

SYNTESRAPPORT

13007794

**RISKBEDÖMNING OCH ÅTGÄRDSBEHOV FÖR DETALJPLANOMRÅDET GASVERKET ÖSTRA,
NORRA DJURGÅRDSSTADEN**



[SLUTVERSION]

2021-11-23

Sweco AB

Annika Åberg

Sammanfattning

Det här dokumentet utgörs av en syntesrapport som innehåller riskbedömningen för detaljplanområdet Gasverket Östra i Norra Djurgårdsstaden. Dokumentet bygger på en kartläggning av olika riskscenarier och baseras på dataunderlag som tagits fram inom Gasverket Östra under flera års tid. Riskbedömningens slutsatser ligger till grund för vilka åtgärder som behöver vidtas för att marken ska kunna nyttjas på det sätt som detaljplanen föreslår. Åtgärderna beskrivs i riskbedömningens handlingsplan, som också utgör en granskningshandling i Norra Djurgårdsstadens detaljplanprocess. Riskbedömningen identifierar olika riskscenarier kopplat till förekomst av mark- eller grundvattenförorening utifrån miljö- och hälsorisker som kan uppkomma om detaljplanen genomförs. Befintliga byggplaner har utgjort en del av utredningsunderlaget.

Inom planområdet förekommer det byggnader och lämningar från historisk verksamhet som bidragit till framförallt organiska föroreningar innehållandes BTEX, alifater/aromater och PAH, men i viss utsträckning även metaller. Lättflyktiga och medelflyktiga föroreningar som t.ex. BTEX och PAH L och PAH M har egenskaper som gör att föroreningarna har potential att förångas och de kan lösas i vatten. Ämnen med hög flyktighet kan medföra spridning in i framtida byggnader som uppförs på planlagd kvartersmark genom ångtransport, om halterna är mycket höga i omgivande mark och grundvatten. Utöver ånginträngning i byggnader kan föroreningar i mark och grundvatten bidra till humanexponering genom t.ex. direktintag av jord, inandning av damm och hudkontakt. Dessa exponeringsvägar har inte bedömts vara lika styrande för riskbilden för människor planområdet. Inom Gasverket Östra planläggs ett mindre parkområde. Enligt nuvarande planförslag är området utformat som ett torg med hårdgjorda ytor och inslag av trädplanteringar i täta tråg. Det finns i dagsläget inga planer på att anlägga planteringar direkt i naturlig jord. För att inte riskera missa eventuell negativ inverkan av föroreningar på markecosystemet har riskbedömningen beaktat markmiljöskyddet. Förhöjda föroreningsnivåer i grundvatten kan indikera ökad risk för spridning om t.ex. exploateringen öppnar upp nya spridningsvägar, vilket har beaktats i riskbedömningen. Inom planområdet förekommer det förorenat berggrundvatten bestående av en kombination av lättflyktiga ämnen såsom bensen och PAH L, och lätta-medeltunga aromater, alifater och PAH. En separat riskbedömning har utförts för berggrundvattnet då denna problematik är mer komplex än planområdets mark- och markgrundvattenförorening.

Kring hus 29, hus 30, hus 26/24/25 förekommer främst toluen i markens porluft. PAH förekommer i inomhusluft i befintliga byggnader. Konstruktionsmaterial, damm och installationer inuti byggnaderna samt ett kvarvarande tjärfack under hus 25 kan utgöra källor. Tjärfacket sanerades under 2003. Hälsoriskkvoter för den påvisade ångtransporten i både porluft och inomhusluft visar att föroreningsnivån är låg utifrån ett hälsoriskperspektiv. Längs Norra Gränd samt upp mot hus 30 förekommer PAH i förhöjda halter i både ytligt och djup jord. Läckage kring den gamla tjärledningen kan utgöra en egen föroreningskälla då ledningen har flera olika anslutningar kring hus 30. Marken

under och omkring hus 29, hus 30 och hus 26/24/25 kommer att schaktas ut i samband med planerade grundläggningsåtgärder. Grundläggningen ovanpå berg medför god åtkomst mot byggnader då rasrisken vid djup schaktning blir låg. Byggplanerna i området medför att markföroreningar kommer avlägsnas och dokumenteras i slutkontroller. Kring hus 29, hus 30 och hus 26/24/25 är riskbilden för människors hälsa låg med avseende på grundvattenförorening. Det förekommer dock förhöjda föroreningshalter i delar av grundvattnet. Framtida entreprenader kommer ha ett kontrollprogram för hantering av miljörisker i samband med schakt och länshållning av framträngande grundvatten.

Vid hus 19 och hus 21 förekommer bensen i markens porluft och PAH förekommer både i markens porluft och inomhus. Bygg- och konstruktionsmaterial antas vara en huvudsaklig föroreningskälla till flyktiga ämnen som påträffas inomhus. Kring hus 21 finns det en markbunden förorening innehållandes organiska föroreningar. I området är den gamla tjärledningen riven, marken har delvis sanerats. Hälsoriskkvoter för den påvisade ångtransporten i både porluft och inomhusluft visar att föroreningsnivån är låg utifrån ett hälsoriskperspektiv. Eftersom byggplanerna medför att hus 19 rivs till förmån för en ny byggnad som troligtvis byggs med källare, kommer markförberedande arbeten bidra till att avlägsna potentiella föroreningskällor under och omkring huset. Den framtida riskbilden kommer således bli ännu lägre än vad den är idag. Öster om hus 19 påträffades under november 2020 förhöjda halter av PAH L i ett grundvattenrör. Uppföljande provtagningar som utförts under våren och hösten 2021 har endast påvisat låga halter av PAH i det aktuella röret. Eftersom hälsoriskkvoterna för grundvattenföroreningar kring hus 19 och hus 21 visar att riskbilden är låg med avseende på ånginträngning i byggnader, bedöms föroreningen inte påverka möjligheten att uppföra byggnader på området. Grundvattenföroreningen kan komma att bidra till miljörisker i samband med schakt och länshållning av vatten, vilket kommer hanteras av kontrollprogram i framtida entreprenader.

Vid Spaltgasverket finns det en påvisad ångtransport av BTEX i marken. Halterna har dock varierat kraftigt och provtagningar under 2020 har inte påvisat höga halter. Möjlig orsak till den höga bensenhalten i porluften kan vara lokala spill eller läckage från spaltgasproduktionen. Marken kring spaltgasverket har generellt låg förekomst av flyktiga föroreningar jämfört med norra delen av planområdet. Hälsoriskkvoterna för porluft visar att riskbilden för människor är förhållandevis låg kring spaltgasverket. Undantaget är en punkt med hög BTEX-halt under 2018. De inplanerade schaktarbetena som föregår sprängning för grundläggning av garaget kommer att avlägsna alla markbundna eller markförlagda föroreningskällor. Punkten representerar därmed inte en risk som föreligger vid uppförande av en ny byggnad ovanpå det underjordiska garaget. I närheten av spaltgasverket finns även två bergborrhål som innehåller höga halter av bensen och andra petroleumföroreningar.

I delområdet som benämns som "park" i detaljplanen föreligger ingen risk för ånginträngning då byggnader inte kommer uppföras. Enligt nuvarande planförslag kommer området utformas som ett torg med mötesplatser för människor och tät planteringstråk för träd och planteringar. Utformningen av området medför hårdgjorda ytor med dåliga levnadsförhållanden för naturligt förekommande markekosystem. Befintliga provtagningsresultat visar dock på låg teoretisk risknivå för markekosystemet på grund av markföroreningar.

Inom planområdet förekommer petroleumrelaterade föroreningar och PAH i markgrundvattnet. Generellt tilltar föroreningsnivån i områdets östra del, kring spaltgasverket (18) samt hus 19. I områdets östra del finns även kraftigt förorenat berggrundvatten. Föroreningen i grundvattnet består främst av PAH och i lägre

utsträckning av BTEX, alifater och aromater. Strax söder om hus 24 och hus 25 har en PFAS-förorening påvisats. PFAS återfinns inte i samma utsträckning i planområdets östra del. PFAS detekteras dock i samtliga provtagna rör. Norr om hus 26 har även områdets högsta cyanidhalt detekterats. Klorerade alifater och fenoler har analyserats i vissa rör men har ej detekterats. Förhöjda tungmetallhalter förekommer men i lägre utsträckning än organiska föroreningar. Generellt medför schaktarbeten inom Gasverket Östra en ökad spridningsrisk för föroreningar när förorenat grundvatten övergår till länsvatten i schakterna. Samtliga entreprenader inom Gasverket Östra kommer behöva uppfylla miljökrav avseende hantering och utsläpp av länsvatten. De omfattande schakt- och anläggningsarbetena inom planområdet medför avlägsnande av historiskt förorenade installationer samt förorenad jord under och omkring byggnader och bedöms på sikt medföra en förbättrad miljöstatus för grundvattnet.

Modelleringar som utförts för området visar generellt på låg risk för översvämning vid 100-års regn. De omfattande schakt- och anläggningsarbetena inom planområdet medför att nyanlagda ytor kommer innehålla färre mark- och grundvattenföroreningar i både djupa och ytliga jordlager än vad som återfinns inom området idag. Nederbörd kommer i hög utsträckning ledas bort över hårdgjorda ytor som mynnar i dagvattenledningar. Genomförandet av byggplanerna bedöms därmed bidra till att minska framtida spridningsrisker.

Ett mindre delområde kring bergborrhålen KB11 och KB12 i planområdets sydöstra hörn har lokaliserats som potentiellt riskområde baserat på berggrundförorening. Utifrån flera konservativa bedömningar av teoretisk ångtransport in i det framtida garaget med ovanliggande kontors- och bostadsplan, har riskbilden för människors hälsa fastställts. I dagsläget kan det inte uteslutas att delar av grundläggningen kommer stå i direktkontakt med förorenat grundvatten, vilket gör att föroreningar kan diffundera in i betongen. Vid höga grundvattennivåer är det främst bensen som riskerar att tränga genom grundläggningens konstruktionsmaterial. Bensen hör till en av de mest flyktiga och vattenlösliga organiska föroreningarna, med låga riskbaserade tröskelnivåer för effekter på människors hälsa. Kombinationen av kemiska egenskaper hos bensen, materialegenskaper hos ny och åldrad betong, prognosticerade grundvattennivåändringar samt toxikologiska effekter från bensen gör att bensenhalterna behöver bevakas extra noga under den fortsatta bygg- och anläggningsprocessen. En haltminskning av flyktiga föroreningar i berggrundvatten jämfört med 2020 års nivåer är eftersträvänsvärt utifrån ett hälsoriskperspektiv.

Föroreningssituationen i berget är komplex och bedömningen av risker för människors hälsa påverkas av naturligt förekommande osäkerheter kring hur spricksystemet ser ut, hur föroreningshalterna kommer variera över tid och hur grundvattennivåerna påverkas av pågående grundvattensänkning kring bergrummet utanför planområdet. Norra Djurgårdsstadens åtgärder för ökad riskkontroll avseende bensenförorening inför anläggning av garaget redogörs för i riskbedömningens handlingsplan.

Utifrån nuvarande dataunderlag har riskbedömningen inte identifierat några delområden där dagens föroreningsnivåer i marken indikerar att det är olämpligt att uppföra handel, kontor och bostäder på området. Däremot påvisas en allmänt förekommande markförorening i planområdets norra del, där stora delar av föroreningen innehåller lätt- och medelflyktiga föroreningar. Markföroreningen medför att framtida schaktarbeten behöver kontrollera föroreningsnivåer i schaktbottnar och schaktväggar så att nya byggnader uppförs på mark med acceptabla kvarlämnade halter utifrån ett miljö- och hälsoperspektiv. Acceptansnivåerna för kvarlämnade halter i framtida schakter regleras genom mätbara åtgärds mål, vilket redogörs för i riskbedömningens handlingsplan. Vid all

friläggning av mark kommer föroreningsnivåerna att kontrolleras och dokumenteras enligt saneringsanmälningar som kommer att lämnas in till tillsynsmyndigheten i takt med att byggplanerna genomförs. Principerna för kontroll och dokumentation beskrivs i riskbedömningens handlingsplan. Riskbedömningen har inte identifierat några delområden där dagens föroreningsnivåer i markgrundvatten indikerar att det är olämpligt att uppföra handel, kontor och bostäder på området. Detaljplanområdet innehåller dock förorenat markgrundvatten, vilket medför att miljökrav kommer att ställas på samtliga entreprenader inom detaljplanområdet då förorenat länsvatten kommer behöva hanteras. Miljökrav på entreprenader beskrivs i riskbedömningens handlingsplan.

SYNTESRAPPORT
2021-11-23
[SLUTVERSION]

Innehållsförteckning

1	Introduktion	3
1.1	Läsanvisning	3
1.2	Bakgrund	3
1.3	Organisation	3
2	Förutsättningar i riskbedömningen	4
2.1	Planområdet	4
2.2	Historisk verksamhet	7
2.3	Klimatförändringar	7
3	Preliminär riskbild Gasverket Östra	8
3.1	Föroreningskällor inom planområdet	8
3.2	Föroreningskällor utanför planområdet	9
3.3	Styrande risker utifrån planperspektivet	10
3.4	Bidragande risker	11
3.5	Slutsatser och rekommendationer från SGI	11
4	Metodbeskrivning riskbedömning Gasverket Östra	13
4.1	Underlag	13
4.2	Hälsoriskscenarier ånginträngning i byggnader	13
4.3	Övriga hälsorisker	16
4.4	Risker för mark ekosystemet	16
4.5	Miljörisker genom spridning	16
4.6	Risker förorenat berggrundvatten	17
5	Hälsoriskscenarier ånginträngning i byggnader	19
5.1	Delområden med fastställd ångtransport	19
5.2	Riskbild hus 29, hus 30, hus 26/24/25	19
5.3	Riskbild hus 19 och hus 21	23
5.4	Riskbild 18 Spaltgasverket	26
6	Bidragande risker	28
6.1	Övriga hälsorisker	28
6.2	Risker mark ekosystemet parkområde/torg	29
6.3	Miljörisker via föroreningsspridning	30
6.3.1	Föroreningsnivåer	30
6.3.2	Framtida spridningsrisker vid klimatförändringar	32

1(48)

SYNTESRAPPORT
2021-11-23
[SLUTVERSION]

7	Riskbild berggrundförorening	33
7.1	Grundvattennivåer och påverkan från bergrum respektive Lilla Värtan	33
7.2	Föroreningsnivåer	33
7.3	Spridningsförutsättningar från berg till byggnader	35
7.4	Platsspecifik bedömning av spridningsförutsättningar Gasverket Östra	36
7.4.1	Metod	37
7.4.2	Riskscenario låg grundvattennivå	38
7.4.3	Riskscenario hög grundvattennivå	39
7.5	Risk för förekomst av fri fas	40
8	Bedömt saneringsbehov för riskreducering utifrån planperspektivet	40
8.1	Markbunden förorening	40
8.2	Förorening i markgrundvatten	41
8.3	Förorening i berggrundvatten	42
9	Referenser	43

Bilagor

- Bilaga 1. Tekniskt PM porluft, Gasverket Östra
- Bilaga 2. Tekniskt PM jord, Gasverket Östra
- Bilaga 3. Tekniskt PM grundvatten, Gasverket Östra
- Bilaga 4. Riskbedömning berggrundförorening
- Bilaga 5. Byggplaner från CA-fastigheter

1 Introduktion

1.1 Läsanvisning

Det här dokumentet utgörs av en syntesrapport som innehåller riskbedömningen för detaljplanområdet Gasverket Östra i Norra Djurgårdsstaden. Dokumentet bygger på kartläggning av olika riskscenarier och baseras på dataunderlag som redovisas i bilaga 1-5 Syntesrapporten utgör en granskningshandling som ingår i Norra Djurgårdsstadens detaljplanprocess.

