 Dagvattenstrategi

Knivsta kommun har en dagvattenstrategi som gäller till och med 2022. De sex övergripande målen är att:

1. Dagvattenhanteringen inte ska försämra vattenkvaliteten i Knivstas sjöar och vattendrag.
2. Vattnets naturliga rörelse och grundvattennivån ska påverkas så lite som möjligt av stadsbyggandet.
3. Stadsbyggandet och dagvattenhanteringen ska vara anpassade efter ökande nederbörds mängder så att skador på allmänna och enskilda intressen minimeras.
4. Dagvattenhanteringen ska bidra till en attraktiv stadsmiljö.
5. Dagvattenanläggningar ska utformas så att de gynnar så många ekosystemtjänster som möjligt.
6. Dagvattenhanteringen ska vara kostnadseffektiv.

För att uppnå dessa mål har kommunen arbetat fram strategier. Dessa inkluderar både mer generella riktlinjer och mer detaljerade sådana. Dagvattenhanteringen skall anpassas efter platsens förutsättningar och höjdsättning. Val av plats för byggnation skall utföras så att dagvattnet inte skadar bebyggelse och dagvattnet ska användas som en resurs för att stärka naturvärden och ekosystemtjänster. Dagvattnet skall tas om hand så nära källan som möjligt och gröna, öppna hanteringsåtgärder skall väljas i första hand. Renare dagvatten ska separeras från smutsigare i möjligaste mån samt andelen hårda ytor minimeras. Dagvattnet skall om möjligt passera gröna lösningar för att uppnå en högre reningsgrad och öka fördröjningen. En god fördröjning skall säkerställas och kommunen lägger även vikt vid klimatanpassning och översvämningrisker. Dagvattenanläggningar skall dimensioneras med klimatfaktor och sekundära avrinningsvägar och reserverade ytor för översvämning skall finnas med i planeringen.

Dagvattenhanteringen skall vara med i hela planeringsprocessen och en dagvattenutredning är ett krav i detaljplanefasen. Vid val, placering och utformande av hanteringsåtgärder skall hänsyn tas till skötsel och underhåll. Fastighetsägare är skyldiga att ta hand om så mycket dagvatten som möjligt på sin egen tomt och att kvaliteten på deras dagvatten inte avviker väsentligt från normalt så att recipienter kan påverkas negativt. Knivsta kommuns vision för 2020 är att allt dagvatten i kommunen ska berika istället för att belasta miljön.

2.3 Hydrologiska beräkningsmetoder

Flödesberäkningar görs för 5-, 20- och 100-årsregn med varaktighet på 10 minuter. Hänsyn tas till ökade flöden till följd av klimatförändringarna. För olika återkomsttider förväntas ökningen bli cirka 5 – 30 % vilket ger ett spann på klimatfaktorn för det beräknade regnet på 1,05 – 1,30. (Svenskt Vatten AB)

2.3.1 Flöden

För beräkning av regnintensitet har nedanstående ekvation enligt Svenskt Vatten P110 kap 10.1 använts. Formeln gäller för regnvaraktigheter upp till ett dygn.

$$i_A = 190 * \sqrt[3]{A} * \frac{\ln(T_R)}{T_R^{0,98}} + 2$$

Där:

i_A = regnintensitet [l/s, ha]

T_R = regnvaraktighet [minuter]

A = återkomsttid [månader]

Vid beräkning av dagvattenflöden före och efter exploatering används rationella metoden med regnintensitet enligt Dahlströms formel ovan. Dagvattenflödena beräknas med följande formel. (Svenskt Vatten AB)

$$q_{dim} = A * \varphi * i_A * k$$

Där:

q_{dim} = dimensionerande flöde [l/s]

A = avrinningsområdets area [ha]

φ = avrinningskoefficient [–]

i_A = regnintensitet [l/s, ha]

k = klimatfaktor

2.3.2 Magasinsvolym

Enligt instruktion från kommunen skall 20 mm nederbörd fördröjas. Då de fysiska förutsättningarna inom planområdet är givna kan erforderlig fördröjningsvolym för 20 mm beräknas. Volymen tas fram genom att den anslutna reducerade arean multipliceras med önskat regndjup enligt formeln nedan:

$$U_i = d_r * A_i * \varphi_i = d_r * A_{red}$$

Där:

U_i = erforderlig fördröjningsvolym [m³]

d_r = regndjup [mm]

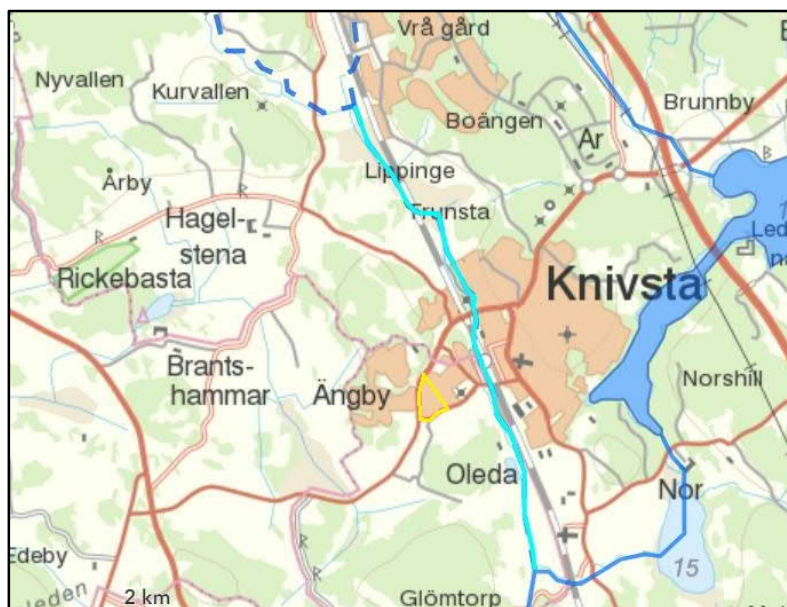
A_i = områdesarea [m²]

φ = avrinningskoefficient [–]

A_{red} = avrinningsområdets reducerade area [ha]

2.4 Miljökrav på recipient för dagvatten

Recipient för planområdet är Knivstaån som ligger ca 340 m öster om planområdet. Figur 2 visar Knivstaåns utsträckning genom Knivsta markerat i ljusblått. Planområdets placering är gulmarkerat.



Figur 2. Översiktskarta för recipienten Knivstaån (VISS, 2018)

2.4.1 Miljökvalitetsnormer för dagvatten

EU:s vattendirektiv, ramdirektivet för vatten, införlivades i svensk lagstiftning år 2004 som Vattenförvaltningen. Arbetet med Vattenförvaltningen utförs med hjälp av så kallade miljökvalitetsnormer, normerna fungerar som ett juridiskt styrmedel som införts i svensk lag för att komma tillrätta med miljöpåverkan från diffusa utsläppskällor. Normerna för vatten beskriver vilken vattenkvalitet en vattenförekomst ska ha vid en viss tidpunkt. Varje vattenförekomst statusklassificeras sedan i syfte att beskriva vattenförekomstens vattenkvalitet i dagsläget. Huvudregeln är att alla vattenförekomster ska uppnå god status eller potential innan år 2021 samt att ingen vattenförekomsts status får försämrats, den ska istället förbättras eller bevaras. Miljökvalitetsnormer klassas inom två områden för vattenförekomster, ekologisk status och kemisk status. (HaV, 2016; VISS)

Efter att EU-domstolen meddelade den så kallade Weserdomen har kraven skärpts på att vattenkvaliteten inte får försämrats samt att målen gällande kemisk och ekologisk status ska uppnås. Det innebär att statusen för en enskild kvalitetsfaktor, som används för statusklassificering av vattenförekomsten, inte får försämrats. Projekt eller verksamheter som orsakar en försämring riskerar således att inte tillåtas.

Knivstaån är enligt vattendirektivet en preliminär vattenförekomst. Vid nästa vattencykel (2021) kommer den således få status som vattenförekomst vilket betyder att miljökvalitetsnormer för vatten gäller. Det finns i dagsläget ingen statusklassificering på VISS för ekologisk och kemisk status för Knivstaån men information om åns status finns i delleveransen av det lokala åtgärdsprogrammet för Knivstaån. Denna används här som underlag för en temporär statusklassificering innan vattenförekomsten klassificerats i VISS. Viktigt att nämna är att statusklassificeringen som gjorts endast grundas på en befintligt mängd provtagningar av några specifika ämnen. Andra faktorer som finns med i statusklassificeringen i VISS när ekologisk och kemisk status bedöms, såsom biomassa och konnektivitet) har inte bedömts i samband med statusklassificeringen. Dessutom medför den begränsade mängden provtagningstillfällen att det finns en stor osäkerhet kring mätresultaten och således gällande statusklassificeringen. Tabell 1 visar de klassificeringar som utförts vid tillkomsten av det lokala åtgärdsprogrammet.

Tabell 1. Statusklassificering av Knivstaån från 2018-07-03

Ämne	Statusklassificering	Färgkodning i VISS
Koppar	God	
Krom	God	
Zink	God	
Kadmium	God	
Bly	God	
Nickel	God	
Ammoniak	God	
Fosfor	Otillfredsställande/dålig	
Arsenik	Måttlig	
Uran	Måttlig	

Av tungmetallerna uppvisar koppar, krom, zink, kadmium, bly och nickel god status i Knivstaån. Även ammoniak klassas som god status. Halterna av fosfor är så pass höga att de ger otillfredsställande till dålig status beroende på undersökningsmetodik. Uran och arsenik förekommer i halter motsvarande måttlig status.

3 Områdets förutsättningar

3.1 Planbeskrivning

Planområdet ligger i västra Knivsta med Gredelbyleden och Knivstavägen som gränser i nordväst och syd. Nämda vägar ingår i planområdet. Väst och öst om planområdet ligger bostadsområden och söder om Knivstavägen finns i dagsläget åkermark vilken planeras att exploateras i samband med utbyggnaden av Nydal. Norr om Gredelbyleden ligger blandad bebyggelse men även ett skogsområde. Planområdets högsta punkt är +23,5 m ö h och den lägsta +13,5 m ö h. Det sluttar söderut med en total höjdskillnad på ca 10 m distribuerad över ca 500 m. Figur 3 visar ett ortofoto över planområdet där även befintliga fastighetsgränser är markerade. Figur 4 visar ett kollage av bilder från planområdet.



Figur 3. Ortofoto över planområdet (Google, 2018)

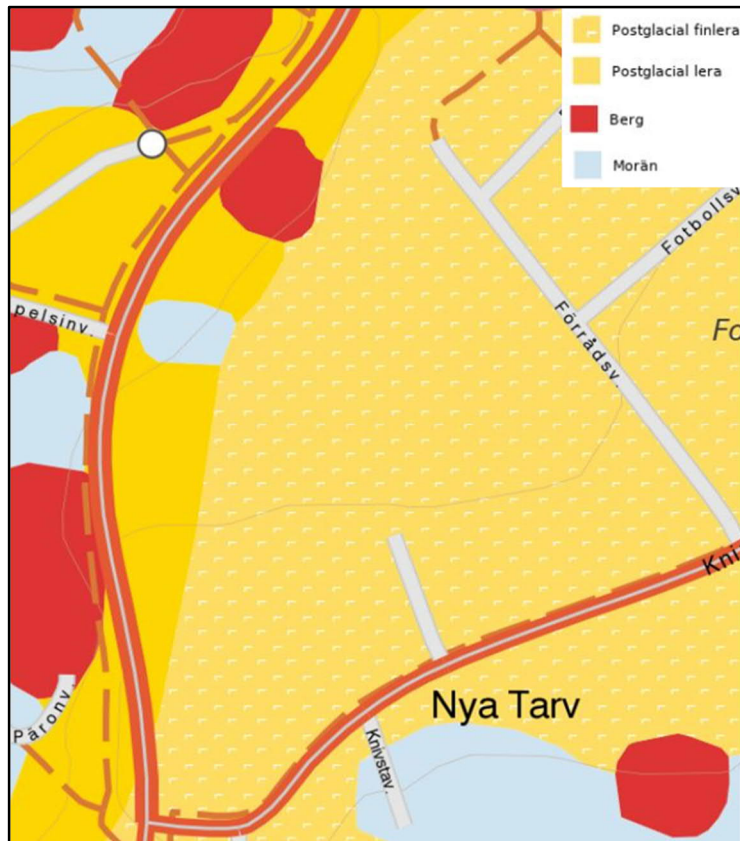


Figur 4. Kollage från planområdet. Övre raden från vänster: Knivstavägen, Gredelbyleden Undre raden: Förrådsvägen, sydvästra hörnet av industriområdet, höjdskillnader på industriområdet fotat västerifrån.

3.2 Geotekniska förhållanden

3.2.1 Markförhållanden

Enligt SGU:s jordartskarta består majoriteten av planområdet av postglacial finlera. Det finns ett stråk i västra delen med postglacial lera samt två mindre områden med morän respektive berg i dagen i norra delen av planområdet. Figur 5 visar ett utdrag ur SGU:s jordartskarta. De nämnda lerjordarna och berg i dagen har en begränsad infiltrationshastighet. Morän har relativt god infiltrationshastighet men det området utgör i likhet med berg i dagen endast några procent av planområdets totala yta.



Figur 5. Jordarter på planområdet (SGU:s jordartskarta, 2018)

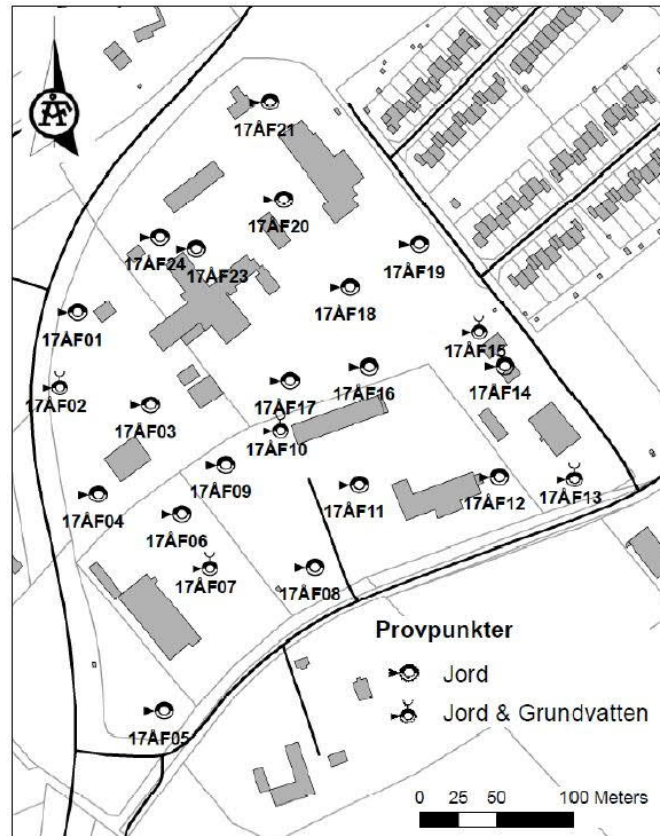
Jordlagrets mäktighet ligger mellan 3 m i norr och 25 m i söder och består i huvudsak av 3 lagertyper. Närmast markytan finns fyllnadsmaterial (ca 1 m djup) vilket följs av lera (2-8 m djup) och en friktionsjord av blockig morän (2-15 m). För mer detaljer kring markförhållanden se "PM Geoteknik Knivsta Tarv" och "Miljöteknisk markutredning Ängby industriområde, Knivsta".

3.2.2 Grundvattennivåer

Den miljötekniska undersökningen från 2018 där lodning i grundvattenrör utfördes i 5 punkter vid 2 tillfällena visar på grundvattennivåer mellan 0,21 m och 2,50 m under marknivån. Vid revidering 2 av dagvattenutredningen gjordes ytterligare en mätning av grundvattennivåer i augusti 2021. Mätningen i augusti visar på nivåer mellan 0,29 m och 2,09 m under marknivå. Resultaten från mätningarna redovisas i Tabell 2 nedan. Figur 6 visar provtagningspunkternas placering.

Tabell 2. Uppmätta grundvattennivåer i Lötängen (Knivsta Tarv) i januari 2018 och augusti 2021.

Grundvatten- rör	Grundvattennivå					
	2018-01-10		2018-01-25		2021-08-19	
	Plusnivå: m ö h (m)	Nivå under markytan (m)	Plusnivå: m ö h (m)	Nivå under markytan (m)	Plusnivå: m ö h (m)	Nivå under markytan (m)
17ÅF02	16,35	1,44	17,53	0,26	17,50	0,29
17ÅF07	12,17	1,16	11,94	1,39	12,48	0,85
17ÅF10	12,58	1,65	12,97	1,26	13,04	1,19
17ÅF13	11,67	2,50	12,06	2,11	12,08	2,09
17ÅF15	13,74	1,13	14,66	0,21	14,64	0,23



Figur 6. Provpunkter grundvatten Lötängen (Knivsta Tarv)

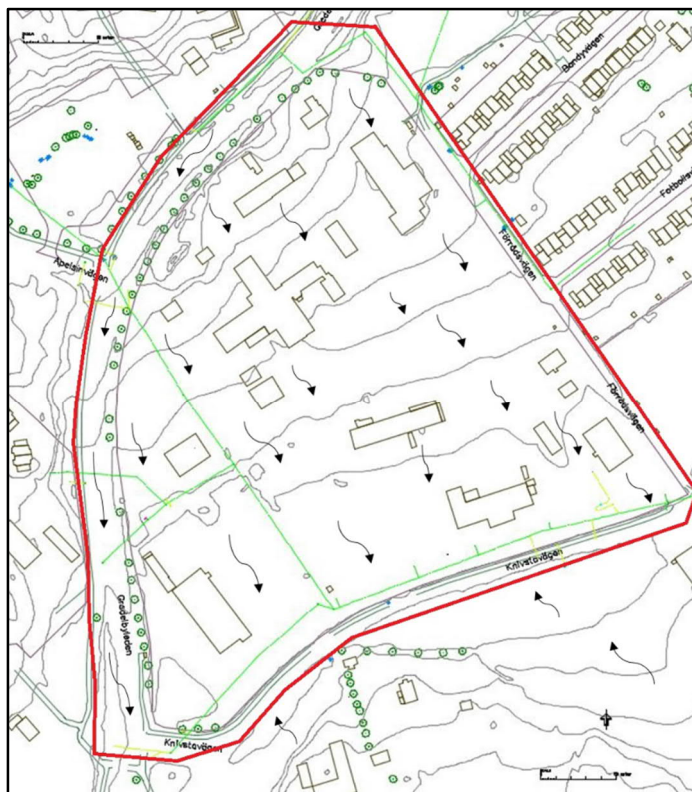
3.2.3 Föreningar

Den miljötekniska markundersökningen som utfördes 2018 visar på att marken är förorenad på ett flertal av provpunkterna. Uppmätta värden av kobolt och bly överskrider riktvärdena för Känslig Markanvändning (KM) vid ett flertal punkter och arsenik överskrider gränsvärdet för Mindre Känslig Markanvändning (MKM) i en punkt. Fraktionerade alifater har uppmätts i mängder upp till 5 gånger riktvärdet för KM. Halterna av PAH:er överskrider riktvärdet för KM i 9 punkter. I av dessa överskrids även riktvärdet för MKM.

De höga halterna av både metaller och petroleumkolväten i marken bör tas i beaktning vid utformandet av dagvattenhanteringen då lokal infiltration kan medföra att befintliga föroreningar i marken transporteras vidare till recipient. För mer detaljerad information gällande föroreningshalterna, se "Miljöteknisk Markundersökning Ängby industriområde, Knivsta".

3.3 Avrinning

Figur 7 visar en grundkarta över planområdet med inritade avrinningspilar enligt befintlig topografi. Planområdet lutar i befintlig utformning mot syd/sydväst och den södra delen längsmed Knivstavägen är en av de lägre punkterna i närområdet. Både vattnet från planområdet och området söder om Knivstavägen rinner naturligt mot området vid Knivstavägen. I figuren är befintliga dagvattenledningar representerade av en grön linje. Ledningen som sträcker sig tvärs över kvartersområdet är en D400-ledning som i sin tur leder vatten till ledningen längsmed Knivstavägen, som är en 800 mm BTG-ledning som utmynnar i Knivstaån.

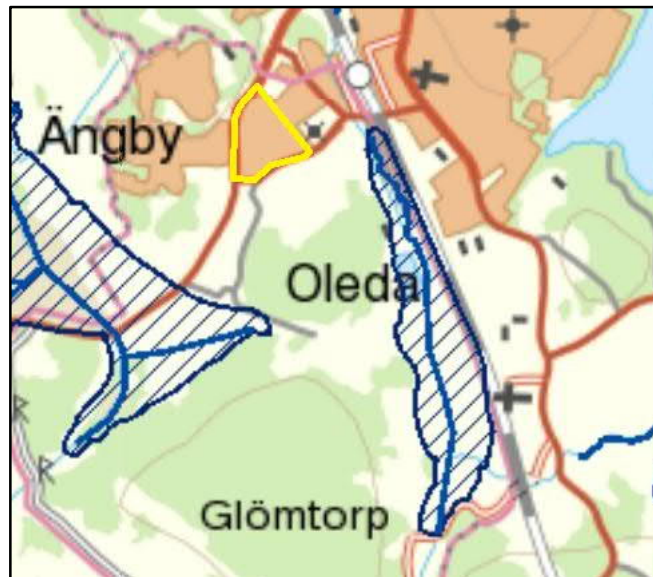


Figur 7. Befintlig avrinning inom planområdet (röd linje).

3.4 Markavvattningsföretag

Markavvattningsföretag är gemensamhetsföreläggningar enligt anläggningslagen och är en vanlig företeelse i Sverige där bönder under sent 1800-tal och tidigt 1900-tal dikade ut stora ytor för att odla upp kärr, mosse eller annan vattendränkt mark. Företaget måste omprövas eller avvecklas om flöden till företaget avleds eller förändras. (Länsstyrelsen, 2017)

Planområdet innehåller inget markavvattningsföretag men området kring Knivstaån har ett markavvattningsföretag. Dess utsträckning visas i Figur 8. Det finns även ett markavvattningsföretag sydväst om planområdet. Med föreslagna åtgärder kommer inte flödet från planområdet att öka och därmed väntas inte exploateringen ha någon betydande påverkan på något av de näraliggande markavvattningsföretagen.