Målsättningen med riskbedömningen har varit att beakta kunskapskravet kring markföroreningar utifrån Plan- och bygglagen såsom beskrivits i länsstyrelsernas vägledning (Länsstyrelserna, 2017). Planens lämplighet bedöms utifrån förekomst av risker som kan påverka människors hälsa negativt eller som kan bidra till oönskad miljöpåverkan utifrån planens innehåll.

Riskbedömningens slutsatser ligger till grund för vilka åtgärder som behöver vidtas för att marken ska kunna nyttjas på det sätt som detaljplanen föreslår. Åtgärderna beskrivs i riskbedömningens handlingsplan, som också utgör en granskningshandling i Norra Djurgårdsstadens detaljplanprocess (Exploateringskontoret, 2020).

1.2 Bakgrund

I oktober 2019 lämnade länsstyrelsen Stockholm ett samrådsyttrande rörande stadens förslag på detaljplan för Gasverket (daterad 2019-10-09, beteckning 402-27963-2019). Länsstyrelsen ansåg att staden inte visat att det är möjligt att etablera bostäder på området med tanke på kort- och långsiktiga risker med markföroreningar samt byggtekniska hinder som gör att vissa föroreningar inte är åtkomliga. Vidare framhölls det att byggtekniska åtgärder som minskar risken för föroreningsspridning in i byggnader, endast kan betraktas som en kompletterande skyddsåtgärd. Planen bedömdes som olämplig med hänsyn till människors hälsa. Man lyfte också risken med att miljö kvalitetsnormerna för vatten inte följs om planen genomförs.

I juni 2020 hölls ett avstämningsmöte med länsstyrelsen angående detaljplanen för Gasverket Östra. På mötet presenterade man det nya kunskapsläget kring mark- och grundvattenföroreningar. Man enades om att staden skulle ta fram en uppdaterad redovisning av föroreningssituationen inom planområdet samt en handlingsplan som redogör för vilka åtgärder som staden kommer vidta i syfte att minimera risker för människors hälsa och miljön om planen vinner laga kraft. Som underlag till handlingsplanen togs föreliggande riskbedömning fram då Golders ursprungliga riskbedömning från 2011 inte längre är aktuell på grund av utökat dataunderlag samt ändringar i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell.

1.3 Organisation

Följande organisationer och personer har bidragit till innehållet i syntesrapporten:

3(48)

SYNTESRAPPORT
2021-11-23
[SLUTVERSION]

Erika Schedin och Marika Jansson, Sweco AB: miljötekniska undersökningar, datasammanställning och kartor i bilaga 1-3

Annika Åberg, Sweco AB: expertstöd åt Norra Djurgårdsstaden, ansvarig för syntesrapporten med riskbedömning för detaljplanområdet

Ulrika Törnblad, Sweco AB: intern granskning Sweco

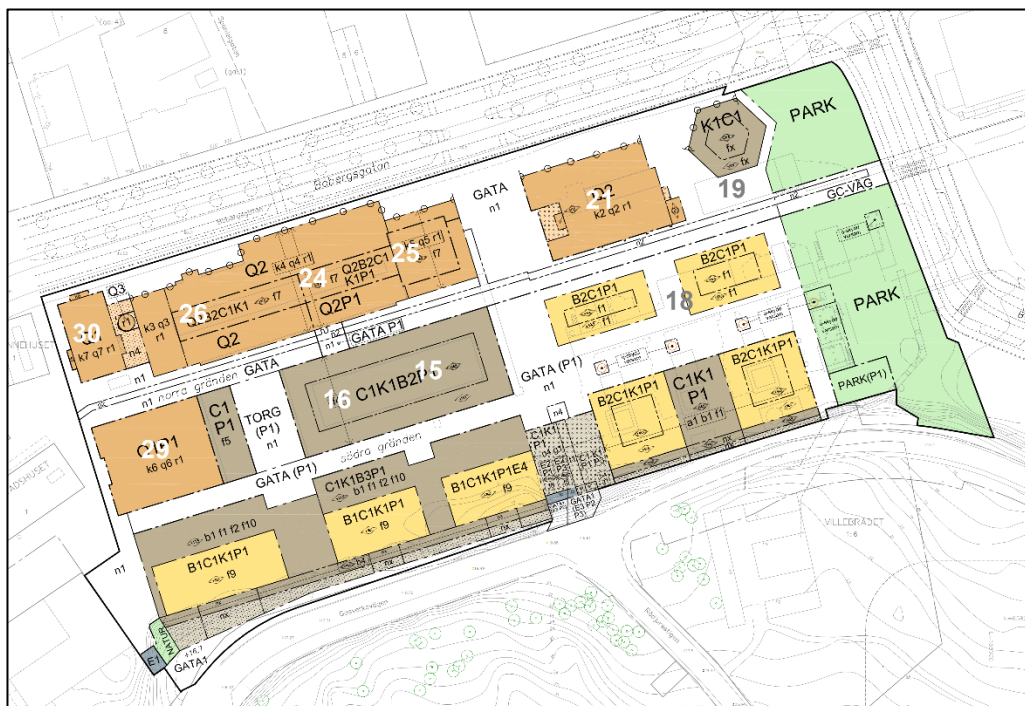
Håkan Svensson, Kemakta: expertstöd berggrundsförening, ansvarig för teknisk rapport med bedömning av risker på grund av berggrundsförening (bilaga 4)

Sofia Billersjö, Exploateringskontoret Stockholms stad: markmiljöspecialist och beställare av syntesrapporten med riskbedömning för detaljplanområdet

2 Förutsättningar i riskbedömningen

2.1 Planområdet

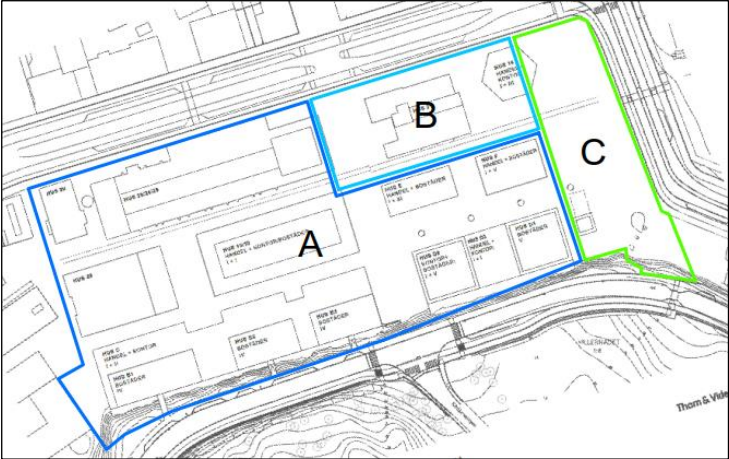
Detaljplanområdet för Gasverket Östra redovisas i Figur 1. Riskbedömningen fokuserar i huvudsak på risker för människa eller miljö som kan uppkomma inom planområdets gränser. Viss hänsyn har dock tagits till föroreningsinformation som ligger utanför planområdet.



Figur 1. Beteckningar på planområdets hus och byggnader som återanvänds inom riskbedömningen.

Riskbedömningen identifierar olika riskscenarier kopplat till förekomst av mark- eller grundvattenförorening utifrån miljö- och hälsorisker som kan uppkomma om detaljplanen genomförs. Tabell 1 redovisar grundantaganden inom planområdet som riskbedömningen utgår från.

Tabell 1. Grundantaganden som antas gälla inom planområdet och som riskbedömningen utgår från.

Markanvändning	<p>Planområdet innehåller kvartersmark för centrum- och kontorsändamål med bostäder i de övre våningsplanen. Hus i delområde A byggs med källare och hus i delområde B byggs delvis utan källare. Husen inom den södra delen av delområde A kommer att byggas ovanpå ett underjordiskt garage som planeras uppföras i två våningar. Längst österut anläggs ett torg som benämns som park i plankartan (delområde C).</p> <p>Indelningen i delområde A, B,C har styrt urvalet av storstadsspecifika riktvärden som använts för att ta fram riskkvotkartor för jordbunden förorening i bilaga 2.</p> 
Rivningsarbeten befintliga hus	<p>Planerna för hus 15/16 innebär i nuläget rivning och att en ny byggnad med liknande volym uppförs. Hus 29 demonteras och vissa delar återanvänds vid återuppbyggnad. Hus 19 rivs och ersätts med ett hus som troligen har källare. 18 Spaltgasverket rivs och delar återuppörs. Hus 21, hus 26/24/25 och hus 30 är grundlagda på berg och kommer sparas för ombyggnation.</p>
Rivning av tjärledning längs gatumark	<p>Kvarvarande tjärledning planeras att rivas i Norra gränd, från hus 30 till och med hus 24/25/26.</p>

Mark och grundläggningsarbeten	<p>Nybyggnation måste förhålla sig till kvarlämnade byggnader vilket gör att dagens marknivåer inte kommer ändras i någon högre utsträckning.</p> <p>Gamla ledningar utöver tjärledningen kommer eventuellt att rivas.</p> <p>Bottenplattan till hus 30 och hus 26 tas bort och ersätts med ny gas- och vattentät grundläggning (bilaga 5). Marken under bottenplattan kommer att provtas och hanteras enligt beskrivning i handlingsplanen (Exploateringskontoret, 2020).</p> <p>Hus 24 innehåller en källare som idag är utfylld med massor av okänt ursprung. Källaren kommer schaktas ut och en ny bottenplatta anläggs (bilaga 5). Marken under bottenplattan kommer att provtas och hanteras enligt beskrivning i handlingsplanen (Exploateringskontoret, 2020).</p> <p>Hus 25 är grundlagd med platta på mark och innehåller kulvertar från historisk verksamhet. Plattan och kulvertar kommer rivas (bilaga 5). Marken under plattan kommer schaktas ut från dagens marknivå +7,0 m till ca +3,0 m (bilaga 5). Schaktningen utgör en förutsättning för att kunna anlägga en ramp ned till garaget.</p> <p>Hus 21 är grundlagd på platta och har en mindre källare. Plattan hanteras i enlighet med hus 30 och hus 26 (bilaga 5).</p> <p>Byggnation av garage medför rivning av hus 29 och hus 15/16, bortschaktning av jord, sprängning av berg och installation av spont (bilaga 5). Garagets byggarea täcker en stor del av planområdet. Schaktarbeten längs Norra Gränd som en följd av garageanläggning diskuteras med CA-fastigheter.</p> <p>Hus 19 är grundlagd på platta och ersätts av en grundläggning som troligtvis innehåller källare (bilaga 5).</p> <p>Schakt för dränering av källare kring hus 30, hus 24-26 och hus 21 ingår i planeringen.</p>
Dagvattenhantering	<p>Norra Djurgårdsstaden kommer inte använda infiltration i marken som en del i dagvattenlösningen (Stockholms stad, 2020). Dagvatten kommer ledas ut i Lilla Värtan genom dagvattenledningar.</p>

6(48)

SYNTESRAPPORT
2021-11-23
[SLUTVERSION]

2.2 Historisk verksamhet

Tidigare gasproduktion i området har gett upphov till föroreningar och då i huvudsak från perioden (1893-1972) då stenkolk användes för gasproduktionen. Användningen av stenkolk upphörde 1972 då spaltgasverket, där gas producerades ur nafta, uppfördes. Vidare finns i Hjorthagsberget, söder om Gasverksområdet, två berggrum som tidigare använts för lagring av nafta till spaltgasverket. De byggnader som finns inom detaljplaneområdet idag har haft följande historiska användningsområde

- 15/16 - Marketenteri (1936)
- 18 - Spaltgasverk (1972)
- 19 – Laboratorium (1972)
- 21 – Ångkraftcentral (1948)
- 24/26/25 – Retorthus (1983), ångcentral (1915), generatorcentral (1918), oljegasverk (1950-tal), ångkraft (1972) och kylarcentral (1953)
- 29 – Kolhus (1983)
- 30 – Kondensatorhus (1983)

2.3 Klimatförändringar

En skyfallsutredning som tar hänsyn till 100-årsregn med en intensitetsökning av nederbörds mängden motsvarandes 25% (klimatfaktor 1,25) har utförts för hela Gasverksområdet. Den visar att översvämningsrisken inom Gasverket Östra är marginell vid 100-årsregn (Figur 2). Mindre ytor kan påverkas av översvämning med upp till 0,3 m (Sweco, 2021).

Den förhöjda nivå som noteras inom områdets sydvästra del (0,7-1 m) beror på att det här skapas ett lokalt avgränsat instängt område som inte avvattas till dagvattennätet i beräkningsmodellen. I verkligheten kommer vatten inte ansamlas här utan kommer istället rinna vidare med gravitation över mark eller i dagvattennätet. Resultatet från modelleringen i den specifika punkten är således inte representativ för det framtida scenariot (Sweco, 2021).



Figur 2. Del av kartbild som visar översvämningsdjup (m) inom Gasverket Östra vid 100-årsregn (Sweco, 2021). Byggnader med svarta linjer motsvarar projekterings underlag i skyfallsutredningen. Brungrå polygoner linjer visar ursprungliga byggnader.

3 Preliminär riskbild Gasverket Östra

3.1 Föroreningskällor inom planområdet

Inom planområdet finns det dokumentation på ett f.d. tjärfack som ligger under hus 24/25 (Figur 3). Tjärfacket sanerades 2003 genom schaktning och pumpning av tjära. Tjärblandat vatten omhändertogs också. Enligt planer från CA fastigheter kommer hus 24/25/26 förse med ny grundläggning och en ramp för nedfart till garaget anläggs under Hus 25 (se Tabell 1).

Delar av den tidigare tjärledning som öster om hus 25 har rivits och sanerats. Kvarstående sträcka mellan hus 30 och hus 25 (Figur 3) kommer saneras inför mark- och anläggningsarbeten inom planområdet (se Tabell 1).



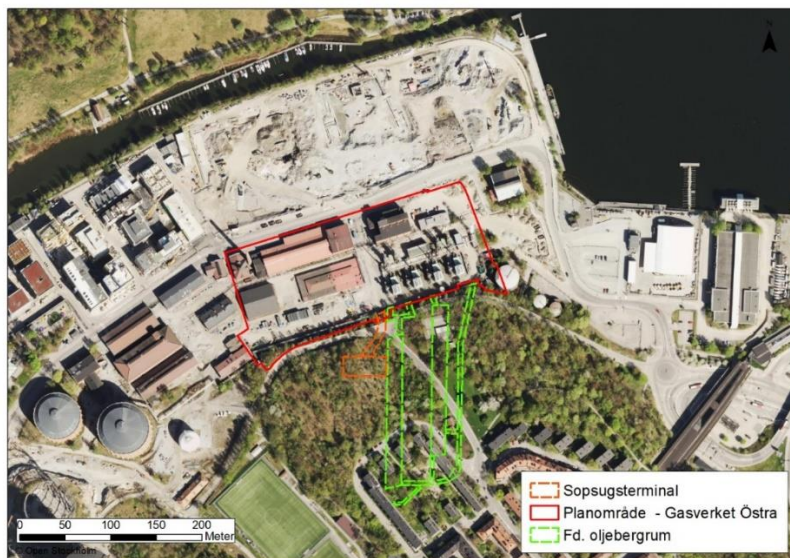
Figur 3. Lokalisering av tjärledning. Tjärledningen öster om hus 25 har rivits och marken kring ledningen är sanerad.