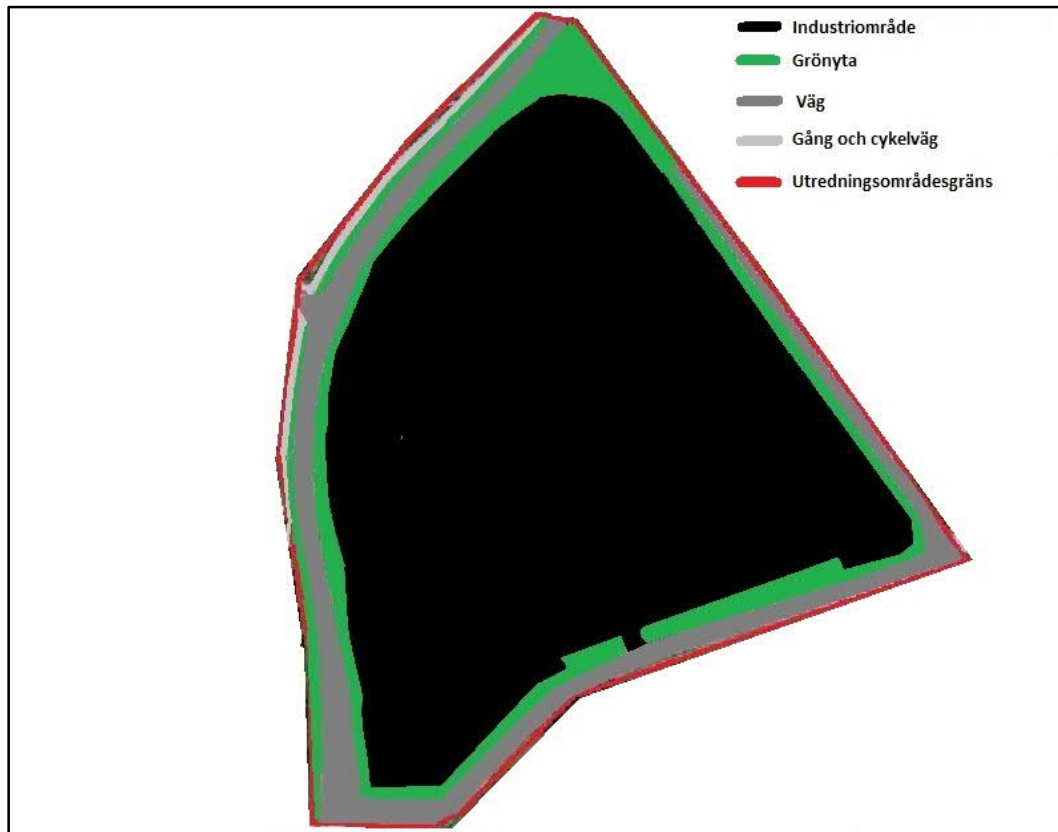


Figur 8. Markavvattningsföretag (blårandiga) nära planområdet (gult) (Länsstyrelsen Uppsala webbGIS, 2018)

4 Flödesberäkningar

4.1 Befintlig situation

Utredningsområdet består idag av ett industriområde med omkringliggande grönytor/diken samt de delar av Gredelbyleden och Knivstavägen som angränsar till industriområdet (inklusive GC-väg). Denna markanvändning illustreras i skissen i Figur 9 och Tabell 3 redovisar area samt avrinningskoefficient för respektive markanvändning. Andelen hårdgjorda ytor är hög och både industriområde och väg är markanvändningar som ger upphov till höga föroreningshalter. Detta gör det lättare att vid ombyggnation åstadkomma en förbättrad situation både när det gäller föroreningshalterna i dagvattnet och ekosystemtjänster.



Figur 9. Befintlig markanvändning för planområdet.

4.1.1 Markanvändning

Tabell 3 beskriver den befintliga markanvändningen genom att redovisa de separata ytornas totala area, avrinningskoefficienter samt dess reducerande yta. Industriområdet, GC, vägar samt grönska har givits avrinningskoefficienter enligt P110. Ingen av de har exempelvis en stor lutning vilket skulle kunnat öka avrinningskoefficienten. Notera att ytorna är estimeringar baserade på tillgängligt underlag och ej exakta mätningar på plats.

Industriområdet har givits en avrinningskoefficient på 0,6 vilket är mitt på spektrumet för standarden (0,5-0,7). Detta motiveras av att området lutar men även innehåller en del grönska. Gräsyta är satt till standard 0,1 för 5- och 20-årsregn och 0,5 för 100-årsregn och värdena för den senare redovisas inom parantes i Tabell 3 nedan. Den skulle eventuellt kunna sänkas något då ytorna är väl bevuxna och ofta har en svag svackdikesform men jordmånens låga infiltrationshastighet gör att 0,1 ändå väljs.

Tabell 3. Areaberäkning för befintlig markanvändning inom planområdet. Värden för 100-årsregn inom parantes.

Delområde	Markanvändning	Yta [m ²]	Avrinningskoefficient	Reducerad yta [ha]
1	Industriområde	96 480	0,6 (0,8)	5,79 (7,72)
1	Gräsyta	8120	0,1 (0,5)	0,08 (0,41)
1	Väg	11 370	0,85 (1)	0,97 (1,13)
1	Gång och cykelväg	2440	0,85 (1)	0,21 (0,24)
Totalt		118 410		9,94 (9,5)

4.1.2 Flöden

Flödesberäkningar har utförts enligt ekvationer i avsnitt 2.3.1 samt reducerade ytor enligt Tabell 3. Regnintensitet har beräknats med specifikt flöde för ett 5-, 20- och 100-årsregn med en regnvaraktighet på 10 minuter.

- $i_{5\text{-årsregn},10\text{min}} = 181 \text{ l/s, ha}$
- $i_{20\text{-årsregn},10\text{min}} = 287 \text{ l/s, ha}$
- $i_{100\text{-årsregn},10\text{min}} = 489 \text{ l/s, ha}$

Dagvattenflödet har beräknats utan klimatfaktor för befintlig markanvändning. För 100-årsregn har avrinningskoefficienten höjts till 0,5 för gräsytor då en högre regnintensitet gör att mindre vatten hinner infiltrera. Även övriga ytors avrinningskoefficienter har höjts på grund av den högre intensiteten ett 100-årsregn innebär. Koefficienterna för 100-årsregnet finnes inom parantes i Tabell 3. Resultaten för planområdet redovisas i Tabell 4.

Tabell 4. Beräknade dagvattenflöden för befintlig situation vid ett 5-, 20- och 100-årsregn.

Område	Dagvattenflöde [l/s]			Volym [m ³ /10 min]		
	5-årsregn	20-årsregn	100-årsregn	5-årsregn	20-årsregn	100-årsregn
Hela planområdet	1277	2019	4646	1081	1212	2787

4.2 Planerad utformning

I den planerade markanvändning försvinner industriområdet helt och ersätts av ett bostadsområde med flerbildshus, förskola, grundskola, parker och ett torg. Vägarna runt fastighetsområdet byggs om och inkluderar mer GC-väg och fler infarter samt en rondell på Gredelbyleden. Ett grönstråk är planerat i den östra delen av planområdet. Figur 10 visar en skiss över hela planområdet till vänster och en version inklusive grönstråket till höger.



Figur 10. Skisser över planerad situation för planområdet.

Majoriteten av utredningsområdet upptas av flerbildshusområde vilket inkluderar vägnät. Parkeringsplatser planeras eventuellt i garage under innergårdarna. Den förändrade markanvändningen innebär en ökad andel grönyta på fastighetsmarken men andelen grönytor minskar på den allmänna platsmarken runt det gamla

industriområdet. Delar av Förrådsvägen görs om till GC-väg. Figur 11 visar en skiss över den planerade markanvändningens ytfördelning över utredningsområdet.



Figur 11. Planerad markanvändning för planområdet.

4.2.1 Markanvändning

Tabell 5 beskriver den planerade markanvändningen genom att redovisa de separata ytornas totala area, avrinningskoefficienter samt dess reducerande yta. Notera att ytorna är estimeringar baserade på tillgängligt underlag och kan komma att ändras senare i planeringsprocessen.

Flerfamiljsområdets avrinningskoefficient är satt till 0,5 vilket är i mitten av standardspannet på 0,4-0,6. Skolorrådet har fått en avrinningskoefficient på 0,6 istället för standarden 0,5 för att ge lite säkerhetsmarginal då det finns osäkerheter i hur utformningen kommer se ut. Skolorrådeskategorin innehåller rent definitionsmässigt grönytor såsom fotbollsplan eller dylikt och i detta fall är ingen sådan planerad. Den potentiella biotopparken vilken är en del av skolans område är beräknad som en del av parkstråket. Övriga markanvändningar har fått avrinningskoefficienter enligt standarder.

Tabell 5. Areaberäkning för planerad markanvändning inom planområdet. Värden inom parentes är för ett 100-årsregn.

Delområde	Markanvändning	Yta [m ²]	Avrinningskoefficient	Reducerad yta [ha]
1	Flerfamiljshusområde	71 600	0,5 (0,75)	3,58 (5,37)
1	Skolorråde	17 800	0,6 (0,8)	1,07 (1,42)
1	Grönområden/parker	7070	0,1 (0,5)	0,07 (0,35)
1	Vägar	8330	0,85 (1)	0,71 (0,83)
1	Gång och cykelväg	8220	0,85 (1)	0,70 (0,82)
1	Diken/grönytor vid nyprojekterad väg	5380	0,1 (0,5)	0,05 (0,27)
Totalt		118 410		6,18 (9,07)

4.2.2 Flöden

Översiktliga flödesberäkningar har utförts enligt ekvationer i avsnitt 2.3.1, reducerade ytor enligt Tabell 5 samt med en klimatfaktor på 1,25. Regnintensitet har beräknats med specifikt flöde vid ett 10 minuters 5-, 20- och 100-årsregn.

- $i_{5\text{-årsregn},10\text{ min}} * 1,25 = 226 \text{ [l/s, ha]}$
- $i_{20\text{-årsregn},10\text{ min}} * 1,25 = 358 \text{ [l/s, ha]}$
- $i_{100\text{-årsregn},10\text{ min}} * 1,25 = 611 \text{ [l/s, ha]}$

För 100-årsregnet har avrinningskoefficienten för gräsytor höjts till 0,5 då en kraftig nederbördsintensitet minskar infiltrationen. Även övriga ytors avrinningskoefficienter har höjts på grund av den högre intensiteten ett 100-årsregn innebär. Koefficienterna för 100-årsregnet finnes inom parentes i Tabell 5. Resultaten för dagvattenflöden samt volym redovisas i Tabell 6.

Tabell 6. Beräknade dagvattenflöden och dess volym för planerad situation vid ett 5-, 20- och 100-årsregn med en klimatfaktor på 1,25.

Område	Dagvattenflöde [l/s]			Volym [m ³ /10 min]		
	5-årsregn	20-årsregn	100-årsregn	5-årsregn	20-årsregn	100-årsregn
Hela planområdet	1401	2214	5543	840	1329	3325

Vid en jämförelse mellan Tabell 4 och 6 framgår att ombyggnationen av utredningsområdet kommer att innebära en ökning av dagvattenflödet. Ökningen är på ca 11 % för alla återkomstperioder. Flödet ökar alltså trots att den reducerade arean minskar för den planerade situationen. Detta beror på att modellen tar hänsyn till ett förändrat klimat med mer intensiv nederbörd.