Kring hus 30 förväntas höga föroreningshalter eftersom gamla ledningskonstruktioner omringar en stor del av byggnaden. Huset kommer få en ny bottenplatta och marken under plattan kommer undersökas med avseende på föroreningar enligt riskbedömningens handlingsplan (se Tabell 1).

Även kring Spaltgasverket förväntas vissa föroreningar då verket nyttjades för gasproduktion genom petroleumprodukten nafta. Söder om spaltgasverket har det f.d. naftalagret i bergrummet utanför planområdet haft produktledningar och bäddvattenledningar som varit förlagda i marknivå (bilaga 4).

3.2 Föroreningskällor utanför planområdet

Direkt söder om planområdet ligger ett f.d. naftalager i ett numera avvecklat bergrum som Stockholm Parkering kommer utveckla till ett garage (Figur 4). Under 2014-2019 pågick sanering av bergrummet. Grundvattenhanteringen kring bergrummet påverkar grundvattennivåerna inom planområdet, vilket tas upp i riskbedömningen av berggrundföroreningen som har utretts av Kemakta (bilaga 4) och redogörs för i kapitel 7.



Figur 4. Lokalisering av det avvecklade bergrummet i förhållande till planområdet Gasverket Östra (bilaga 4). Bergrummet kommer utvecklas till ett garage.

Nedströms planområdet ligger Norra Djurgårdsstadens delprojekt Kolkajen-Ropsten som historiskt nyttjats för hantering av biprodukter från gastillverkning. Området utgör ett källområde för flyktiga föroreningar i mark- och grundvatten och har ett fastställt åtgärdsbehov. Åtgärdsförberedande undersökningar och riskvärdering av åtgärderna har genomförts och sanering pågår. Eftersom Kolkajen ligger nedströms planområdet för Gasverket Östra påverkas inte riskbedömningen av detta källområde. Däremot har dagvattenlösningarna för Gasverket Östra begränsats till slutna system, bl.a. med hänsyn till att Kolkajen ligger nedströms (Stockholms stad, 2020).

3.3 Styrande risker utifrån planperspektivet

Den historiska verksamheten på området innebär att det förekommer lättflyktiga och medelflyktiga föroreningar som t.ex. BTEX och PAH. Ämnens egenskaper gör att föroreningarna har potential att förångas och de kan lösas i vatten. Ämnen med hög flyktighet kan medföra spridning in i framtida byggnader som uppförs på planlagd kvartersmark genom ångtransport, om halterna är mycket höga i omgivande mark och grundvatten. Länsstyrelsen i Stockholm har yttrat sig om att den rådande föroreningssituationen på grund av historisk verksamhet gör marken olämplig för det ändamål som angetts i det tidiga samrådsförslaget för Gasverket Östra. Oacceptabla och oönskade risker för människor och miljön på grund av föroreningar kommer dock att åtgärdas längs med Norra Djurgårdsstadens plan- och byggprocess, vilket beskrivs i riskbedömningens handlingsplan för Gasverket Östra (Exploateringskontoret, 2020).

Utifrån ett utredningstekniskt perspektiv utgör förhöjda föroreningshalter i markens porgas ett tecken på att ångtransport genom marken kan föreligga. Påvisad ångtransport i sig utgör dock ingen indikation på potentiell risk för människors hälsa då riskbilden påverkas

10(48)

SYNTESRAPPORT
2021-11-23
[SLUTVERSION]

av flera samverkande faktorer, bl.a. föroreningens källterm, jordlagerföljd, avstånd mellan förorening och grundläggningsytor, markens vattenmättnadsgrad, klimatfaktorer, m.m.

Riskbedömningen för planområdet Gasverket Östra har kartlagt riskscenarier med avseende på ånginträngning i byggnader med stöd av data i mark- grundvatten- och porluftsmätningar inom planområdet (bilaga 1-4). Dessutom nyttjas slutsatser och rekommendationer från SGI:s utvärdering av riskbedömningsmetodik för PAH i ångform, se stycke 3.6.

3.4 Bidragande risker

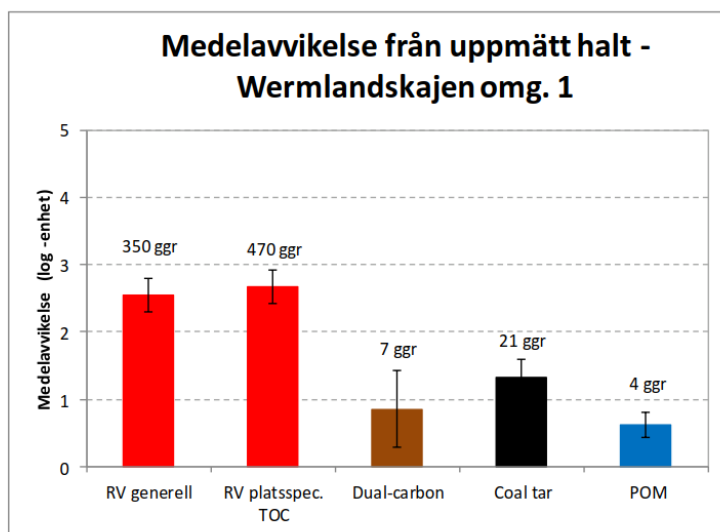
Utöver ånginträngning i byggnader kan föroreningar i mark och grundvatten bidra till humanexponering genom t.ex. direktintag av jord, inandning av damm och hudkontakt. Dessa exponeringsvägar har inte bedömts vara lika styrande för riskbilden för människor inom detaljplanområdet. De bidragande riskerna är dock kartlagda och beskrivna i riskbedömningen

Inom ett mindre delområde i planområdets östra del planeras ett torgområde med inslag av trädplanteringar i slutna tråg. Det finns i dagsläget inga planer på att anlägga planteringar direkt i naturlig jord. Trots detta har riskbedömningen beaktat att torgområdet kan medföra en högre känslighet för föroreningar utifrån Naturvårdsverkets princip om att markens skyddsvärde ska beaktas i riskbedömningar. I praktiken förväntas det inte att utformningen på området ställer krav på ett fungerande naturligt markecosystem.

Utöver humanrisker kan föroreningssituationen bidra till miljörisker genom spridning via grundvatten och länshållningsvatten. Dessa risker har beskrivits översiktligt i förhållande till den förväntade schaktomfattningen som bygger på uppgifter i Tabell 1.

3.5 Slutsatser och rekommendationer från SGI

SGI har gjort en omfattande utvärdering av provtagnings- och riskbedömningsmetodik för PAH i porgas vid förorenade områden (SGI, 2016). Utvärderingen visar på svag korrelation mellan uppmätta PAH-halter i mark respektive porgas, vilket stämde med uppgifter i vetenskaplig litteratur. Vid jämförelse mellan fyra olika riskbedömningsmodeller gav Naturvårdsverkets modell den sämsta överensstämmelsen mellan uppmätta och beräknade porgashalter (Figur 5). Orsaken bedömdes bero på lägre modellosäkerheter i Dual-carbon, Coal-Tar och POM-metoderna då dessa tar större hänsyn till markens innehåll av black carbon (kol från förbränning), åldringseffekter eller ämnenas tillgänglighet för övergång från totalhalt till en löst porvattenfas. Med hänsyn till risken för feluppskattning av riskerna avrådde SGI från användning av Naturvårdsverkets modell i platsspecifika riskbedömningar där PAH i porgas utgör en viktig frågeställning.



Figur 5. Ett exempel från utvärderingen av de fyra riskbedömningsmodellerna som SGI utvärderade. Staplarna visar medelavvikelsen från uppmätt halt för medelvärdet av fyra PAH.

SGI:s utvärdering visade också på svårigheterna med att samla in ett representativt dataunderlag för empirisk utvärdering av risken med ångtransport in i framtida byggnader. Som vägledning till förbättrade riskbedömningar rekommenderade SGI en stegvis arbetsgång för förbättrad hantering av ångtransporten av PAH vid utredning av förorenade områden.

Hanteringen av lättflyktiga och medelflyktiga föroreningar vid Gasverket Östra tar stöd av SGI:s slutsatser enligt följande:

1) Riskbedömningen för detaljplanen accepterar att Naturvårdsverkets beräkningsmodell riskerar att överskatta omfattningen på ångtransporten när den beräknas från uppmätta halter i jord. Förfarandet gör att riskbedömningen innehåller stora säkerhetsmarginaler i delar som rör ångtransport av PAH från mark till byggnader då resultatutvärderingen utgått från Storstadsspecifika riktvärden som bygger på Naturvårdsverkets modell, vilket beskrivs i stycke 4.2. Riskbedömningens mål är att identifiera delområden och exponeringsmedia där sammanslagen information från flera data- och informationsunderlag ger stöd för att det finns en tydlig riskbild.

2) Empiriska data som beskriver ångtransport genom marken ska tolkas försiktigt och med hänsyn till naturligt förekommande osäkerheter som är förknippade med sådana dataunderlag. Detta har beaktats i riskbedömningen för Gasverket Östra då inga platsspecifika anpassningar har gjorts av allmänt accepterade riktvärden och referenskoncentrationer som använts i konstruktionen av riskkvotkartor, vilket beskrivs i stycke 4.2.

3) Framtagande av mätbara åtgärds mål för kontroll av markbunden förorening som kan ge upphov till ångtransport av lätt- eller medelflyktiga föroreningar i schakter behöver beakta att metodvalet för åtgärds målen är avgörande för att erhålla en balans mellan riskreduktion och effektiv masshantering. Detta steg beskrivs i riskbedömningens handlingsplan (Exploateringskontoret, 2020)

4 Metodbeskrivning riskbedömning Gasverket Östra

4.1 Underlag

Syntesrapportens riskbedömning bygger på tolkning av data- och informationsunderlag som härrör från miljötekniska undersökningar, omgivningskontroller och byggplaner som varit tillgängliga fram till och med november 2020. Tabell 2 redogör kort för vilka dataunderlag och informationskällor som har använts i riskbedömningen. För detaljerad information hänvisas läsaren till angivna referenser.

Tabell 2. Summering av dataunderlag och information som använts i riskbedömningen för Gasverket Östra. För detaljerad information hänvisas läsaren till angivna referenser.

Underlag	Informationskälla	Användning i syntesrapporten
Miljötekniska undersökningar i mark, porgas och markgrundvatten inom planområdet	Fältdata som tagits fram av konsulter i olika utredningar under flera års tid.	Informationen är sammanställd i bilaga 1-3. Kartor från bilagorna återanvänds i syntesrapporten.
Riskbedömning av föroreningar i berggrundvatten.	Utredning utförd av Kemakta år 2020.	Redovisas i sin helhet i bilaga 4. Övergripande slutsatser och bedömning av åtgärdsbehov redovisas i syntesrapporten.
Rivnings- och byggplaner för hus inom planområdet samt anläggningsarbeten.	Information från CA fastigheter som delgetts staden genom löpande avstämningar.	Redovisas i bilaga 5. Tas upp som förutsättningar till riskbedömningen, vilket summeras i tabell 1.
Utförda och pågående saneringar i anslutning till planområdet	Samtliga utgör projekt som drivs eller har drivits av Norra Djurgårdsstaden	Aktuella områden inklusive större restföroreningar pekas ut i kartor i bilaga 1-3.

4.2 Hälsoriskscenarier ånginträngning i byggnader

Eftersom den preliminära riskbilden pekar ut ångtransport in i byggnader som den kritiska risken utifrån detaljplanens innehåll, har riskbedömningen inletts med att identifiera var

porgasmätningar visar på någon form av föroreningstransport i marken. Identifieringen har gjorts genom kartor med föroreningskvoter som visar var porgasmätningar utförts inom planområdet och var det finns halter över eller under analysens rapporteringsgräns. Förfarandet beaktar att en påvisad ångtransport är ett tecken på att det förekommer lättflyktiga eller medelflyktiga föroreningar som avgår från mark eller grundvatten. Metoden bakom föroreningskvoterna redovisas i bilaga 1. Delområden som visat tecken på att ångtransport föreligger i marken redovisas grafiskt i stycke 5.1.

Områden med konstaterad ångtransport har ingått i en fördjupad utredning med nedanstående metod:

Den sammanvägda risken för ånginträngning i byggnader på grund av förhöjd föroreningshalt i mark, markgrundvatten och porgas har utretts med stöd av flera olika kartor som visar hälsoriskkvoter inom Gasverket Östra. Hälsoriskkvoterna identifierar punkter med halter som överskrider ett hälsoriskbaserat referensvärde för mark, porgas respektive grundvatten enligt beräkningsmetoden i Figur 6.

$$\frac{\text{Uppmätt halt}}{\text{Riktvärde}} = \text{Riskkvot}$$

Riskkvot > 1:
Indikation på att hälsorisk genom
ånginträngning i byggnader kan föreligga

Figur 6. Ekvation för framtagning av hälsoriskkvoter för Gasverket Östra baserat på uppmätta halter i mark, grundvatten eller porgas. Riktvärdena som använts redovisas i bilaga 1-3.

Detaljer kring vilka hälsoriskbaserade riktvärden som använts i kartorna beskrivs i bilaga 1-3. Urvalet av riktvärdena motiveras enligt resonemang i Tabell 3.

Tabell 3. Motivering av urvalet av hälsoriskbaserade riktvärden som använts i riskbedömningen för Gasverket Östra

Dataunderlag	Hälsoriskbaserade riktvärden	Motivering
Utvärdering av porgas- eller inomhusluftmätning	Humantoxikologiska och riskbaserade referenskoncentrationer i luft som ingår i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell (Naturvårdsverket, 2016)	Uppmätta halter inom Gasverket Östra jämförs direkt mot referenskoncentrationer som gäller för luft som inhaleras. För porgasmätningar ger detta ett konservativt angreppssätt då utspädning mellan markens porgas och luftens som inhaleras inte tas hänsyn till. Den konservativa bedömningen bidrar till att minska risken för osäkra slutsatser eftersom dataunderlaget också är osäkert. För inomhusluften ger metoden en grov bedömning av om risk kan föreligga i nuvarande byggnader och vid den föroreningsituation som råder under och omkring byggnaderna i dagsläget.
Utvärdering av jordprovtagning	Storstadsspecifika riktvärden, delriktvärdet för inandning av ånga i byggnader (Stockholms stad, 2019)	De storstadsspecifika riktvärdena är förankrade inom Stockholms stad och ingår i Exploateringskontorets verktygslåda för arbete med förorenad mark. Riktvärdena är framtagna med Naturvårdsverkets modell som anses ge en konservativ bedömning av ångtransporten av PAH enligt stycke 3.6. Den konservativa bedömningen bidrar till att minska risken för osäkra slutsatser eftersom dataunderlaget kan innehålla osäkerheter
Utvärdering av markgrundvatten	Svenska petroleuminstitutets riktvärden för grundvatten som beaktar risken för ånginträngning i byggnader (SPI, 2011).	SPI's riktvärden utgör ett relevant verktyg i ett första riskbedömningssteg som också är av generell karaktär. Eventuella osäkerheter i bedömningen kompenseras för då samma exponeringsrisk även utvärderas baserat på halter i jord, porluft och inomhusluft inom Gasverket Östra. Sammantaget ger hälsoriskbedömningen en multipel utvärderingskedja där varje utvärderingssteg har både styrkor och svagheter.

Metoden för tolkning av hälsoriskkvotskartorna i riskbedömningen beskrivs i Tabell 4. Resultatet av tolkningen utifrån dataunderlaget för Gasverket Östra diskuteras i kapitel 5.

Tabell 4. Metod för tolkning av hälsoriskkvotskartorna för Gasverket Östra.

Hälsoriskkvoter under 1	Tolkas som att förhöjda halter kan förekomma men hälsorisker genom ånginträngning i byggnader föreligger ej med hänsyn till normalt förekommande goda säkerhetsmarginaler i riktvärdena.
Hälsoriskkvoter över 1	Tolkas som indikation på att hälsorisk genom ånginträngning i byggnader kan föreligga utifrån en första konservativ bedömning av dataunderlaget. Vid kvoter på 1 antas det dock finnas stora säkerhetsmarginaler i bedömningen och den uppmätta halten behöver inte medföra en faktisk risk.
Ju mer hälsoriskkvoten överstiger 1	Ju högre kvot, desto starkare är indikationen om att potentiell risk kan föreligga. En kvot på 100 är alltid en starkare indikator på potentiell risk än t.ex. kvoten 5 eftersom säkerhetsmarginalerna krymper ju högre de uppmätta halterna blir.
Ett delområde som har en hög anrikning av höga hälsoriskkvoter	Tolkas som ett potentiellt riskområde där det t.ex. kan finnas påverkan från ett källområde eller ett saneringsbehov. Enstaka punkter med höga riskkvoter som omgärdas av många punkter med låga kvoter behöver inte indikera faktisk risk.

4.3 Övriga hälsorisker

För att inte riskera att missa bidragande hälsorisker genom direktintag av jord, hudkontakt och inandning av damm, har riskkvotskartor tagits fram även för dessa exponeringsvägar. Dessa riskkvoter har utvärderats separat från ånginträngning i byggnader eftersom den preliminära riskbilden styrs av förekomsten av flyktiga föroreningar. Metoden för dessa riskkvoter beskrivs i bilaga 2. Resultaten diskuteras i stycke 6.1. Riskkvoterna är beräknade baserade på storstadsspecifika riktvärden (Stockholms stad, 2019). Kvoten fås fram genom att dividera uppmätt halt med det lägsta enskilda riktvärdet för direktintag av jord, hudkontakt eller inandning av damm.

4.4 Risker för markecosystemet

Inom planområdet för Gasverket Östra planläggs ett mindre parkområde. Enligt nuvarande planförslag är området utformat som ett torg med hårdgjorda ytor och inslag av trädplanteringar i täta tråg. Det finns i dagsläget inga planer på att anlägga planteringar direkt i naturlig jord. För att inte riskera missa eventuell negativ inverkan av föroreningar på markecosystemet har riskkvotskartor tagits fram med riktvärden som beaktar markmiljöskyddet. Metoden för dessa riskkvoter beskrivs i bilaga 2. Resultaten diskuteras i stycke 6.2.

4.5 Miljörisker genom spridning

Förhöjda föroreningsnivåer i grundvatten kan indikera ökad risk för spridning om t.ex. exploateringen öppnar upp nya spridningsvägar. Alla schaktarbeten kommer dock utföras med krav på kontroll av länsvatten samt utsläppsvillkor, vilket beskrivs i

16(48)

SYNTESRAPPORT
2021-11-23
[SLUTVERSION]

riskbedömningens handlingsplan (Exploateringskontoret, 2020). I östra delen av planområdet har installerade grundvattenrör ofta varit torra, vilket innebär att den begränsade förekomsten av grundvatten minskar risken för föroreningsspridning.

Grundvattenrör med förhöjda halter föroreningar har identifierats genom kartor som redovisas i bilaga 3.

Kartorna för organiska föroreningar visar föroreningskvoter där uppmätt halt dividerats med analysens rapporteringsgräns. Metoden utgår från att organiska föroreningar inte förekommer naturligt och de detekteras bara om det finns en lokal föroreningskälla. Ju högre kvoten är, desto högre är halten i förhållande till ett teoretiskt och optimalt miljötillstånd där föroreningen inte ens detekteras. Metoden är lämplig för att särskilja områden med kraftigare förorening från områden med mindre kraftig förorening. Kartresultatet diskuteras i stycke 6.3

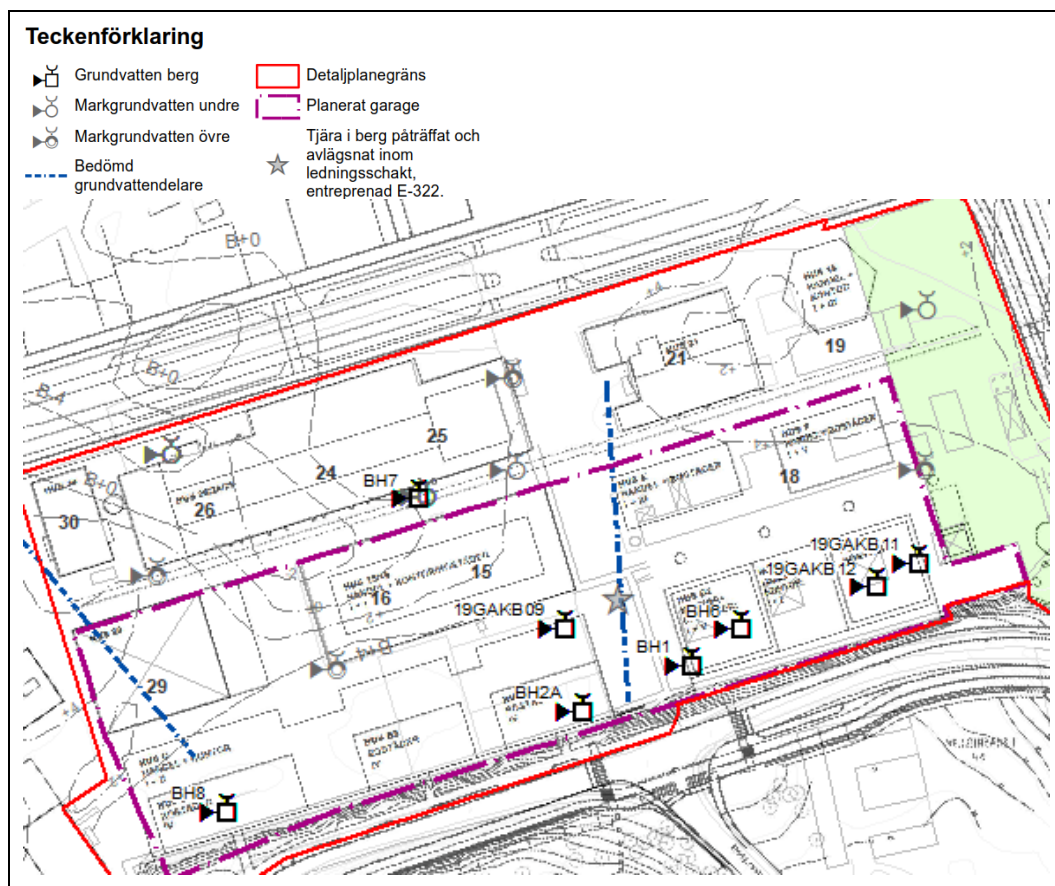
Kartorna för tungmetaller visar föroreningskvoter där halten dividerats med en antagen bakgrundshalt. Eftersom tungmetaller förekommer naturligt i grundvattnet bedömdes det inte som lämpligt att använda analysens rapporteringsgräns i beräkningen av kvoter.

4.6 Risker förorenat berggrundvatten

Risker med förorening i berggrundvatten har utretts separat av Kemakta och redovisas i sin helhet i bilaga 4. Kemaktas riskbedömning har bl.a. beaktat uppmätta föroreningshalter i kärnborrhål och hammarborrhål (Tabell 5) samt Figur 7.

Tabell 5. Information om bergborrhål i området från bilaga 4.

Borrhål	Typ	Lutning (grad)	Längd (m)	GV-nivå (RH2000)
BH1	hammarborrhål	90	52	+1
BH2a	hammarborrhål	90	36	-10
BH6	hammarborrhål	90		-1
BH7	hammarborrhål	90	51	+1
BH8	hammarborrhål	90	63	+5
19GAKB09	kärnborrhål	28	39	+1
19GAKB10	kärnborrhål	30	42	+1
19GAKB11	kärnborrhål	30	40	-1
19GAKB12	kärnborrhål	90	20	-1



Figur 7. Lokalisering av punkter där berggrundvatten har provtagits inom Gasverket Östra.

Kemaktas utredning har undersökt hur riskerna påverkas av:

- om det finns halter nära föroreningarnas löslighetsgräns (vilket indikerar förekomst av fri fas)
- förekomst av sprickzoner inom planområdet
- grundvattengradienter i nutid samt med hänsyn till framtida nivåförändringar
- inverkan från materialegenskaper i betong på diffusionsstyrd spridning av föroreningar när betongen står i kontakt med förorenat grundvatten

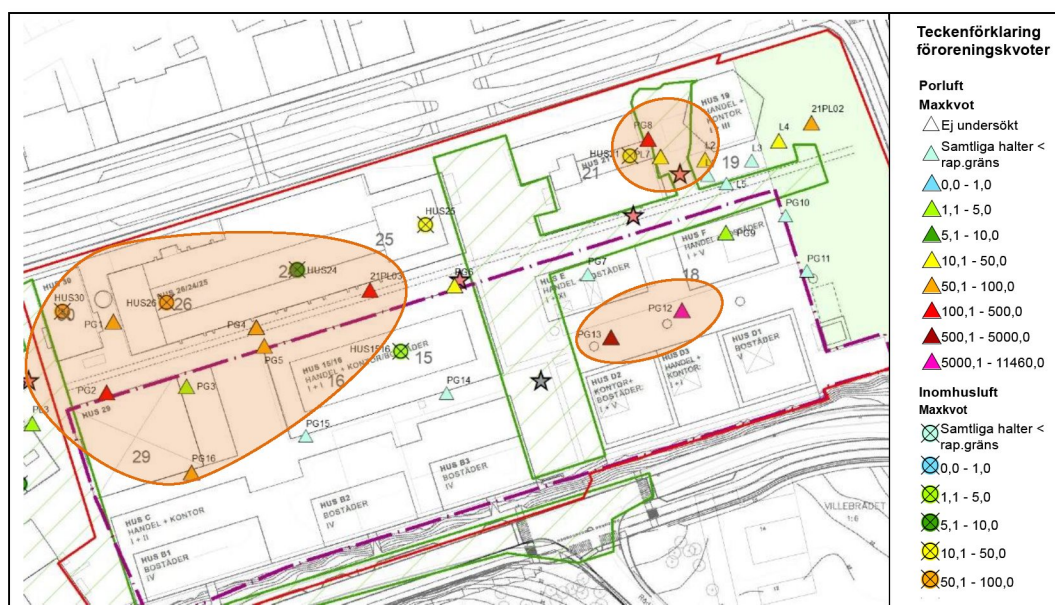
Som underlag för teoretiska bedömningar av hur omfattande ångtransporten kan bli om föroreningar avges från berget till det framtida garaget har beräkningar utförts för olika exponeringsscenarier. Beräkningarna tar hänsyn till att riskerna behöver bedömas konservativt.

Övergripande slutsatser från Kemaktas rapport återges i kapitel 7.

5 Hälsoriskscenarier ånginträngning i byggnader

5.1 Delområden med fastställd ångtransport

Baserat på dagens föroreningsituation i markens porgas finns det tre delområden inom Gasverket Östra som indikerar att det förekommer ångtransport av flyktiga föroreningar genom marken (Figur 8). Orsaken till ångtransporten kan utgöras av förhöjda halter i mark och/eller grundvatten eller påverkan från föroreningar som finns kvar i historiskt nyttjade undermarkskonstruktioner som härrör från avslutad industriverksamhet. En bedömning av riskbilden avseende människors hälsa i förhållande till detaljplanens förutsättningar ges i styckena 5.2 till 5.4. Den kompletta kartinformationen samt metoden för förorenings- och hälsoriskkvoterna som styckena bygger på redovisas i bilaga 1-3.



Figur 8. Karta med föroreningskvoter för halter av organiska föroreningar i porgas samt inomhusluft baserat på analysens rapporteringsgräns. Kartan gör ingen åtskillnad mellan olika föroreningar. Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 1. Riskbilderna för inringade delområden beskrivs i efterföljande stycken.

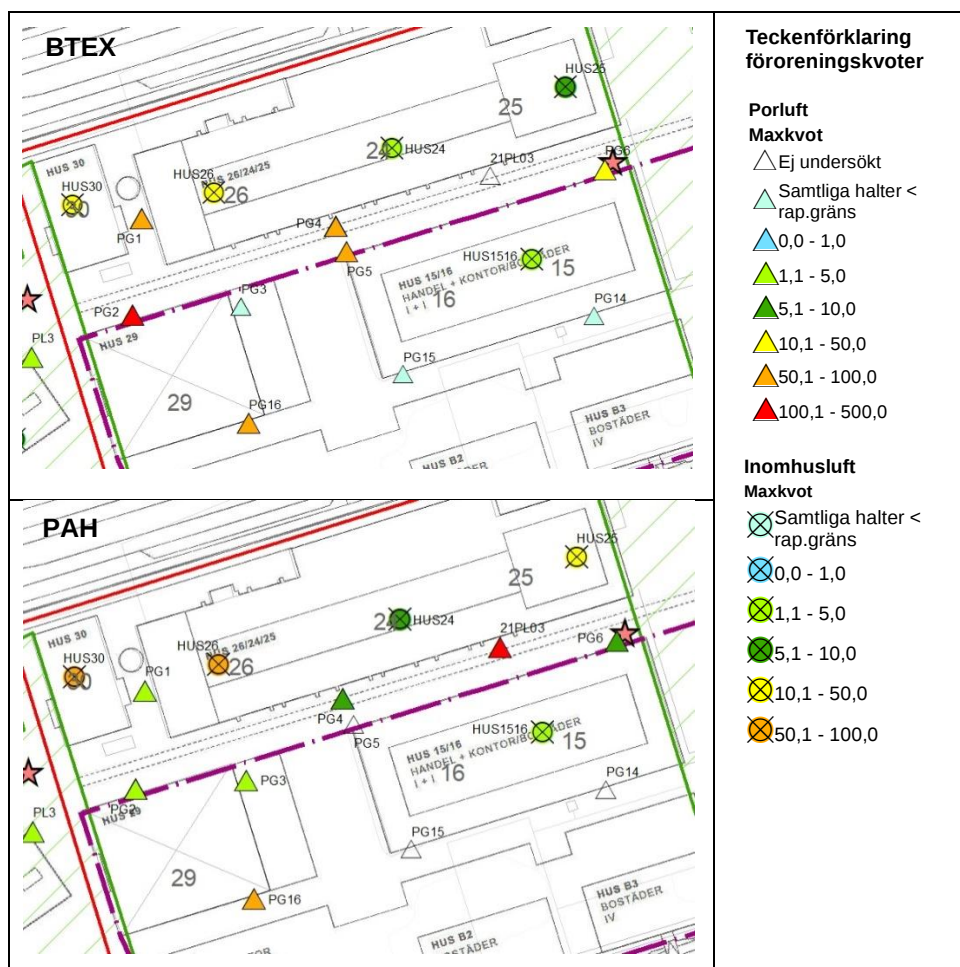
5.2 Riskbild hus 29, hus 30, hus 26/24/25

I planområdets västra del finns det tecken på ångtransport av flyktiga föroreningar som återfinns både i markens porluft och inomhus, se Figur 9. Resultatet visar på två olika mönster:

- toluen förekommer med högre föroreningskvoter i porluft (föroreningskvot 50-500) jämfört med inomhusluft (föroreningskvot 1-30),
- PAH och bensen uppvisar omvänt mönster med högre föroreningskvoter inomhus än i porluft.