4.3 Magasinsvolym

Knivsta kommun kräver fördröjning på 20 mm. Beräkningar för erforderlig magasinsvolym har därför utförts enligt beskrivning i sektion 2.3.2 vilket ger en total magasinsvolym för planområdet på 1 235 m³. Det motsvarar ungefär flödet från ett 15-årsregn på 10 minuter för den planerade situationen. Den erhållna magasinsvolymen representerar den mängd vatten som ska kunna fördröjas med hjälp av dagvattenlösningar. Ingen ytmängd är angiven vilken bör reserveras för infiltration då olika hanteringsåtgärder kan hantera olika antal kubikmeter per kvadratmeter de tar upp. Dock kan ca 5 % vara ett riktvärde. Ytan de kräver beror även på åtgärderna specifika utformning. Vid en jämförelse med volymerna för de beräknade flödena i Tabell 6 kan det urskiljas att den erforderliga magasinsvolymen inte riktigt kan hantera ett 20-årsregn men klarar av ett 5-årsregn med god marginal. Enligt uppskattning bör den uträknade magasinsvolymen vara tillräcklig för att hantera ett 15-årsregn.

5 Föroreningsberäkningar

Översiktliga beräkningar har utförts i databasen StormTac för föroreningskoncentrationer och -mängder inom området före och efter exploatering. Koncentrationerna och mängderna har summerats för de två delområdena och redovisas i Tabell 7 och 8 som planområdets totala föroreningsbidrag till recipienten. De markanvändningar som använts i beräkningarna återfinns i Tabell 3 och 5.

De ämnen som analyserats är de 13 standardämnen enligt StormTac plus arsenik då det ämnet fått statusen måttlig i det lokala åtgärdsprogrammet.

Tabell 7. Föroreningskoncentrationer ($\mu\text{g/l}$) för hela planområdet före och efter exploatering. Koncentrationer som överskrider riktvärden är fetmarkerade.

Förorening	Enhet	Riktvärde 1M	Befintlig situation	Planerad situation
Fosfor (P)	$\mu\text{g/l}$	160	240	220
Kväve (N)	$\mu\text{g/l}$	2000	1800	1600
Bly (Pb)	$\mu\text{g/l}$	8	21	10
Koppar (Cu)	$\mu\text{g/l}$	18	36	24
Zink (Zn)	$\mu\text{g/l}$	75	200	74
Kadmium (Cd)	$\mu\text{g/l}$	0.4	1.1	0.49
Krom (Cr)	$\mu\text{g/l}$	10	11	9.0
Nickel (Ni)	$\mu\text{g/l}$	15	13	7.0
Kvicksilver (Hg)	$\mu\text{g/l}$	0.03	0.063	0.031
Suspenderad substans (SS)	$\mu\text{g/l}$	40000	80000	53000
Oljeindex (Olja)	$\mu\text{g/l}$	400	1800	600
PAH16	$\mu\text{g/l}$	-	0.70	0.40
Benso(a)pyren (BaP)	$\mu\text{g/l}$	0.03	0.10	0.033
Arsenik (As)	$\mu\text{g/l}$	-	3.8	3.1

*Beräknade med årsmedelnederbörd på 636 mm.

Tabell 8. Föroreningsmängder ($\text{kg}/\text{år}$) för hela planområdet före och efter exploatering.

Förorening	Enhet	Befintlig situation	Planerad situation
Fosfor (P)	$\text{kg}/\text{år}$	11	9.5
Kväve (N)	$\text{kg}/\text{år}$	85	72
Bly (Pb)	$\text{kg}/\text{år}$	0.98	0.44
Koppar (Cu)	$\text{kg}/\text{år}$	1.7	1.1
Zink (Zn)	$\text{kg}/\text{år}$	9.3	3.2
Kadmium (Cd)	$\text{kg}/\text{år}$	0.049	0.021
Krom (Cr)	$\text{kg}/\text{år}$	0.51	0.39
Nickel (Ni)	$\text{kg}/\text{år}$	0.58	0.31
Kvicksilver (Hg)	$\text{kg}/\text{år}$	0.0029	0.0014
Suspenderad substans (SS)	$\text{kg}/\text{år}$	3700	2300
Oljeindex (Olja)	$\text{kg}/\text{år}$	84	26
PAH16	$\text{kg}/\text{år}$	0.033	0.017
Benso(a)pyren (BaP)	$\text{kg}/\text{år}$	0.0049	0.0014
Arsenik (As)	$\text{kg}/\text{år}$	0.17	0.14

*Beräknade med årsmedelnederbörd på 636 mm.

Den nya planerade situationen innebär en minskning i föroreningsbelastning från utredningsområdet. Detta beror inte på att den planerade markanvändningen ger lite föroreningar utan på att dagens föroreningsbelastning är väldigt hög på grund av att planområdet i dagsläget är ett industriområde. Även den planerade situationen ger föroreningsbelastningar över riktvärden för ett antal ämnen och insatser bör därför göras för att rena vattnet och/eller minska utsläppen. Det minst ambitiösa målet med reningsåtgärderna som installeras bör således vara att klara av riktvärdena då exploateringen redan innebär en förbättring från nuvarande situation. För att bidra till uppfyllande av miljömålen rekommenderas dock att ett mer ambitiöst förhållningssätt används vid val av åtgärder för rening av dagvatten. Genom minskade föroreningshalter kan dagvattenlösningarna inom planområdet inte bara bidra till att uppfylla miljökvalitetsnormerna utan även bidra till ökade ekosystemtjänster i närområdet.

6 Dagvattenhantering

I denna avdelning presenteras angreppssätt för att hantera dagvattnet på utredningsområdet. Först ges allmänna rekommendationer, sedan presenteras de tilltänkta lösningsteknikerna och avslutningsvis redovisas en skiss på en möjlig placering av dagvattenanläggningar inom planområdet.

6.1 Allmänna rekommendationer

6.1.1 Höjdsättning

Vid kraftigare regn än de dimensionerande 10-årsregnen kommer vattnet inte kunna avledas tillräckligt snabbt via det planerade dagvattensystemet. Då måste området vara höjdsatt så att vattnet avrinner från byggnaderna mot områden som kan översvämmas utan skador på byggnader. Svenskt Vatten rekommenderar att nybyggda fastigheter dimensioneras så att marköversvämningar med skador på byggnader sker mer sällan än vart 100:e år (Svenskt Vatten P110, 2016).

För att förhindra att yt- eller dagvatten rinner in i en byggnad måste marken ges en tillräcklig lutning från byggnaden. Avrinningen sker då lämpligast i riktning mot närliggande vägar, diken eller översvämningssytor. Dessa avrinningsvägar ska dock ses som sekundära då dagvattnet i förstahand ska omhändertas så lokalt som möjligt.

6.1.2 Miljöanpassade materialval

För att minska miljöpåverkan på dagvattnet bör material som inte innehåller miljöskadliga ämnen väljas. Kända material som avger föroreningar är exempelvis takbeläggning, belysningsstolpar och räcken som är varmförzinkade eller i övrigt innehåller zink. Plastbelagda plåttak avger organiska föroreningar. Planen bör därför inte föreskriva material som ger ifrån sig miljöskadliga ämnen som exempelvis zinktack. Byggvaror bör klara egenskapskriterier som satts upp av branschorganisationer såsom BASTA eller Byggvarubedömningen. För att undvika onödigt tillskott av miljöfarliga ämnen är det viktigt att tidigt se över de materialval som ska användas för byggnation.

6.1.3 Kommunens policy och ambitionsnivå

Det är viktigt att hanteringsåtgärderna ligger i linje med kommunens riktlinjer för dagvattenhantering. I kommunens policy läggs stor vikt vid ekosystemtjänster, anpassning till klimatförändringar och att yt- och grundvatten inte får påverkas negativt av en exploatering. Dagvattenhanteringen ska bidra till en förbättrad miljö både för människor och miljö. Därför bör lösningar där dagvattnet hanteras och renas av naturliga processer väljas i första hand, så kallade gröna(eller grönblå) lösningar bör premieras. En ambitiös nivå för rening, ekosystemtjänster och estetik är därför att rekommendera.

6.1.4 Närliggande områden

Hänsyn bör vid utformningen av åtgärderna tas till näraliggande områden och dess egenskaper. Ifall även närområdet skall exploateras kan detta ha en effekt på vilka åtgärder som skall väljas. Det kan till exempel vara en fördel att skapa gemensamma lösningar för större områden såsom dagvattendammar eller dimensionera ledningsnät efter vilken lösning som kommer väljas på området bredvid. Är närområdet del av en grön korridor kan gröna lösningar på planområdet ytterligare förstärka ekosystemtjänster och bidra positivt till en förbättrad närmiljö och ökad biologisk mångfald.

6.2 Dagvattenlösningar

Området innebär utmaningar för dagvattenhanteringen men ger även möjligheter för att implementera intressanta lösningar. Även om andelen grönytor ökar på fastighetsmarken blir en stor del av ytan fortfarande hårdgjord med mycket asfalt och

taktytor vilket ger en hög avrinning. I kombination med låg infiltrationshastighet och parkeringsgarage försämrar detta möjligheterna till att lokalt infiltrera dagvattnet ner i marken. Större krav ställs därmed på transportvägar. Nedan presenteras lämpliga dagvattenhanteringsåtgärder för planområdet. De har utvalts med hänsyn till faktorer såsom fördröjningsförmåga, praktisk tillämpbarhet, bidragande till ekosystemtjänster och reningseffekt. Även riktlinjer och direkta önskemål från Knivsta kommun har varit vägledande för valet av lösningsförslag.

6.2.1 Gröna tak och biotoptak

Gröna tak är ett samlingsnamn på olika taklösningar som innefattar organiskt material och kan variera från karg sedum till fullvärdiga trädgårdar. Ett tak med en tjocklek på 50 millimeter beräknas kunna magasinera fem till tio millimeter. Den vanligaste typen av gröna tak i Sverige är tunna gröna tak vilka tar upp ungefär 50 % av årsvolymen. Avrinningskoefficienten för gröna tak ökar succesivt under ett regn och närmar sig 1.

Vid kraftiga regn kan ytterligare magasineringsmöjligheter krävas innan avledning till kommunalt ledningsnät sker. Enligt leverantör kan dock ca 20 l/m² fördröjas på takytan (Svenska Natur AB, 2017). Schablonhalter visar dock att gröna tak bidrar till läckage av fosfor och kväve (StormTac, 2016). Figur 12 visar ett exempel på ett grönt tak där sedum använts.



Figur 12. Sedumtak kan anläggas både på platta och lutande tak (Svenska Naturtak AB, 2018).

Biotoptak är tak anlagda för att särskilt gynna den biologiska mångfalden. De ger boendemiljöer (exempelvis gamla stockar) till insekter och andra djur och bidrar därmed till ökade ekosystemtjänster. Ett exempel visas i Figur 13 där taket har fått ge plats till bikupor och ängsblommor.