Syd om hus 30 löper en gammal tjärledning. Läckage kring den gamla tjärledningen kan utgöra en egen källa då ledningen har flera olika anslutningar kring hus 30, se Figur 3.

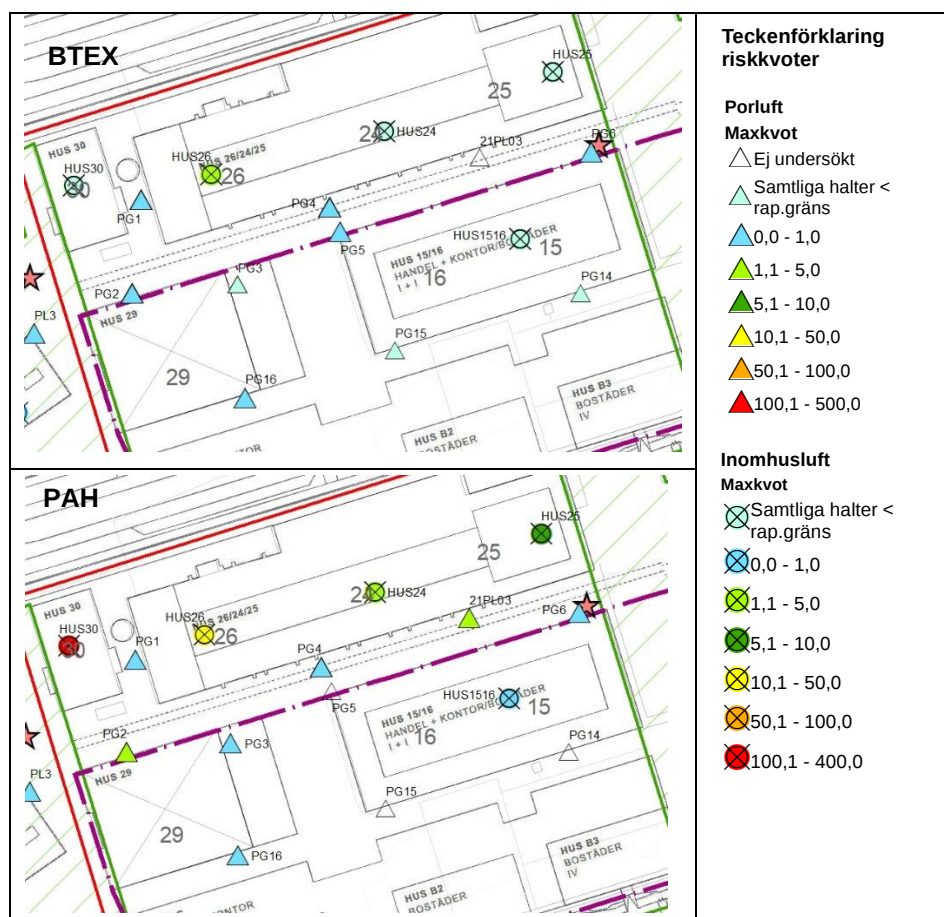
För PAH och bensen i inomhusluft är det sannolikt att föroreningen kommer från konstruktionsmaterial, damm och installationer som finns inuti byggnaden. Kvarvarande tjärfack under hus 25 skulle också kunna utgöra en källa. Det kan även finnas provtagningsosäkerheter som gör att toluen detekteras i porluften i högre utsträckning än PAH.



Figur 9. Utklipp från karta med föroreningskvoter som visar var det förekommer ångtransport i porluft (trianglar) eller i inomhusluft (cirkel med kryss). Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 1.

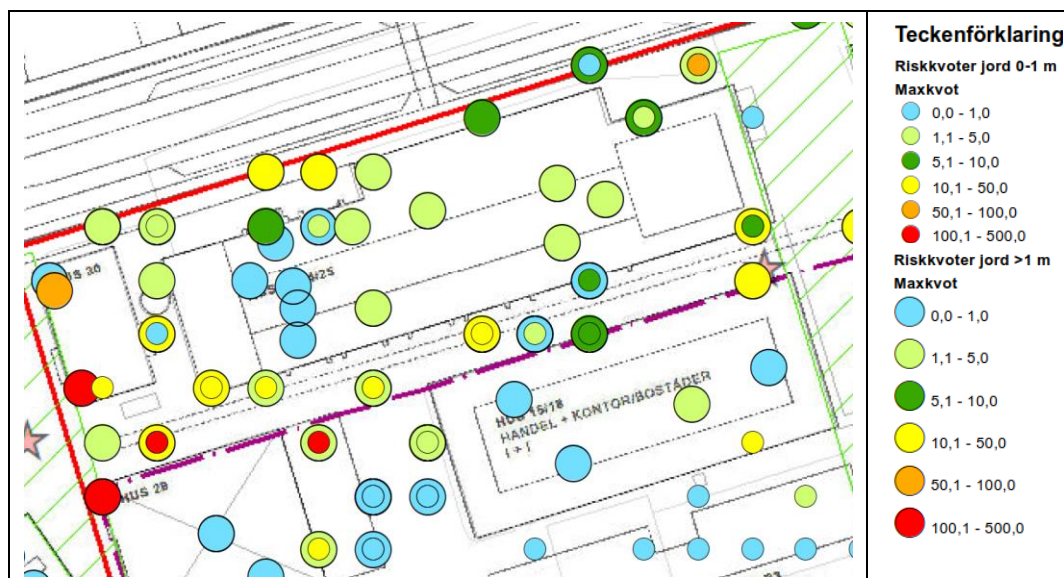
Hälsoriskkvoter för den påvisade ångtransporten i både porluft och inomhusluft visar att föroreningsnivån är låg utifrån ett hälsoriskperspektiv (Figur 10). Hälsoriskkvoterna är generellt lägre i markens porluft än i inomhusluften, vilket ger stöd för att ångtransporten i byggnaden inte är direkt kopplad till ångtransport genom markprofilen. Det bedöms mer troligt att inomhusluften påverkas av förorenat byggmaterial eller spridning genom

byggkonstruktionerna. Eftersom byggplanerna i området medför att marken under grundläggningen kommer schaktas och provtas, kommer exploateringen medföra bättre kontroll över föroreningarna och rivning/ombyggnation kommer bidra till att föroreningar avlägsnas och dokumenteras i slutkontroller. Denna del i genomförandet beskrivs i riskbedömningens handlingsplan (Exploateringskontoret, 2020).



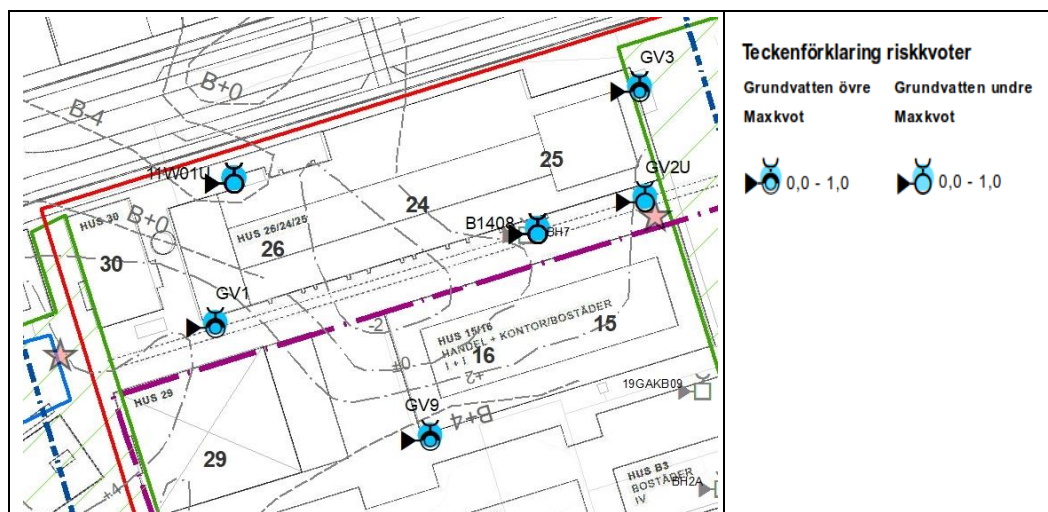
Figur 10. Utklipp från karta med hälsoriskkvoter ånginträngning i byggnader för porluft (trianglar) och i inomhusluft (cirkel med kryss). Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 1.

Figur 11 visar hälsoriskkvotskarta för markbunden förorening oavsett föroreningstyp när exponeringsvägen ånginträngning i byggnader beaktas. Längs Norra Gränd samt upp mot hus 30 förekommer höga hälsoriskkvoter (100-500) i både djup och ytlig jord. Främst är det PAH som förekommer i de höga riskkvoterna. Läckage kring den gamla tjärledningen kan utgöra en egen källa då ledningen har flera olika anslutningar kring hus 30, se Figur 3. Marken under och omkring hus 29, hus 30 och hus 26/24/25 kommer att schaktas ut i samband med planerade grundläggningsåtgärder, se uppgifter i Tabell 1. Grundläggningen ovanpå berg medför god åtkomst mot byggnader då rasrisken vid djup schaktning blir låg.



Figur 11. Utklipp från karta med hälsoriskkvoter, ånginträngning i byggnader, för jord 0-1 m (liten cirkel) samt under 1 m (stor cirkel). Kartan gör ingen åtskillnad på föroreningstyp. Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 2.

Hälsoriskkvoterna för grundvattenförorening visar att riskbilden är låg med avseende på ånginträngning i byggnader (Figur 12). Det förekommer dock förhöjda föroreningshalter i delar av grundvattnet. Miljörisker i samband med schakt och länshållning av framträngande grundvatten redovisas i stycke 6.3.



Figur 12. Utklipp från karta med hälsoriskkvoter ånginträngning i byggnader för grundvatten. Kartan gör ingen åtskillnad på föroreningstyp. Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 3. Utsnittet visar data för mätningar 2018-2020.

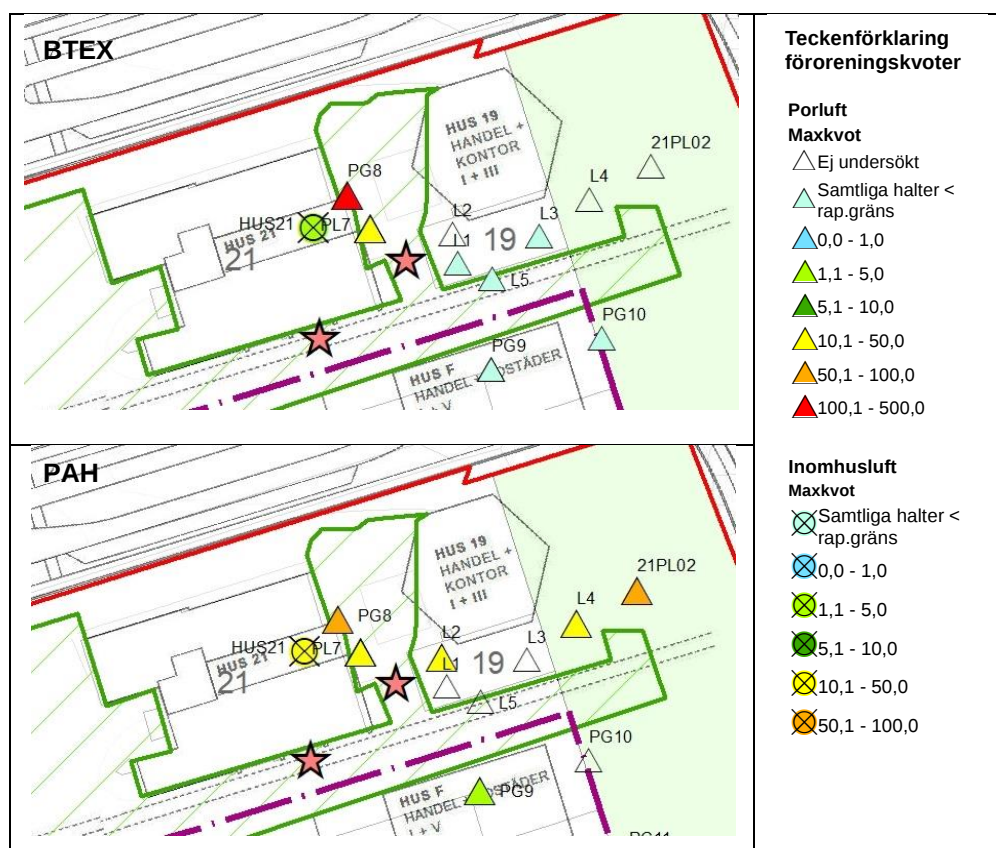
5.3 Riskbild hus 19 och hus 21

Vid hus 19 och hus 21 finns det några porluftsmätningar i jord som visar tecken på ångtransport av bensen eller PAH (Figur 13). Punkterna ligger i ett område där tjärledning är riven. Mark kring själva ledningen har kontrollerats i samband med ledningsschakter och tillsynsmyndigheten har godkänt den anmälda restföroreningen i schaktbotten.

Både porluftmätningar och inomhusmätningar visar liknande mönster som påträffas kring hus 29, hus 30 och hus 26/24/25:

- BTEX, främst xylen, förekommer i markens porluft men inte inomhus,
- PAH förekommer både i markens porluft och inomhus.

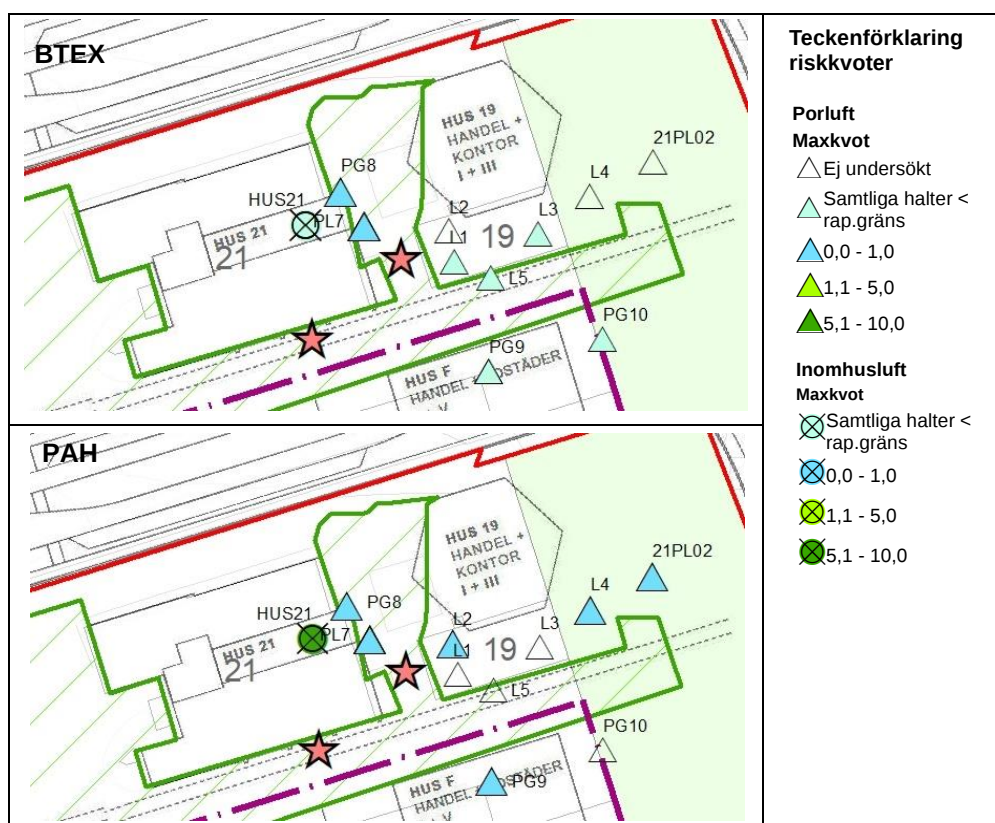
Bygg- och konstruktionsmaterial antas vara en huvudsaklig föroreningskälla till flyktiga ämnen som påträffas inomhus.