Figur 13. Biotoptak i London (Hållbar Stad, 2018)

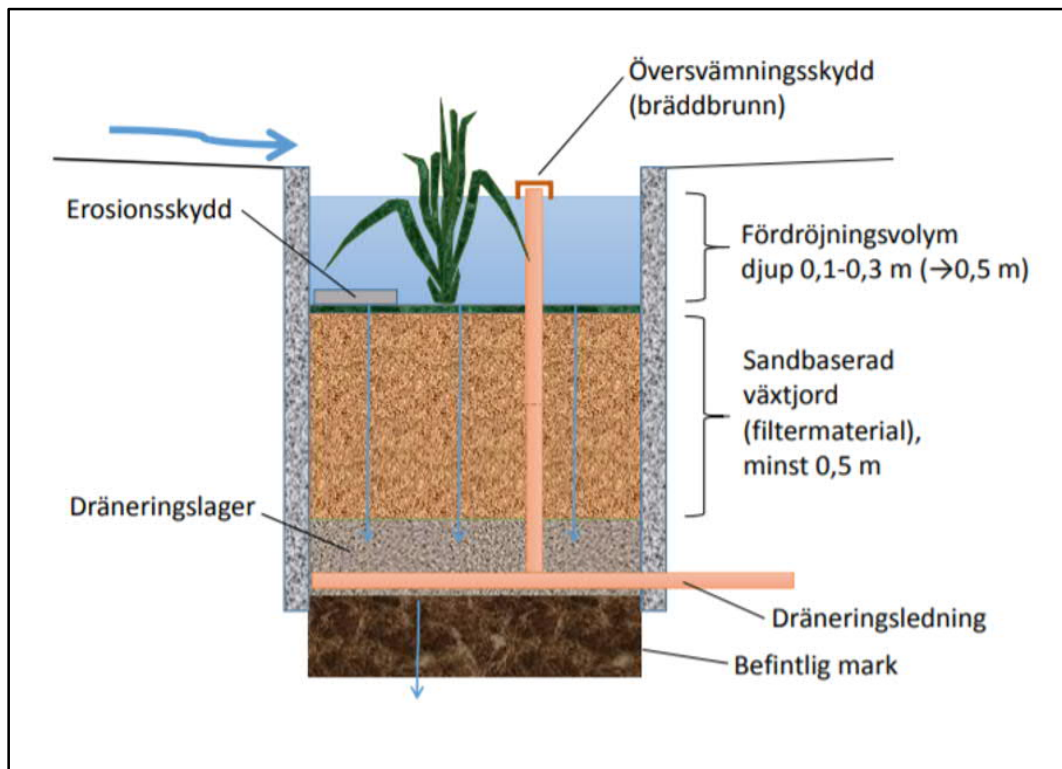
6.2.1.1 Drift och skötselråd

Vid anläggning av gröna tak är det viktigt att se till att växterna etablerar sig de första åren. Regelbunden inspektion är nödvändig. Bevattning och komplementär sådd och plantering kan vara nödvändig. Dräneringen bör övervakas. När taket väl är etablerat krävs i övrigt inte mycket underhåll men det beror naturligtvis på typ av tak. Ett intensivt tak (djupare lager jord och större växter) kräver ofta mer underhåll än ett extensivt tak (tunnare såsom sedumtak eller dylikt). Valet av växter spelar också in. Gödsling är sällan nödvändigt på gröna tak.

6.2.2 Växtbäddar med luftigt förstärkningslager

Växtbäddar används för att fördröja, infiltrera och rena dagvatten från omgivande hårdgjorda ytor. De byggs upp så att dagvatten kan magasineras under en kort tid i samband med kraftiga regn. Växterna i en växtbädd bör anpassas till områdets förutsättningar och vegetationen kan bestå av gräs, buskar, träd, örter etc. Med en välkomponerad växtmix får man en växtbädd som fyller en teknisk funktion samtidigt som den även medför estetiska och miljömässiga mervärden. Ytterligare fördelar med växtbäddar är växternas förmåga att avdunsta vatten vilket bidrar till ett ännu effektivare omhändertagande av dagvattnet. Växtbäddar kan bidra med grönska och biologisk mångfald, de är även estetiskt tilltalande.

När de naturligt förekommande jordlagren har en begränsad infiltrationskapacitet ska en ledning kopplas från växtbädden till befintligt dagvattensystem. Ledningen bör ha en liten dimension för att fördröja dagvattnet men den ska säkerställa att vattnet kan dräneras inom 48 timmar. Det bör även installeras en bräddledning eller brunn för att undvika översvämningar vid kraftigare regn. Figur 14 visar en principskiss över en växtbädd och Figur 15-17 visar exempel på nedsänkt respektive upphöjd växtbädd.



Figur 14. Principskiss på växtbädd (Stockholm stad, 2018).



Figur 15. Exempel på nedsänkt växtbädd (Solna stad dagvattenstrategi, 2018).

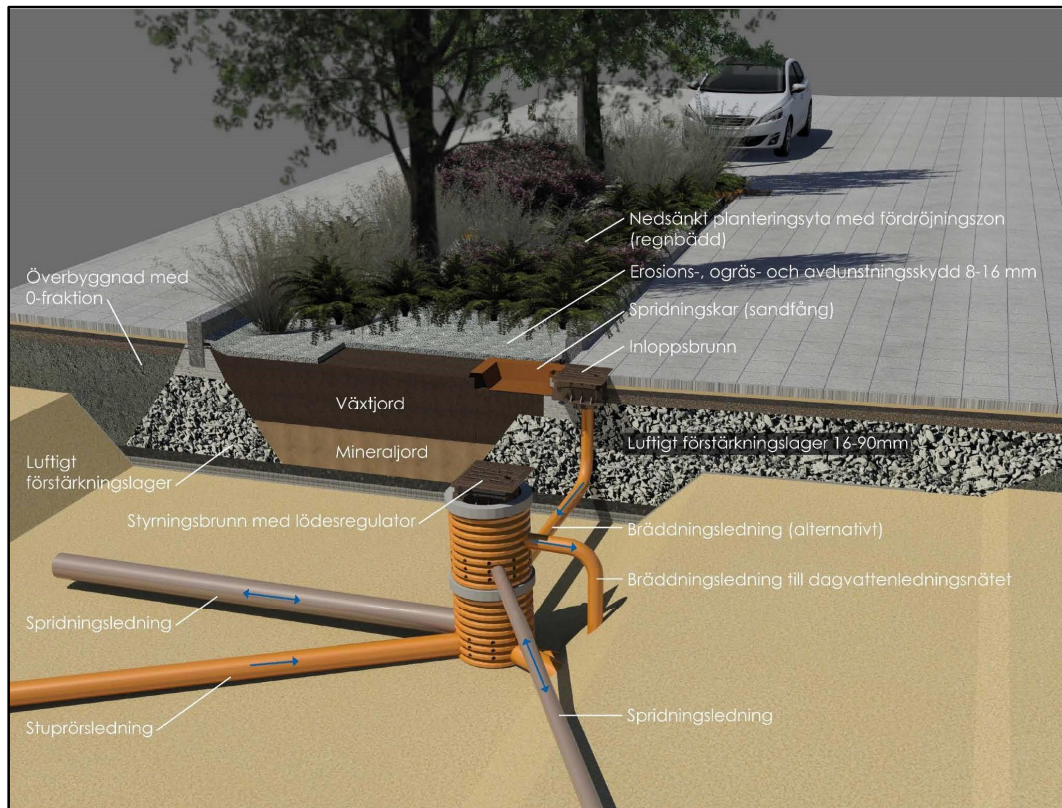


Figur 16. Exempel på upphöjd växtbädd som tar emot dagvatten från tak via stuprör (Vinnova, 2014).



Figur 17. Upphöjd växtbädd vid Parkskolan (F-6) i Dalby, Lunds kommun (Vinnova, 2014)

Växtbäddar kan kombineras med ett luftigt förstärkningslager i samband med anläggning vid vägar, gånggator eller dylikt. Detta ger en ökad fördröjningsvolym samt kan förbättra reningen. Vattnet filtreras först genom biofiltret och hamnar sedan i det luftiga förstärkningslagret. Ifall lokal infiltration är svår leds vattnet vidare via dräneringsledningar till dagvattennätet. Vid kraftiga regn då infiltrationshastigheten inte är tillräcklig i växtbädden kan vatten ansamlas i det luftiga förstärkningslagret direkt. En principskiss på en växtbädd med luftigt förstärkningslager visas i Figur 18.



Figur 18. Principskiss på växtbädd med luftigt förstärkningslager

6.2.2.1 Drift och skötselråd

Växtbäddar kräver regelbunden skötsel. I huvudsak handlar det om att ta hand om vegetationen, se till att infiltrationskapaciteten inte blir för låg och att kontrollera och rengöra in- och utlopp samt brunnar vid växtbädden. Skötseln av vegetationen görs enligt riktlinjerna för de specifika växterna. Gödsling bör undvikas men extra kontroll av växtligheten rekommenderas de första två åren för att säkerställa en god etablering. Filtermaterialet kan sättas igen och därför kan utbyte av åtminstone det översta lagret av filtermaterialet (där ansamlas flest partiklar) vara nödvändigt efter några år.

6.2.3 Svackdike

Ett svackdike är ett gräsbeklätt dike med lutande slänt som används för att avleda, förvara och i viss mån långsamt infiltrera vattnet. Det kallas även för skåldike på grund av sitt skålformade utseende. De är en billig åtgärd som fungerar bra för snölagring och för att avleda smältvatten. De är även fördelaktiga att använda sig av för att de vid kraftiga skyfall snabbt kan ta hand om stora mängder vatten. Figur 19 visar ett exempel på ett svackdikes utformning mellan en väg och en GC-väg.



Figur 19. Svackdike mellan gång och cykelväg (Stockholm Vatten och avfall, 2018)

6.2.3.1 Drift och skötselråd

Skötseln för ett svackdike gäller främst att se till så att de inte sätter igen eller eroderas för mycket. För att uppnå detta krävs regelbundet underhåll med exempelvis gräsklippning och kontroll av in- och utlopp.

6.3 Föreslagen dagvattenhantering

I Figur 20 ses en skiss över möjlig dagvattenhantering för planområdet. Här ges endast en ungefärlig bild av principiell placering av dagvattensystemen, för exakt dimensionering och position bör mer detaljerade beräkningar utföras. Framförallt gäller detta växtbäddarna där detaljberäkningar bör utföras för mindre områden när byggprocessen går in i senare skeden och områdets utformning blir mer klart. I följande stycken presenteras och motiveras dagvattenåtgärderna i skissen.



Figur 20. Exempelskiss över föreslagen dagvattenhantering.

Gröna tak och biotoptak är utplacerade på ett antal byggnader på planområdet. De valda byggnaderna är de lägsta höghusbyggnaderna med 4 våningar. Gröna tak kan dock tillämpas på alla byggnader men det finns flera fördelar med att välja lägre hus. Dels för att underlätta skötsel och dels för att öka ekosystemtjänsterna från taken. Genom att placera de på de lägre byggnaderna kan de beskådas av boende i de högre husen bredvid och det är närmare för insekter och andra djur att ta sig från taken till grönområdena på marken. Av denna anledning bör gröna tak även övervägas på stadsradhusen på 3 våningar. Biotoptaken är utplacerade i anslutning till de små planerade parkerna för att i högre utsträckning gynna ett utbyte däremellan. De gröna taken ger förutom estetiska värden även reducerade dagvattenflöden i ett planområde som annars domineras av hårdgjorda ytor. Anläggs ett intensivt tak (djupare jordlager) så kan det om korrekt konstruerat hantera hela fördröjningskravet på 20 mm för takytan. De gröna taken kan även motverka så kallade urbana värmeöar och även bidra till att energiåtgången till kylning i husen kan reduceras. Då husen är höga kanske inte den bullerreducerande förmågan blir så stor men grönskan kan fortfarande bidra till förbättrad luftkvalitet. Genom att öka områdets grönytefaktor kan inte bara dagvattenhanteringen underlättas utan de gröna taken bidrar även till ökade ekosystemtjänster, både reglerande och kulturella (i linje med kommunens policy).