Figur 13. Utklipp från karta med föroreningskvoter som visar var det förekommer ångtransport i porluft (trianglar) eller i inomhusluft (cirkel med kryss). Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 1.

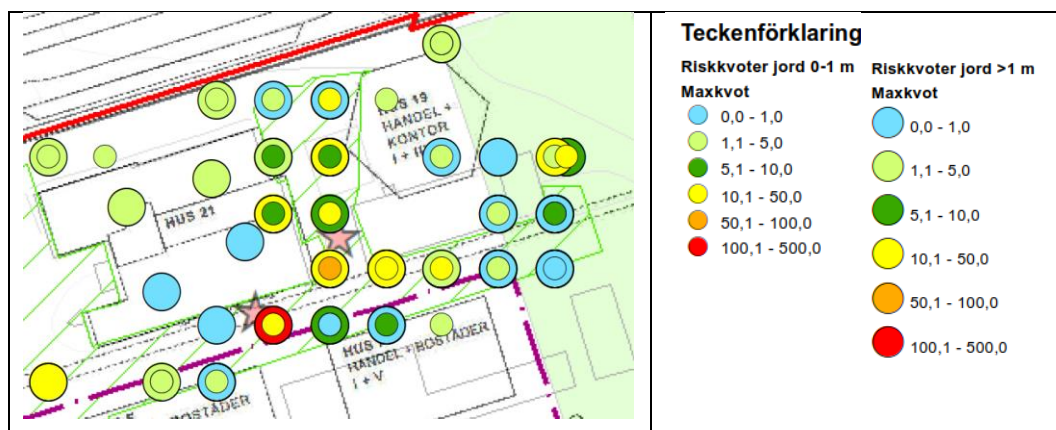
Hälsoriskkvoter för den påvisade ångtransporten i både porluft och inomhusluft visar att föroreningsnivån är låg utifrån ett hälsoriskperspektiv (Figur 14).

Eftersom byggplanerna medför att hus 19 rivs till förmån för en ny byggnad som troligtvis byggs med källare, kommer markförberedande arbeten bidra till att avlägsna potentiella föroreningskällor under och omkring huset. Den framtida riskbilden kommer således bli ännu lägre än vad den är idag.



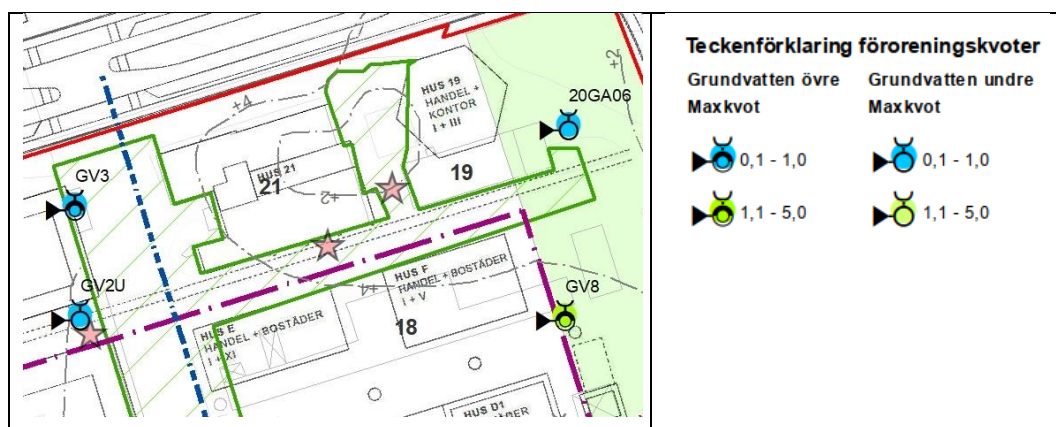
Figur 14. Utklipp från karta med hälsoriskkvoter ånginträngning i byggnader för porluft (trianglar) och i inomhusluft (cirkel med kryss). Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 1.

Kring hus 21 finns det markbunden förorening innehållandes flyktiga föroreningar (Figur 15). Hälsoriskkvoterna för ånginträngning i byggnader är dock förhållandevis låga och ligger kring 1-50. Enligt Figur 14 finns det inte heller indikation på att ångtransport av föroreningar från markbunden förorening bidrar till förhöjd riskbild avseende ånginträngning i byggnader.



Figur 15. Utklipp från karta med hälsoriskkvoter ånginträngning i byggnader för jord 0-1 m (liten cirkel) samt under 1 m (stor cirkel). Kartan gör ingen åtskillnad på föroreningstyp. Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 2.

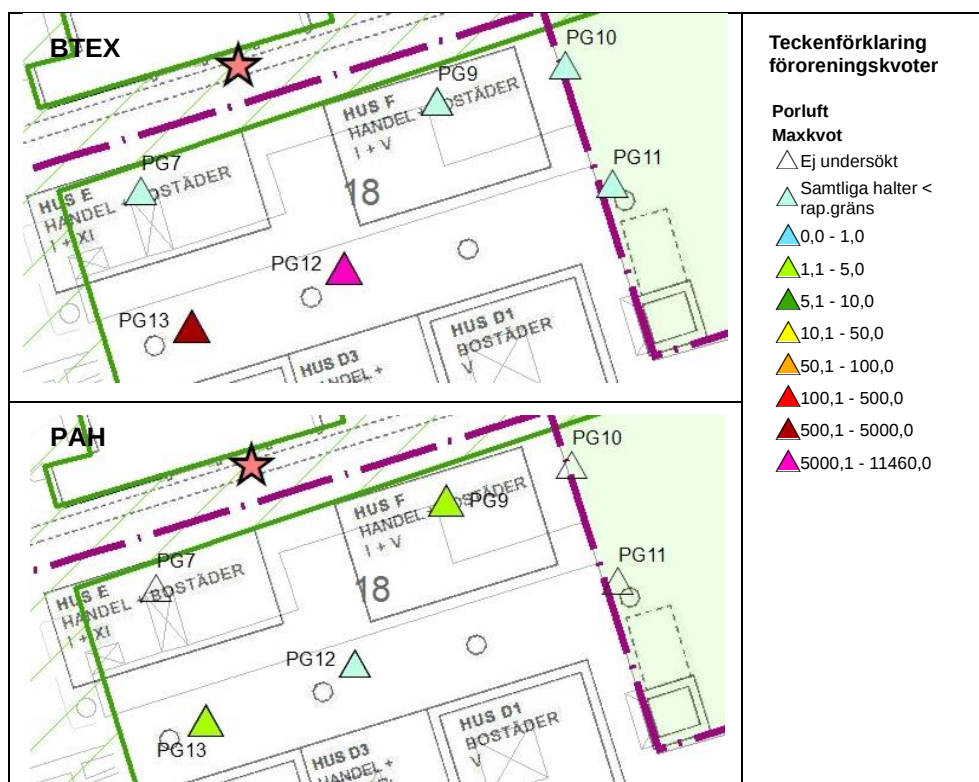
Öster om hus 19 påträffades under november 2020 förhöjda halter av PAH L i markgrundvattnet (grundvattenrör 20GA06). Vid uppföljande provtagning utförd under våren och hösten 2021 påvisades endast låga halter av PAH L. Eftersom hälsoriskkvoterna för grundvattenförorening kring hus 19 och hus 21 visar att riskbilden är låg med avseende på ånginträngning i byggnader (Figur 16), bedöms föroreningen inte påverka möjligheten att uppföra byggnader på området. Grundvattenföroreningen kan komma att bidra till miljörisker i samband med schakt och länshållning av vatten, vilket beaktas i stycke 6.3.



Figur 16. Utklipp från karta med hälsoriskkvoter ånginträngning i byggnader för grundvatten. Kartan särskiljer inte på olika föroreningstyper. Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 3.

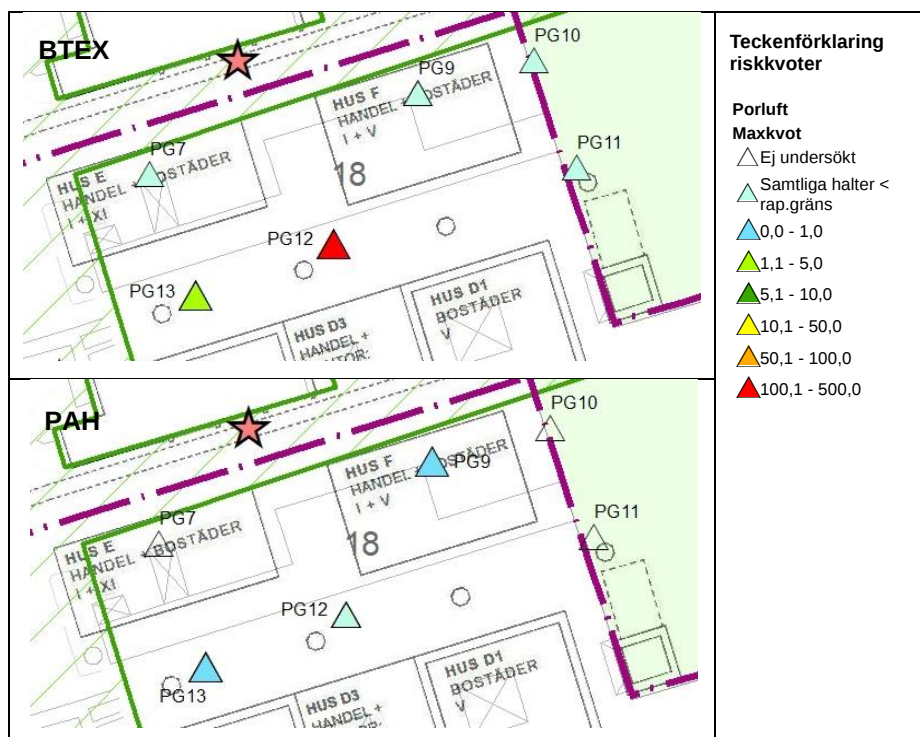
5.4 Riskbild 18 Spaltgasverket

Spaltgasverket ligger i området där CA fastigheter kommer anlägga ett underjordiskt garage. Anläggningsarbetet medför att spaltgasverket rivs, marken kommer schaktas ned till berg och delar av berget sprängs bort. I nuläget finns det en påvisad ångtransport av BTEX i marken där spaltgasverket ligger (Figur 17). Halterna har dock varierat kraftigt och provtagningar under 2020 har inte påvisat höga halter. Möjlig orsak till den höga bensenhalten i markluften kan vara lokala spill eller läckage från den tidigare spaltgasproduktionen. I närheten av spaltgasverket finns även två bergborrhål som innehåller höga halter av bensen och andra petroleumföroreningar. Bergborrhålen samt risker med berggrundförorening beskrivs separat i kapitel 7.



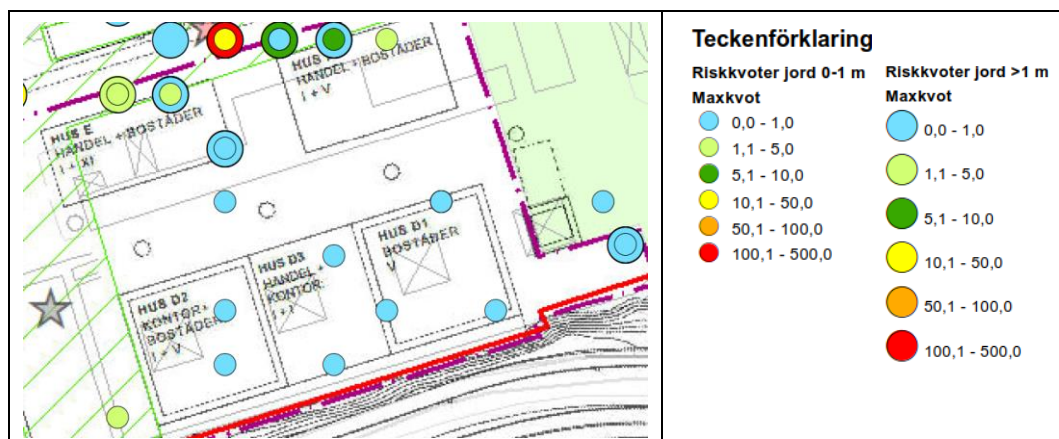
Figur 17. Utklipp från karta med föroreningskvoter som visar var det förekommer ångtransport i porluft (trianglar). Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 1.

Hälsoriskkvoterna för porluft visar att riskbilden för människor är förhållandevis låg kring spaltgasverket (Figur 18). Undantaget är en punkt med hög BTEX-halt under 2018 som ger en riskkvot över 100. De inplanerade schaktarbetena som föregår sprängning för grundläggning av garaget kommer att avlägsna alla markbundna eller markförlagda föroreningskällor. Punkten med hög riskkvot i Figur 18 representerar därmed inte en risk som föreligger vid uppförande av en ny byggnad ovanpå det underjordiska garaget.



Figur 18. Utklipp från karta med hälsoriskkvoter ånginträngning i byggnader för porluft (trianglar) och i inomhusluft (cirkel med kryss). Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 1.

Marken kring spaltgasverket har låg förekomst av flyktiga föroreningar då hälsoriskkvoterna för ånginträngning i byggnader är låga och ligger omkring 1-5 (Figur 19). Det finns heller ingen indikation på att ångtransport av föroreningar från markbunden förorening bidrar till allmänt förhöjd riskbild avseende ånginträngning i byggnader (Figur 18).



Figur 19. Urklipp från karta med hälsoriskvoter ånginträngning i byggnader för jord 0-1 m (liten cirkel) samt under 1 m (stor cirkel). Kartan gör ingen åtskillnad på olika föroreningstyper. Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 2.

6 Bidragande risker

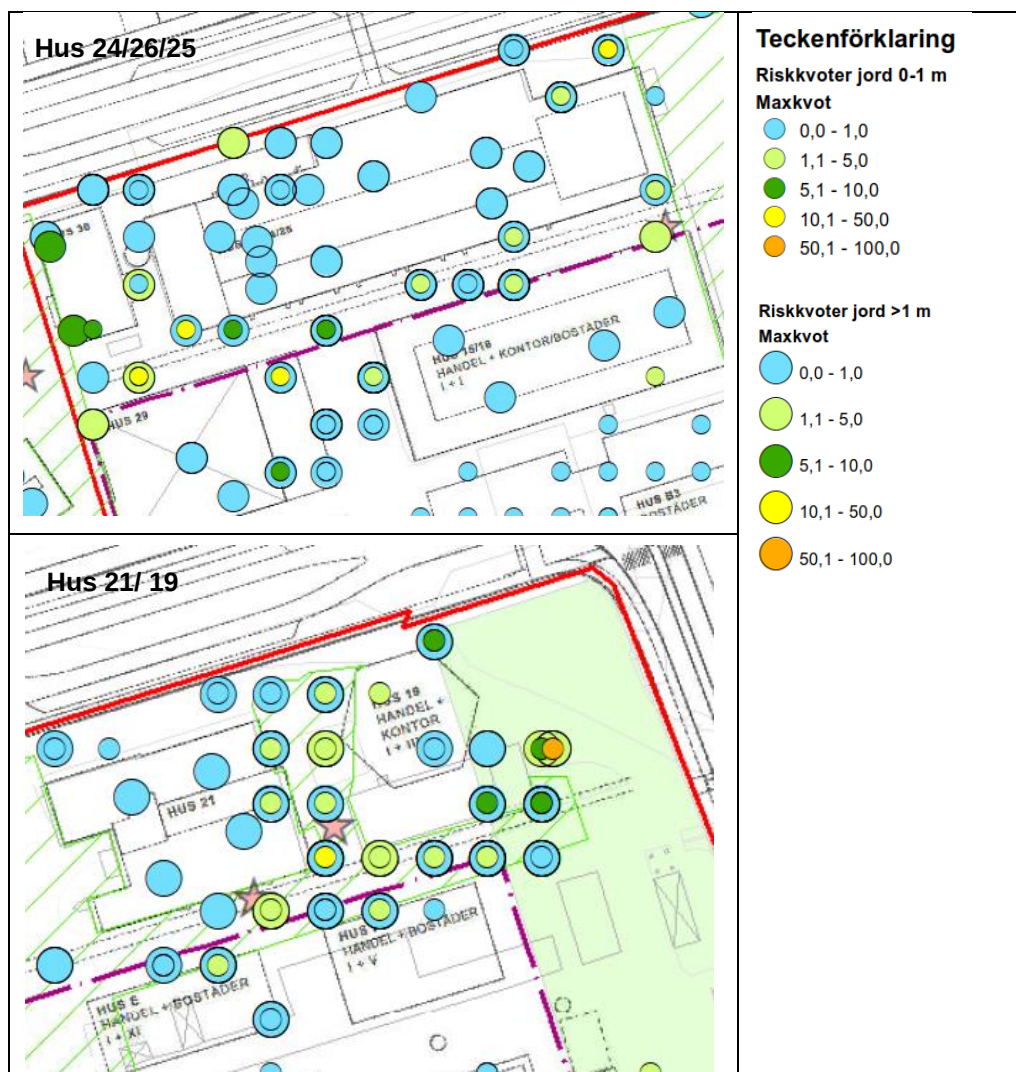
6.1 Övriga hälsorisker

Kartor med riskkvoter för andra exponeringsvägar än ånga visar att det förekommer förhöjda föroreningshalter som indikerar hälsorisk i ytliga jordlager inom områden som ännu inte har sanerats (se bilaga 2). Inom planområdets västra del kring hus 26/24/25 förekommer det ett delområde med enstaka riskkvoter på 10-50 på 0-1 m djup (Figur 20). Inom samma delområde är det tydligt att riskkvoterna sjunker för jordlager under 1 m djup. Flertalet provpunkter har dessutom låga riskkvoter.

Enligt byggplanerna för detta delområde kommer tjärledning längs Norra Gränd att rivas. Bottenplattan under hus 26 och 24 kommer att rivas och ersättas med en gastät konstruktion. I samband med detta kommer marken under bottenplattan att kontrolleras och, om behov föreligger, saneras. Marken under hus 25 kommer schaktas ut för att frilägga berget inför anläggning av ramp till garaget (se Tabell 1). Eventuellt kommer man också schakta för anläggning av ny dränering. Marken mellan hus 29 och hus 15/16 kommer schaktas ur för garage. Markförberedande arbeten kommer således avlägsna yttligt liggande föroreningar, vilket säkerställer en låg risknivå med avseende på andra exponeringsvägar än ånga. Styrning och kontroll av föroreningsnivåer i schakter beskrivs i riskbedömningens handlingsplan (Exploateringskontoret, 2020).

28(48)

SYNTESRAPPORT
2021-11-23
[SLUTVERSION]



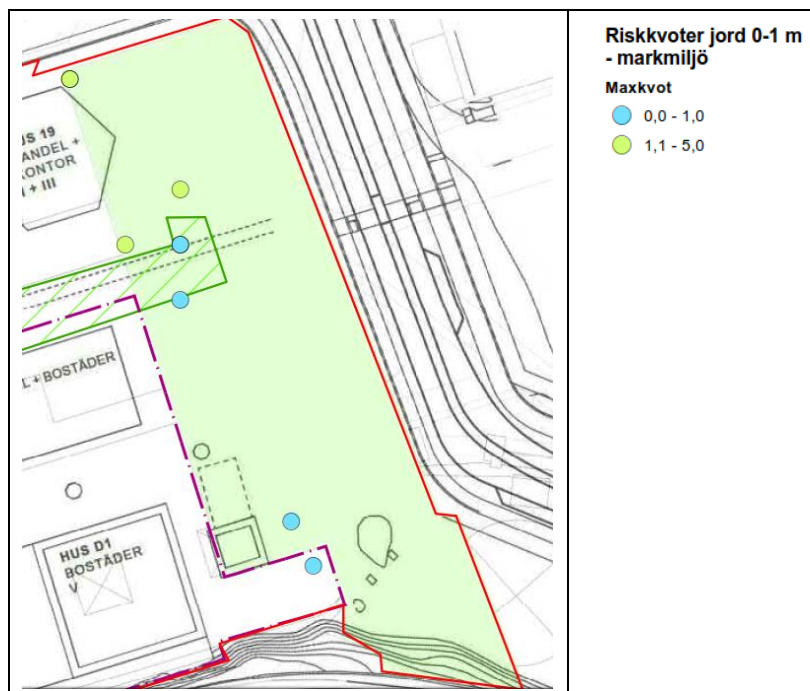
Figur 20. Utsnitt från karta med hälsorisikkvoter för andra exponeringsvägar än ånga. Kartan gör ingen åtskillnad på olika föroreningstyper. Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 2.

I östra delen av planområdet mellan hus 21 och 19 samt öst om hus 19 förekommer enstaka provpunkter med risikkvot 10-50 samt 50-100 i ytliga jordlager (se bilaga 2). Området mellan hus 21 och 19 är sanerat med dokumenterad restförorening som godkänts av tillsynsmyndigheten. Orsaken till hälsorisikkvot 10-50 i kartorna för området runt hus 21 och 19 är av datateknisk karaktär då den saneringen styrts av andra riktvärden än de som använts för att generera risikkvotkartorna i syntesrapporten.

6.2 Risker markecosystemet parkområde/torg

I delområdet som benämns som "park" i detaljplanen föreligger ingen risk för ånginträngning då byggnader inte kommer uppföras. Enligt nuvarande planförslag kommer området utformas som ett torg med mötesplatser för människor och täta

planteringstråg för träd och planteringar. Utformningen av området medför hårdgjorda ytor med dåliga levnadsförhållanden för naturligt förekommande markekosystem. Befintliga provtagningsresultat visar dock på låg teoretisk risknivå för markekosystemet (Figur 21).

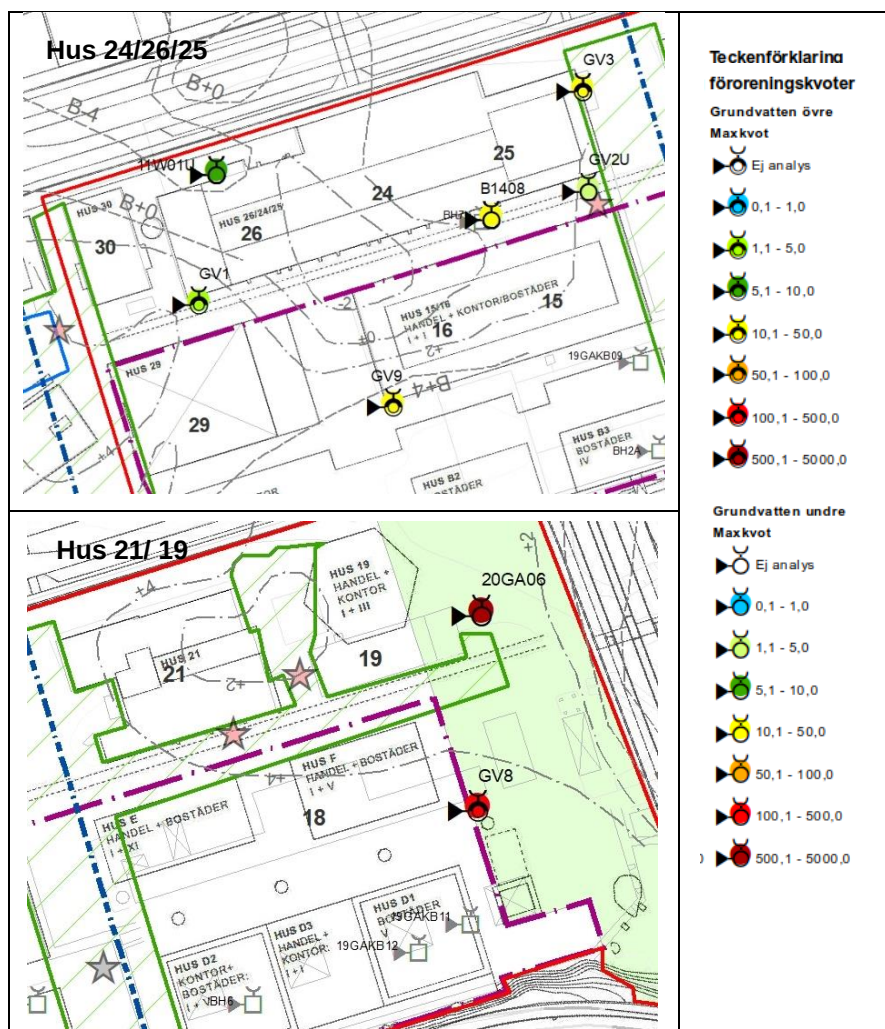


Figur 21. Utsnitt från karta med riskkvoter för skydd av markmiljö. Kartan gör ingen åtskillnad på föroreningsstyper. Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 2.

6.3 Miljörisker via förorenings-spridning

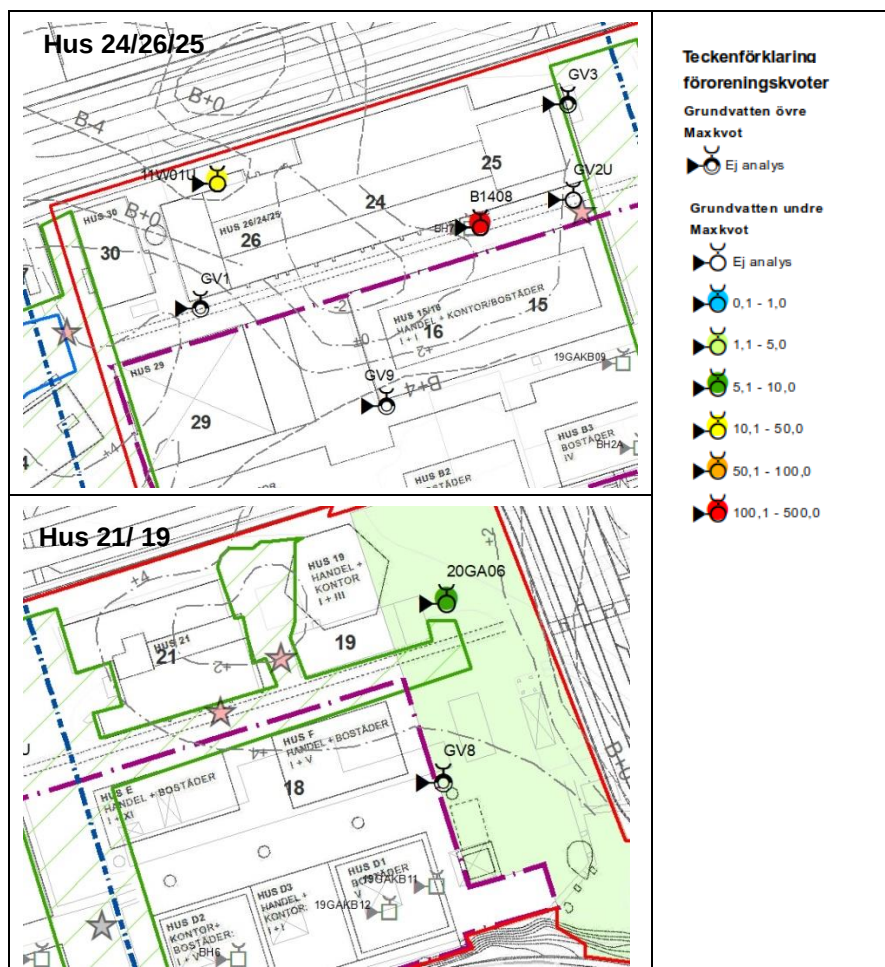
6.3.1 Föroreningsnivåer

Inom planområdet förekommer petroleumrelaterade föroreningar och PAH i markgrundvattnet, se Figur 22. Generellt tilltar föroreningsnivån i områdets östra del, kring spaltgasverket (18) samt hus 19. I områdets östra del finns även kraftigt förorenat berggrundvatten, vilket redovisas i kapitel 7. Petroleumföroreningen i grundvattnet består främst av PAH och i lägre utsträckning av BTEX, alifater och aromater. Kolloidalt bundet PAH kan förklara vissa resultat då både PAH M och PAH H innehåller komponenter med relativt låg vattenlöslighet. Eftersom vissa grundvattenrör har innehållit grumligt vatten kan delar av provtagningen återspegla kolloidalt bunden förorening.



Figur 22. Utsnitt från karta med föroreningskvoter för petroleumföroreningar i grundvatten (BTEX, PAH, alifater och aromater). Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 3. Punkterna visar mätdata från 2018-2020.

Strax söder om hus 24 och hus 25 har en PFAS-förorening påvisats med föroreningskvoter mellan 100 och 500, se Figur 23. PFAS återfinns inte i samma utsträckning i planområdet östra del. PFAS detekteras dock i samtliga provtagna rör (d.v.s. alla föroreningskvoter ligger över 1). Norr om hus 26 har även områdets högsta cyanidhalt detekterats (ej redovisad i karta).



Figur 23. Utsnitt från karta med föroreningskvoter för PFAS. Kartan redovisas i sin helhet i bilaga 3. Punkterna visar mätdata från 2018-2020.

Klorerade alifater och fenoler har analyserats i vissa rör men har ej detekterats (se bilaga 3). Förhöjda tungmetallhalter förekommer men i lägre utsträckning än organiska föroreningar (bilaga 3).

Generellt medför schaktarbeten på området en ökad spridningsrisk för föroreningar när förorenat grundvatten övergår till länsvatten i schakterna. Samtliga entreprenader inom Gasverket Östra kommer behöva uppfylla miljökrav avseende hantering och utsläpp av länsvatten, vilket beskrivs i riskbedömningens handlingsplan (Exploateringskontoret, 2020). De omfattande schakt- och anläggningsarbetena inom planområdet medför avlägsnande av historiskt förorenade installationer samt förorenad jord under byggnader och bedöms på sikt medföra en förbättrad miljöstatus för grundvattnet.