Upphöjda växtbäddar placeras på innergårdarna vid flerfamiljshusen främst för att ha en fördröjande effekt och vara estetiskt tilltalande. Regnvatten från tak är i regel inte så smutsigt så växtbäddarnas reningsfunktion behöver inte vara väldigt hög och utbyte av filtermaterial skall inte behöva utföras lika ofta som för växtbäddar vid vägar.

Växtbäddar med luftigt förstärkningslager placeras ut längsmed gatorna i flerfamiljshusområdet. Exakt placering och dimensionering bör diskuteras vidare med höjdsättare för gatorna med flera. Trafiken förväntas inte vara intensiv och tung på gatorna vilket bör möjliggöra för luftiga förstärkningslager en bit ut under körbana utan att riskera sättningar. Dock bör storleken och placeringen på det luftiga förstärkningslagret utredas och diskuteras ytterligare med exploatör och kommun. Att nämna speciellt kan vara att det kan vara lämpligt att placera växtbäddar på bägge sidor om vägbanan även om det i illustrationen endast finns på ena sidan. Växtbäddar i gatumiljön fyller inte bara en viktig funktion gällande rening och fördröjning utan har även bullerreducerande och luftförbättrande egenskaper. Denna lösning är även extra relevant för ett bostadsområde då även de estetiska aspekterna får en extra betydelse. Viktigt att nämna är att förutsättningarna för att det ska vara möjligt att anlägga växtbäddar och luftigt förstärkningslager är att höjdsättningen och den höga grundvattennivån på vissa platser hanteras på ett korrekt sätt.

Svackdiken placeras längsmed Knivstavägen främst för att kunna hantera höga flöden vid kraftiga regn. Vägen är en lågpunkt och det regnvatten som inte kan omhändertas på fastighetsområdet kommer att rinna åt det hållet. Diket behöver inte ta upp hela ytan längsmed vägen utan kan varvas med träd och växtbäddar (dessa är dock inte med i illustrationen för att lyfta fram behovet av en öppen lösning). Dock är det viktigt att dikena sammankopplas så att avrinning kan ske mot recipient. Enligt Knivsta kommuns dagvattenpolicy ska sekundära avrinningsvägar och översvämningssytor finnas med i planeringen. Knivstavägen är den mest naturliga platsen för att ansamla vatten då området naturligt sluttar ned mot vägen och ett dike är till sin utformning och funktion lämpligt för att ta emot stora mängder vatten. Den sydöstra delen av planområdet var i en tidigare utredning för ett större område plats för en dagvattendamm för både planområdet samt ett område söder om Knivstavägen. Då nuvarande utformning av området inte innehåller en damm behöver vattnet istället tas om hand på annat sätt. Dikets mer exakta placering, omfattning och utformning bör ske i samband med en mer avancerad skyfallsmodellering (där hänsyn tas till infiltration, råheten på ytmaterialet, det dynamiska förloppet etc.) då det kan användas för att hantera både vatten från väg och fastighetsmark.

Växtbäddar med luftigt förstärkningslager utplaceras även längs med Gredelbyleden. Trafiken kommer att öka utmed Gredelbyleden i samband med exploateringen och framöver då allt fler områden exploateras. Därför blir den renande funktionen växtbäddar har extra lämplig här. Denna lösning kan med fördel kompletteras med dike ifall önskvärt även om behovet av dike är större längsmed Knivstavägen. Växtlighet längsmed vägarna är avskärmande för bostadsområdet och bidrar till en bättre miljö för både människor och djur. Dagvattenhanteringen används därmed konkret för att bidra till en förbättrad närmiljö och ekosystemtjänster enligt kommunens riktlinjer.

Ledningsnätet bör byggas ut i förhållande till dagens situation för att kunna avleda dagvatten från fastigheterna och hålla vägnät fria från vatten. Ledningar föreslås läggas i vägnät på flerfamiljshusområdet och ledas mot en stor ledning vid Knivstavägen. Dimensionering bör göras med hänsyn till att fler områden kan behöva koppla på framöver. Dränvatten och bräddningsrör från växtbäddar bör ledas till detta nät då jordmånen och den höga grundvattennivån gör det extra svårt för lokal infiltration ner i marken, speciellt vid kraftigare regn. Då det eventuellt planeras för parkeringsgarage

under innergårdarna försvinner även möjligheten att ta omhand vattnet på plats lokalt där. Dessutom finns det en risk att föroreningar i marklagren kan "spolas med" ifall dagvattnet börjar infiltreras på förorenade platser.

6.4 Föroreningsberäkningar efter föreslagen dagvattenlösning

De dagvattenlösningar som rekommenderas i avsnitt 6.3 används i detta kapitel för översiktliga beräkningar av planområdets slutgiltiga föroreningsbidrag till Knivstaån.

Tabell 9 och 10 redovisar de totala föroreningskoncentrationerna och föroreningsmängderna efter föreslagna åtgärder för dagvattenhanteringen inom planområdet. Åtgärderna innefattar anläggningar i form av växtbäddar samt luftigt förstärkningslager. Beräkningarna har utförts i databasen StormTac.

Tabell 11 redovisar den procentuella reningseffekten av föroreningsmängder efter det att dagvattnet passerat reningsanläggningarna.

Tabell 9. Föroreningskoncentrationer ($\mu\text{g/l}$) före exploatering och efter exploatering med föreslagna dagvattenlösningar.

Förorening	Enhet	Befintlig situation	Efter föreslagen dagvattenlösning
Fosfor (P)	$\mu\text{g/l}$	240	40
Kväve (N)	$\mu\text{g/l}$	1800	800
Bly (Pb)	$\mu\text{g/l}$	21	0.51
Koppar (Cu)	$\mu\text{g/l}$	36	4.0
Zink (Zn)	$\mu\text{g/l}$	200	7.0
Kadmium (Cd)	$\mu\text{g/l}$	1.1	0.024
Krom (Cr)	$\mu\text{g/l}$	11	0.75
Nickel (Ni)	$\mu\text{g/l}$	13	1.9
Kvicksilver (Hg)	$\mu\text{g/l}$	0.063	0.0053
Suspenderad substans (SS)	$\mu\text{g/l}$	80000	3000
Oljeindex (Olja)	$\mu\text{g/l}$	1800	200
PAH16	$\mu\text{g/l}$	0.70	0.023
Benso(a)pyren (BaP)	$\mu\text{g/l}$	0.10	0.0050
Arsenik	$\mu\text{g/l}$	3.8	0.5

*Beräknade med årsmedelnederbörd på 636 mm

Tabell 10. Föroreningsmängder (kg/år) före exploatering och efter exploatering med föreslagna dagvattenlösningar.

Förorening	Enhet	Befintlig situation	Efter föreslagen dagvattenlösning
Fosfor (P)	kg/år	11	1.7
Kväve (N)	kg/år	85	35
Bly (Pb)	kg/år	0.98	0.022
Koppar (Cu)	kg/år	1.7	0.17
Zink (Zn)	kg/år	9.3	0.31
Kadmium (Cd)	kg/år	0.049	0.0011
Krom (Cr)	kg/år	0.51	0.033
Nickel (Ni)	kg/år	0.58	0.083
Kvicksilver (Hg)	kg/år	0.0029	0.00023
Suspenderad substans (SS)	kg/år	3700	130
Oljeindex (Olja)	kg/år	84	8.7
PAH16	kg/år	0.033	0.0010
Benso(a)pyren (BaP)	kg/år	0.0049	0.00022
Arsenik	kg/år	0.17	0.022

*Beräknade med årsmedelnederbörd på 636 mm.

Tabell 11. Reningseffekten av planerad situation med föreslagna dagvattenlösningar.

Reningseffekt [%]													
P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Olja	PAH16	BaP	As
82	51	95	84	90	95	92	73	83	94	67	94	85	84

Genom föreslagna dagvattenhanteringsåtgärder hamnar koncentrationerna av alla undersökta ämnen under riktvärdena. En hög reningsprocent uppnås, väsentligt högre än det som krävs för att endast nå under riktvärdena. Detta är att fördrå för att kunna minska mängden föroreningar från det rätt stora planområdet. Då exploatering planeras för närliggande områden, vilka i dag är främst vegetation, är det extra viktigt att ha en ambitiös målsättning för reningen för aktuellt planområde. På detta sätt ökar åtgärderna möjligheterna att uppnå MKN och uppfylla miljömålen. Att notera lite extra är att arsenik, vilket är ett problemämne för Knivstaån, minskar med 84 procent.

6.5 Flöden efter dagvattenåtgärder

De presenterade dagvattenåtgärderna innebär både mindre avrinning vid det dimensionerande regnet (10-minuters varaktighet) och utökad fördröjning. De gröna takens effekt på flödesminskning beror på ett flertal faktorer, bland annat takens utformning och regnets intensitet. Exakt flödesminskning kan därför inte anges men för att ge en indikation så innebär en ändring av avrinningskoefficienten på taket en flödesminskning från takytor på upp till 212 l/s vid ett 5-årsregn vilket motsvarar 127 kubikmeter under ett 10-minutersregn. Flödet från växtbäddarna bestäms av vald utloppsstorlek samt infiltrationshastigheten. Genom anläggningen av ca 4 150 m² växtbäddar långsmed vägar och på innergårdar uppnås den erforderliga magasinsvolymen på 1 236 m³. Detta är dock ett högt värde och man bör räkna med att vatten bräddas till det luftiga förstärkningslager. Annars bör det installeras fler svackdiken och magasin.

6.6 Ekosystemtjänster

Vid utformandet av dagvattenlösningarna har deras bidrag till ekosystemtjänster varit en hänsynsfaktor. Målet har varit att dagvattenhanteringen ska bli ett positivt inslag i stadsbilden och aktivt bidra till uppfyllelsen av miljömålen. Ekosystemtjänsterna de föreslagna hanteringsåtgärderna bidrar till är bland annat:

- Stödjande
 - o Ökad biologisk mångfald genom biotoptak och livsmiljöer i växtbäddar
 - o Bidrar till mer hållbara biokemiska kretslopp genom att binda upp bland annat fosfor och kväve i växtbäddar
- Producerande
 - o Grundvatten genom lokal infiltration
- Reglerande
 - o Förbättrad luftkvalitet genom vegetation med luftrenande effekt
 - o Reglerar vattenflöden och skyddar mot översvämningar
 - o De gröna taken har en avkylande effekt och motverkar värmeöar
 - o Rening av dagvatten i växtbäddar och krossmagasin
 - o Upprätthåller livsmiljöer genom att dagvattnet används till bevattning
 - o Biotoptak och fler livsmiljöer för pollinerare bidrar positivt till pollineringen och ökad växtlighet
- Kulturella
 - o Växtbäddar ger en positiv landskapskaraktär till stadsmiljön
 - o Biotopparken och den lilla bäcken på skolgården fyller en pedagogisk funktion
 - o Växtbäddar och gröna tak fyller en rekreationell funktion

Genom att välja lösningar vilka bidrar till ökade ekosystemtjänster och minskade föroreningshalter bidrar dagvattenhanteringen till att nå miljömålen "Frisk luft", "Giftfri miljö", "Ingen övergödning", "Levande sjöar och vattendrag", "Grundvatten av god kvalitet", "God bebyggd miljö" och "Ett rikt växt- och djurliv".

7 Översvämningsanalys och skyfallshantering

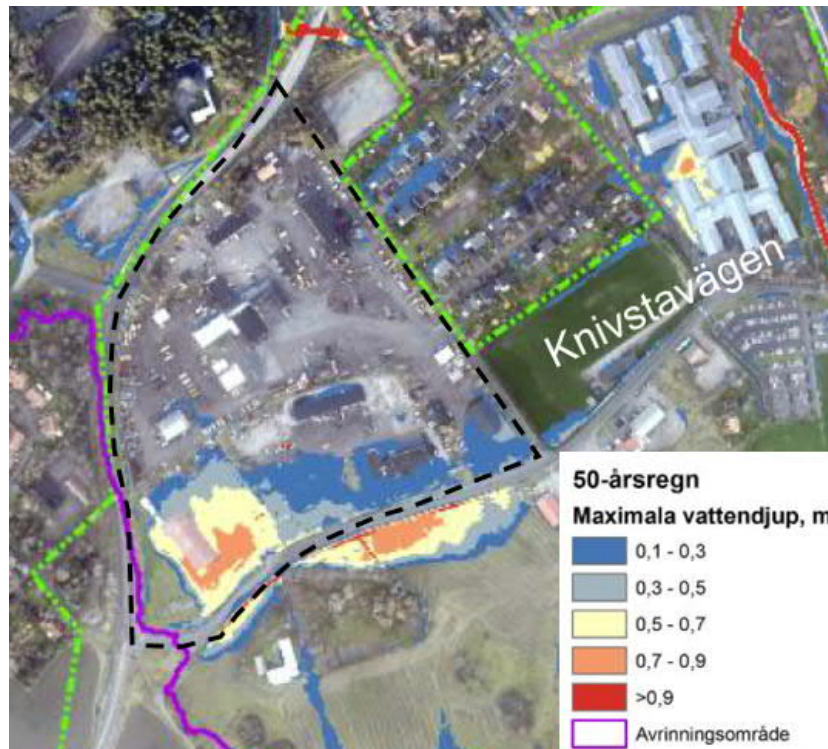
En översvämningsanalys görs för att få en uppfattning av hur planområdet påverkas av extrem nederbörd och vilka områden som löper risk att drabbas av stående vatten. Enligt Svenskt Vattens rekommendationer ska inga skador på nybyggda fastigheter ske vid ett 100-årsregn. Det är därför viktigt att undersöka översvämningssituationen vid ett extremt regn så som 100-årsregn. Vid ett 100-årsregn kommer dimensionerade dagvattenanläggningar gå fullt inom planområdet och avledning av dagvatten styrs av höjdsättningen via så kallade sekundära avrinningsvägar. En förprojektering av lokalgator inom Lötängen (utförd av AFRY) samt Gredebyleden och Knivstavägen (utförd av konsult åt Knivsta kommun) har gjorts och sekundära avrinningsvägar redovisas i figur 21. Denna förprojektering visar att sekundära avrinningsvägar i huvudsak är i nord-sydlig riktning och att vattnet leds till lågpunkt i korsningen Gredebyleden och Knivstavägen. Inga lokala lågpunkter finns på lokalgator inom Lötängen enligt förprojekteringen.



Figur 21. Sekundära avrinningsvägar utifrån förprojektering av lokalgator, Gredebyleden och Knivstaleden

7.1 Skyfallsmodellering

En skyfallsmodellering har utförts för ett 50-årsregn som innefattar planområdet. Enligt Nydal VA-utredning (Sweco, 2017) gjordes skyfallsmodelleringen i samband med en tidigare gjord utredning av Sweco för Centrala Ångby, 2017. Resultatet från modelleringen redovisas i Figur 21. Stora delar av södra planområdet vid Knivstavägen översvämmas redan vid ett 50-årsregn och som mest är vattendjupet 90 cm. Även ett omfattande område intill planområdet, söder om Knivstavägen översvämmas med vattendjup mellan 30 cm och 90 cm.



Figur 22. Skyfallsmodellering för 50-årsregn över planområdet. Ungefärlig planområdesgräns är markerad med svartstreckad linje. Bild från Nydal VA-utredning (Sweco, 2017).

7.2 Skyfallsanalys i SCALGO Live

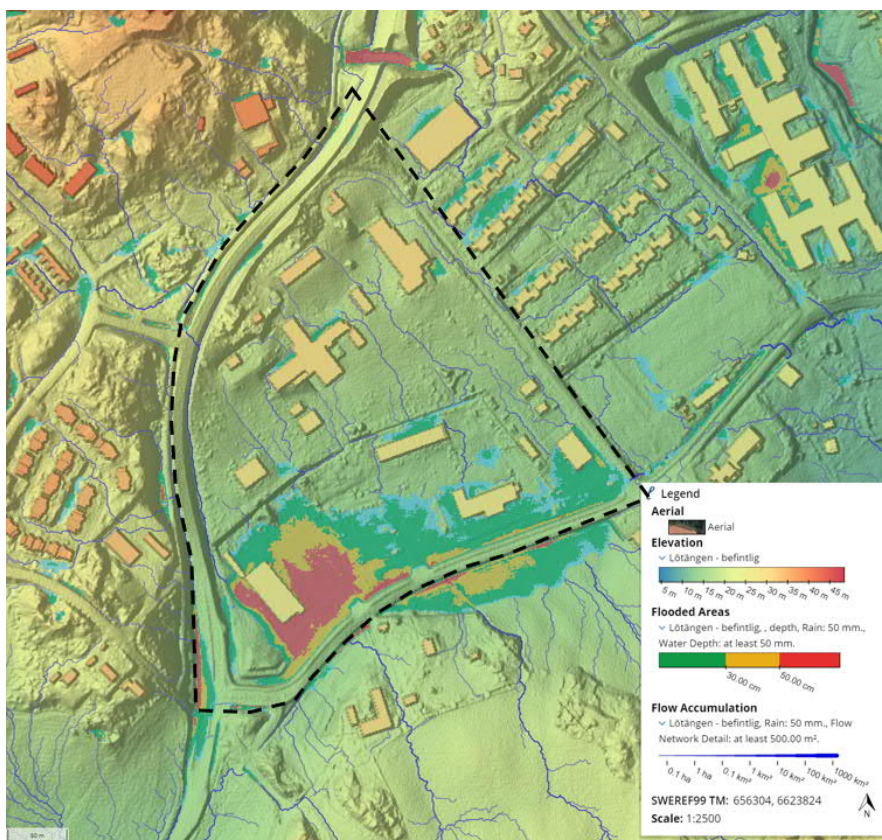
7.2.1 Modellbeskrivning

För att undersöka risker för översvämning och konsekvenser av skyfall har det GIS-baserade verktyget SCALGO Live använts. Detta för att kartera lågpunkter och avrinningsvägar samt för att skapa en översiktlig bild av konsekvenser vid kraftiga skyfall. SCALGO Live använder sig av lantmäteriets höjddata med en upplösning om 1x1 meter. Modellen tar inte hänsyn till något ledningsnät eller infiltration och därmed är avrinningskoefficienten vid analys 1, vilket innebär att det är värsta möjliga scenariot som analyseras. Modellen tar inte heller hänsyn till det dynamiska förloppet, dvs avrinningsvägar redovisas baserat på höjd men ingen hänsyn tas till råheten på ytmaterialet. Detta skapar en viss osäkerhet i de eventuella rinnvägar vattnet tar. Analysen ger dock en översiktlig bild över översvämningssituationen.

SMHI:s definition av skyfall är 50 mm/timme (SMHI, 2021) och därför har 50 mm regn studerats i analysen. Analysen har genomförts för befintlig situation samt planerad situation.

7.2.2 Befintlig situation

Skyfallsanalysen för befintlig situation bygger på befintlig topografi och byggnader. Översvämning sker främst inom planområdets södra del, längs med Knivstavägen och vid korsningen Knivstavägen/Gredelbyleden, se Figur 22. Analysen visar höga vattennivåer på över 50 cm på vissa ställen och som mest 70 cm.



Figur 23. Översvämmad yta med hänsyn till befintlig situation (djup > 5 cm) vid 50 mm regn. Ungefärlig planområdesgräns är markerad med svartstreckad linje.

Markytorna som bidrar till marköversvämning längs med Knivstavägen har undersökts i SCALGO Live, se Figur 23. Avrinningsområdet markerat med grönt i figuren är ca 47 ha stort. Det syns tydligt i figuren att vatten från området norr om planområdet samt söder om Knivstavägen bidrar till översvämning längs med Knivstavägen. Området söder om Knivstavägen består idag av natur/skogsmark med låg avrinningskoefficient.

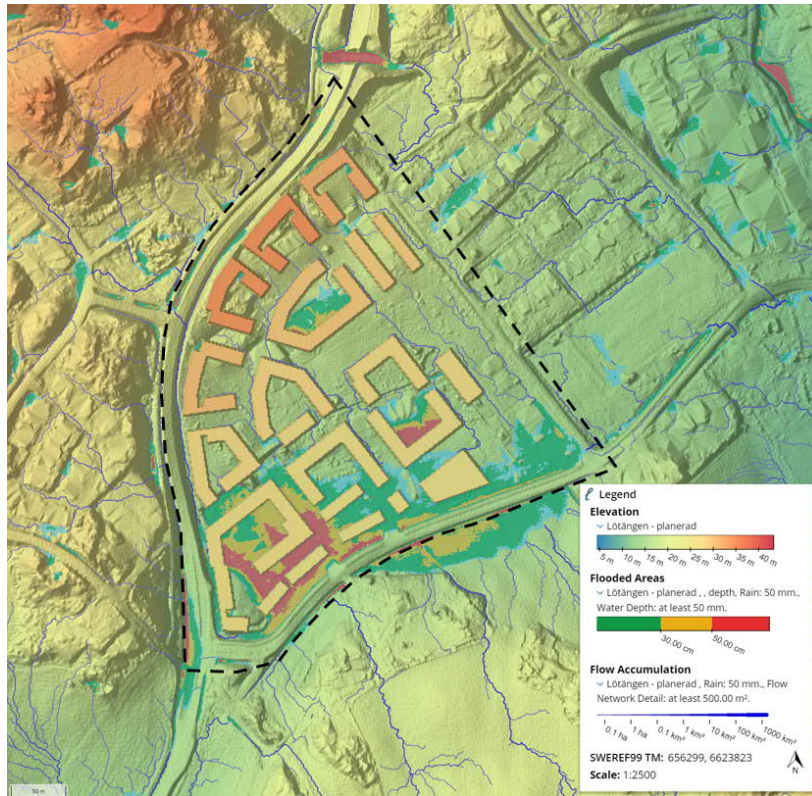


Figur 24. Avrinningsområde som bidrar till översvämning längs med Knivstavägen för befintlig situation. Ungefärlig planområdesgräns är markerad med svartstreckad linje.

7.2.3 Planerad situation

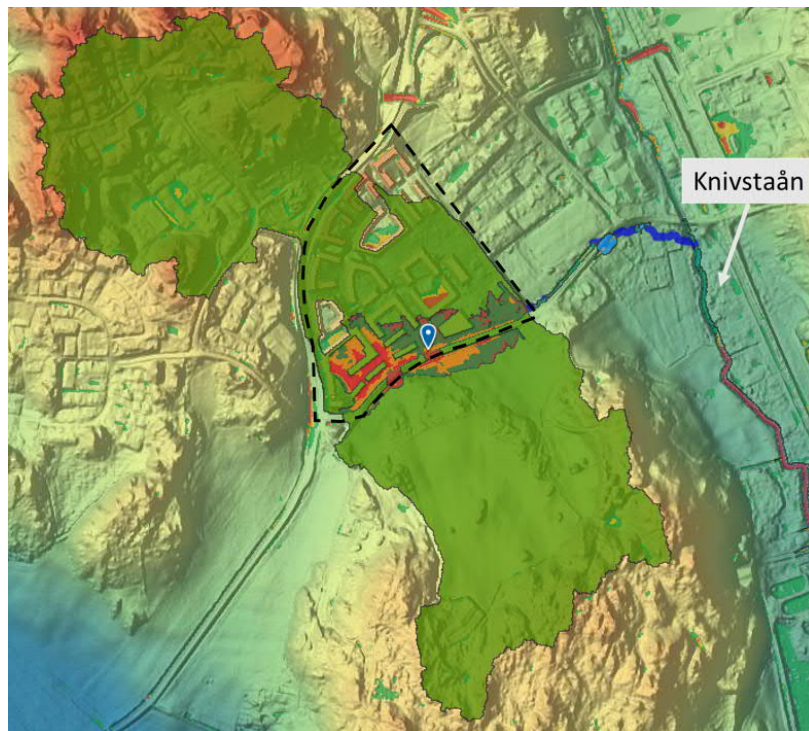
Skyfallsanalysen för planerad situation är uppbyggd genom att konturer för planerade byggnader lagts in och marknivån där planerade byggnaderna finns har höjts upp. Höjdsättningen mellan de planerade byggnaderna har inte ändrats utan består av den befintliga topografin, fast utan befintliga byggnader. Figur 24 visar resultatet av skyfallsanalysen för planerad situation. Resultatet visar på översvämning med höga vattennivåer (över 50 cm) i planområdets södra del.

Figur 24 visar även att vatten riskerar att bli instängt i vissa bostadsområden vid skyfall. I plankartan finns bestämmelser om öppning/portik i fasad för de kvarter som är kringbyggda. Inom dessa kvarter är det viktigt att höjdsätta så att vatten rinner bort från byggnaderna och mot närliggande vägar eller ytor på gården som tillåts översvämma vid skyfall.



Figur 25. Översvämmad yta med hänsyn till planerad situation (djup > 5 cm) vid 50 mm regn. Ungefärlig planområdesgräns är markerad med svartstreckad linje.

Markytorna som bidrar till marköversvämning längs med Knivstavägen har undersökts i SCALGO Live även för planerad situation, se Figur 25. Avrinningsområdet i figuren är ca 46 ha stort.



Figur 26. Avrinningsområde som bidrar till översvämning längs med Knivstavägen för planerad situation. Ungefärlig planområdesgräns är markerad med svartstreckad linje.

7.3 Jämförelse mellan resultat och diskussion

Både skyfallsmodelleringen av ett 50-årsregn och skyfallsanalysen i SCALGO Live för befintlig situation visar på översvämning i södra delen av planområdet med liknande utbredning på översvämningen. Vattennivåerna skiljer sig dock åt, vid 50-årsregnet är djupet upp mot 90 cm och vid SCALGO-analysen 70 cm. Anledningen till att resultatet skiljer sig mellan analyserna är för att olika modellverktyg har använts. I rapporten Nydal VA-utredning (Sweco, 2017) framgår det inte vilket verktyg eller vilka modelleringsparametrar som har använts för skyfallsmodelleringen av ett 50-årsregn. Förmodligen är modelleringen gjord i ett mer avancerat program än SCALGO Live då just ett 50-årsregn har analyserats.

Skyfallsanalyserna i SCALGO Live för befintlig och planerad situation visar båda på översvämning intill Knivstavägen. I södra delen av planområdet är det ingen skillnad på översvämmade ytor och djup mellan befintlig och planerad situation. Detta beror på att avrinningskoefficienten inte har ändrats samt att höjdsättningen mellan byggnaderna är densamma. Det som skiljer resultatet från befintlig situation mot planerad situation är att två planerade bostadsområden riskerar att bli ett instängt område med översvämmade ytor på gården och intill byggnaderna.

För att undvika översvämning som kan orsaka skador på byggnader är det viktigt att marken får en tillräcklig lutning från byggnaderna så att vatten inte blir stående. Inom de instängda områdena kan skyfall hanteras genom en kombination av rätt höjdsättning och översvämningssytor. Ett svackdike föreslås längs med Knivstavägen för att ta hand om skyfall och minska risken för översvämning i det södra området, se kapitel 7 för förslag på placering av diket.

Planerade vägar fungerar som sekundära avrinningsvägar och det är därför viktigt att planerade vägar höjdsätts för att möjliggöra detta. I planområdets södra del kommer översvämning ske i korsningen Knivstavägen/Gredelbyleden, som är en lågpunkt både för planområdet och området söder om Knivstavägen. Kvarteret närmast korsningen behöver höjdsättas utifrån projekterade höjder för Knivstavägen och Gredelbyleden för att inte riskera att vatten blir stående intill byggnaden. Detta kvarter planeras inte att bli underbyggt vilket är positivt i översvämningssynpunkt.

För att få en säkrare bild över översvämningssituationen längs med Knivstavägen bör en skyfallsmodellering som täcker hela avrinningsområdet göras där hänsyn tas till infiltration, råheten på ytmaterialet, det dynamiska förloppet etc. samt där planerade höjder anges för hela planområdet. En betydande del av avrinningen till lågpunkten vid Knivstavägen kommer från området söder om Knivstavägen som idag består av natur- och skogsmark. Skyfallsmodelleringen bör även inkludera all framtida exploatering på södra sidan av Knivstavägen. Översvämning vid ett 100-årsregn med klimatfaktor bör analyseras i modellen eftersom detta rekommenderas av Svenskt Vatten vid nybyggnation.

Eftersom höjdsättningen inom planområdet inte är satt går det inte att avgöra hur avrinningsvägarna till recipienten Knivstaån ändras med planerad bebyggelse. Avrinningsvägarna bör även bekräftas med en mer avancerad modell än SCALGO Live.

8 Förslag på planbestämmelser

För planområdet föreslås följande planbestämmelser:

- Mark/yta skall avsättas i de södra delarna av planområdet för uppsamlingsdike och/eller översvämningsyta för att motverka översvämningar i samband med de kraftigare regn ett förändrat klimat innebär.
- Sanering av förorenad mark skall utföras ifall dagvatten planeras att infiltreras lokalt.

Ifall det finns estetiska skäl för att lägga till gröna tak i planbestämmelserna är detta även en fördel för dagvattenhanteringen. Dock är inte dagvattenhanteringen i sig tillräcklig anledning att lägga till gröna tak i planbestämmelserna.

9 Slutsats och rekommendationer

De förändrade förutsättningarna på planområdet gör att dagvattenflödena kommer att öka. Ytterligare fördröjningsåtgärder och utökat ledningsnät krävs därför för att dagvattnet från planområdet ska kunna hanteras på ett hållbart sätt. Den planerade situationen innebär visserligen en minskning av föroreningsmängderna i dagvattnet men det finns fortfarande ett behov av att rena dagvattnet då föroreningshalterna fortfarande är höga. Skall MKN uppnås och kommunens riktlinjer följas fordras en ambitiös målsättning för reningen.

De presenterade lösningarna innefattar gröna tak, biotop, växtbäddar och svackdiken. Med dessa åtgärder uppnås både fördröjning och en hög reningsgrad. En stor vikt har även lagts vid lösningarnas bidrag till ekosystemtjänster. Det presenterade förslaget är ett underlag för vidare utformning, för mer detaljerad dimensionering och positionering av dagvattensystemen krävs mer ingående beräkningar.

För att hantera kraftiga skyfall är det viktigt att det finns sekundära avrinningsvägar och att översvämningsytor reserveras i detaljplanen. Det är även viktigt att marken ges en tillräcklig lutning från byggnader så att vatten inte riskerar att bli stående intill byggnaderna. Skyfallsanalysen i SCALGO Live visar att ett omfattande område med planerade byggnader längs med Knivstavägen riskerar att översvämmas. Även dagvatten från andra områden som idag består av naturmark bidrar till översvämningen längs med Knivstavägen. Ett svackdike har föreslagits längs med Knivstavägen för att minska utbredningen av översvämningen.

I korsningen Knivstavägen/Gredelbyleden kommer vatten att bli stående eftersom detta är en lågpunkt både för planområdet och området söder om Knivstavägen. Kvarteret i söder behöver höjdsättas med hänsyn till projekterade höjder för Knivstavägen och Gredelbyleden för att minska risken för översvämning intill byggnader.

En mer avancerad skyfallsmodell än SCALGO Live rekommenderas att göras för att få en bättre bild över både avrinningsvägar till Knivstaån och översvämningssituationen där hela avrinningsområdet inkluderas. I modellen bör ett 100-årsregn med klimatfaktor simuleras och hänsyn bör tas till planerad höjdsättning inom planområdet samt till all framtida bebyggelse utanför planområdet som kan påverka avrinningen. Höjdsättningen inom planområdet bör anpassas efter modellresultatet. Det går även att undersöka kompletterande skyfallsåtgärder, som till exempel översvämningsytor där nytillkommande bebyggelse planeras.

Andra rekommendationer som bidrar till att uppnå kommunens mål gällande dagvatten, ekosystemtjänster och miljö är:

- Ett skötselprogram bör utformas för dagvattenanläggningarna.
- Ansvarsfördelningen mellan VA-huvudman, kommun och fastighetsägare för skötsel och drift av dagvattenanläggningarna skall vara tydlig.
- Innan projektering bör ytterligare diskussioner föras med geotekniker gällande grundvattennivån och hur lösningen med växtbäddar och luftigt förstärkningslager kan passa in med detta.
- Lokal infiltration vid förorenad mark skall undvikas.
- Utformningen av biotopparken med bäck och liten damm bör utföras med stor varsamhet då för höga vattennivåer kan vara en risk för barnen i närheten.
- En hög grönytefaktor och mycket växtlighet är positivt för dagvattenhanteringen och bör prioriteras för att minska avrinningen.

10 Referenser

alltimark.se

CIRIA. The SuDs Manual, 2015

HaV, 2016. Miljökvalitetsnormer.

<https://www.havochvatten.se/hav/vagledninglagar/vagledningar/miljokvalitetsnormer/miljokvalitetsnormer.htm> (2018-02-05)

SMHI, 2021. Extrem nederbörd.

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/extrem-nederbord-1.23060> (2021-08-16)

Solna stad dagvattenstrategi

<http://www.stockholmvattenochoavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/nvb.pdf>
(2018-03-28)

Stockholm stad, Genomsläpplig beläggning

<http://miljobarometern.stockholm.se/vatten/atgarder-for-vattenrening/genomslapplig-belaggnig/> (2018-04-17)

Stockholm stad, Nedsänkt växtbädd

<http://miljobarometern.stockholm.se/vatten/atgarder-for-vattenrening/nedsankt-vaxtbadd/> (2018-03-28)

Stockholm stad, Skelettjord

<http://miljobarometern.stockholm.se/vatten/atgarder-for-vattenrening/skelettjord/>
(2018-05-04)

Svenska Naturtak AB <http://www.svenskanaturtak.se/sedum%20eco%205-25.htm>

(2018-05-04)

Vinnova. T. Lindfors, H. Bodin-Sköld, T. Larm Grågröna systemlösningar för hållbara städer - Inventering av dagvattenlösningar för urbana miljöer, 2014.