6.3.2 Framtida spridningsrisker vid klimatförändringar

Den skyfallsutredning som utförts för området visar generellt på låg risk för översvämning vid 100-års regn. De omfattande schakt- och anläggningsarbetena inom planområdet

32(48)

SYNTESRAPPORT
2021-11-23
[SLUTVERSION]

medför att nyanlagda ytor kommer innehålla färre mark- och grundvattenföroreningar i både djupa och ytliga jordlager än vad som återfinns inom området idag. Nederbörd kommer i hög utsträckning ledas bort över hårdgjorda ytor som mynnar i dagvattenledningar. Genomförandet av byggplanerna bedöms därmed bidra till att minska framtida spridningsrisker.

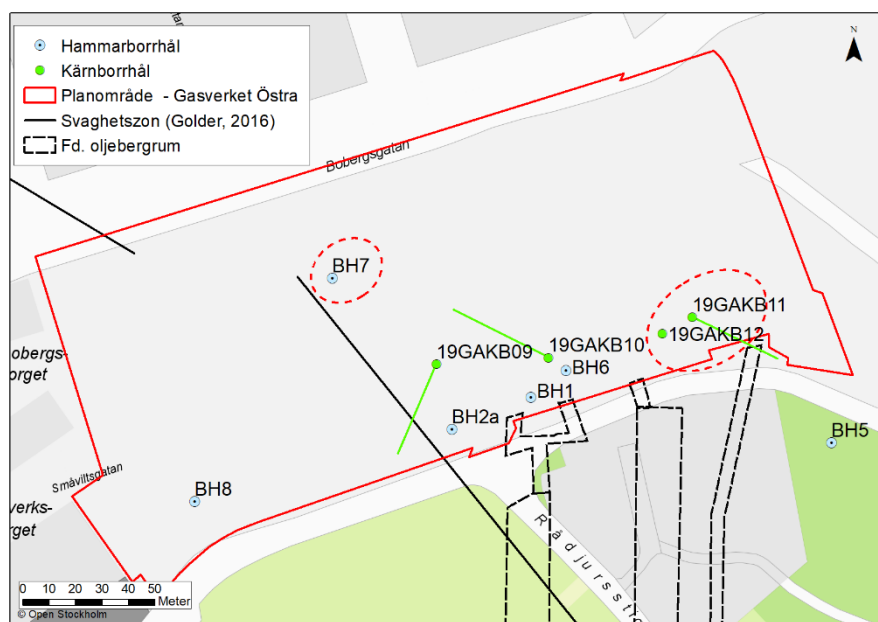
7 Riskbild berggrundförorening

7.1 Grundvattennivåer och påverkan från berggrum respektive Lilla Värtan

Figur 24 visar läget för bergborrhål som utvärderats i bilaga 4. Av dessa är det endast BH2a som bedöms stå i direktkontakt med berggrummet söder om planområdet. Orsaken till kontakten är sannolikt sprickzonen som löper i nordvästlig-sydöstlig riktning genom planområdet. Övriga borrhål har inte visat på motsvarande nivåändringar under perioden som berggrummet sanerades (2014-2019). Man ser heller ingen samvariation mellan grundvattennivåerna i bergborrhålen och nivån i Lilla Värtan.

7.2 Föroreningsnivåer

Haltvariationer över tid samt representativa halter i berggrundvatten har utvärderats för dataunderlaget som kommer från undersökningar genomförda år 2018- 2020 (bilaga 4). Flertalet bergborrhål innehåller förhållandevis låga föroreningshalter. Tre bergborrhål är dock mer förorenade än övriga, se Figur 24.



Figur 24. Punkter som omges av röd streckad linje utgör bergborrhål med högst föroreningshalter (figur hämtad från bilaga 4).

Halterna i BH7 har omväxlande ökat och sjunkit under perioden 2018-2020 (bilaga 4). Vattnet innehåller en kombination av lättflyktiga ämnen såsom bensen och PAH L, och lätta-medeltunga aromater, alifater och PAH (Tabell 6). Halten tunga alifater i BH7 härrör från oljor som kan liknas med gamla nedbrutna eldningsoljor, smörjoljor eller liknande (bilaga 4). Ingen överensstämmelse mot nafta har konstaterats.

Halterna i 19GAKB11 ligger någorlunda konstant men med viss sjunkande trend sedan mätningarna inleddes i maj 2019 (bilaga 4). Vattnet innehåller en kombination av lättflyktiga ämnen såsom bensen och PAH L, och lätta-medeltunga aromater, alifater och PAH. Jämfört med BH7 är halterna generellt mycket högre i 19GAKB11 (Tabell 6). Halterna av lätta alifater (>C5-C8), bensen och PAH L visar inga tecken på minskning under mätperioden. Enligt kromatogrammet för KB11 ges bästa överensstämmelse mot bensin och alkylbensener, vilket gör att föroreningen delvis kan komma från nafta (bilaga 4).

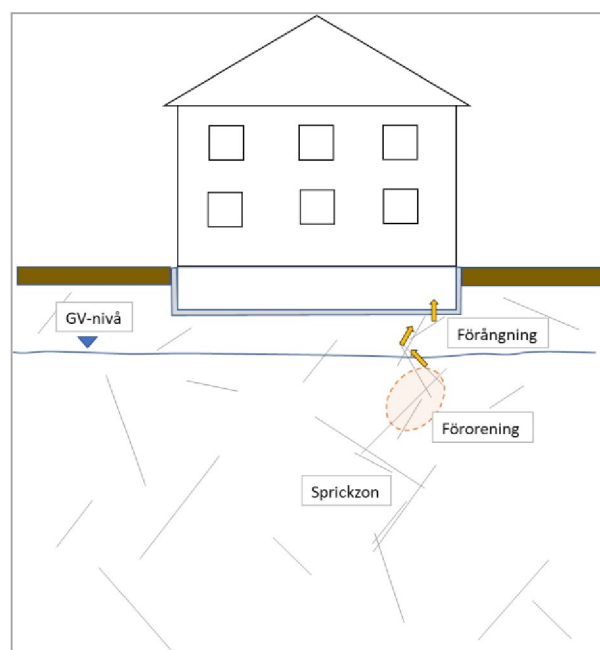
Halterna i 19GAKB12 visar på en kraftigt sjunkande trend för alla föroreningar som påträffats sedan mätningarna inleddes i maj 2019. Föroreningsmässigt är halterna lägre än i 19GAKB11 (Tabell 6). I likhet med 19GAKB11 och BH7 består föroreningen av en blandning av lätta- och medeltunga organiska föroreningar. Kromatogrammen för KB12 visar ingen överensstämmelse mot nafta (bilaga 4).

Tabell 6. Översikt av haltvariation (lägsta/högsta halt) under mätperioden 2019-2020 (µg/l). Tabellen innehåller en förenklad redovisning av data som återfinns i tabell 4-1 i Kemaktas rapport (bilaga 4).

	BH7	19GAKB11	19GAKB12
Bensen	<0,5/747	380/455	50/280
PAH L	870/2377	910/5700	45/780
PAH M	10/42	36/270	7/260
Alifater C10-C12	18/20	89/210	110/1100

7.3 Spridningsförutsättningar från berg till byggnader

Länsstyrelsens samrådsyttrande (stycke 1.2) samt den preliminära riskbilden för Gasverket Östra (kapitel 3), identifierar spridning av ånga in i framtida byggnader som potentiell risk för människors hälsa. Figur 25 visar schematiskt hur en förorening i berggrundens mättade zon kan spridas mot grundläggningsytan genom spricksystem i berget. Transportförutsättningarna genom spricksystem i berg kan endast beskrivas översiktligt och med grova förenklingar då spricksystemens egenskaper är komplexa beroende på t.ex. sprickfrekvens, sprickorientering, sprickvidd och mineralfyllnad (bilaga 4). Volymandelen hålrum i kristallint berg uppgår till endast ett fåtal procent, vilket innebär att större delen av en given bergvolym saknar förutsättningar för spridning av föroreningar genom ånga (bilaga 4).



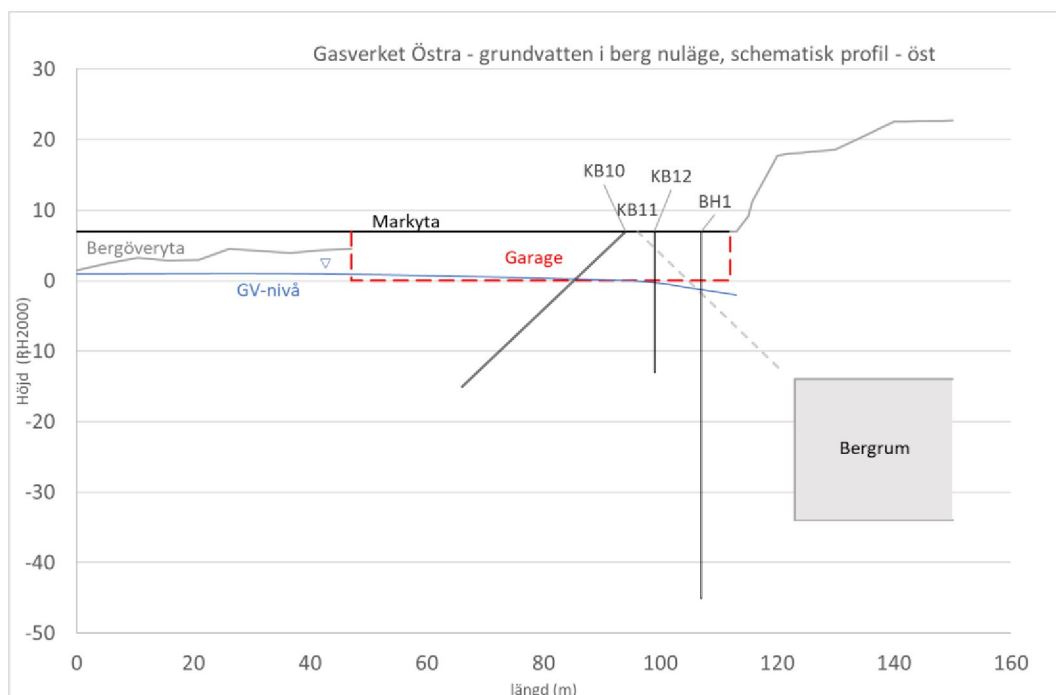
Figur 25. Schematisk bild av spridning av ångor från berggrunden till byggnad (hämtad från Kemakta bilaga 4).

7.4 Platsspecifik bedömning av spridningsförutsättningar Gasverket Östra

Den hydrauliska konduktiviteten i 19GAKB11 är mindre än $1 \cdot 10^{-9}$ m/s, vilket är markant lägre än vad som förväntas från regionala bedömningar inom ett område som täcker Norra Djurgårdsstaden samt kommuner norr om Stockholm (bilaga 4). I KB11 visar kärnbörningar att berget är massivt med få sprickor och inga identifierade krosszoner. KB12 har liknande egenskaper som KB11 men har inslag av horisontella sprickor (bilaga 4). Ca 98% av sprickorna i berget har en sprickvidd som är smalare än 1 mm.

Genom två olika beräkningsmetoder har Kemakta kommit fram till att bergets porositet kan uppgå till 0,1-0,5% av den totala bergvolymen (bilaga 4). Det lägre måttet, baserat på uppmätt genomsläpplighet, tar hänsyn till att många sprickor inte är vattenförande och har låg konnektivitet till andra sprickor samt på grund av naturligt förekommande sprickfyllnadsmineral. Det högre måttet, baserat enbart på sprickfrekvens och sprickvidd, ger en överskattning av spricksystemets förväntade hålvolum och därmed en konservativ bedömning av spridningsförutsättningarna genom hela bergvolymen.

Vid jämförelse mellan förväntad grundläggningsnivå av det planerade tvåvåningsgaraget nedersta plan (+0 m) och uppmätta grundvattennivåer i berg (ca -1 till +1 m), är det möjligt att delar av garagets grundläggning kommer ligga under grundvattenytan (Figur 26). Viss avsänkning mot bergrummet söder om planområdet, bidrar i dagsläget till ett större avstånd mellan grundläggningsnivån och grundvattnet i planområdets södra del.

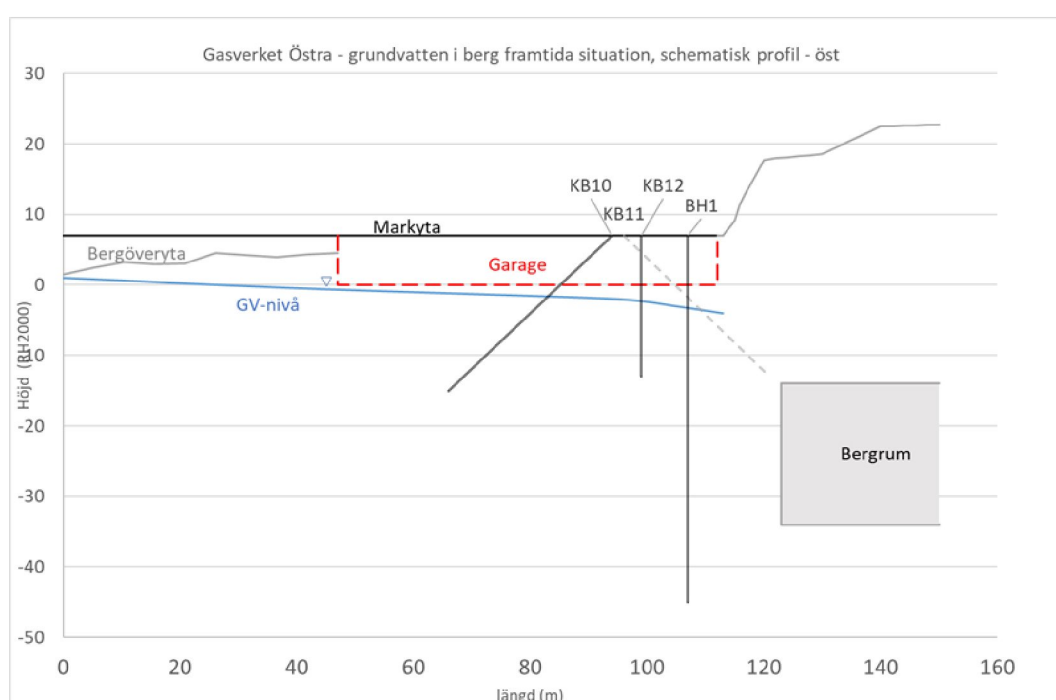


Figur 26. Schematisk bild över garagets grundläggningsdjup, uppmätta grundvattennivåer och borrhålslutningar i östra delen av planområdet (hämtad från Kemakta bilaga 4).

36(48)

SYNTESRAPPORT
2021-11-23
[SLUTVERSION]

Planerade åtgärder kring bergrummet kommer sannolikt bidra till att påverka framtida grundvattennivåer inom Gasverket Östra. De hydrogeologiska mekanismerna kring detta beskrivs i detalj av Kemakta (se bilaga 4). Eftersom grundvattennivåerna i bergrummet kommer att sänkas av till botten, kommer de framtida grundvattennivåerna inom delar av Gasverket Östra se annorlunda ut jämfört med vad dagens mätningar visar. Konsekvensen kommer bli att avståndet mellan garaget grundläggningsnivå och grundvattenytan i planområdet södra del, sannolikt blir större än idag (bilaga 4). Prognosen för framtida grundvattennivåer visar dock att delar av garaget grundläggning kan fortsätta att stå i kontakt med berggrundvatten beroende på sprickors egenskaper och konnektivitet samt avstånd till recipienten respektive bergrummet (Figur 27).



Figur 27. Bedömd riskbild ångtransport in i garagebyggnad

7.4.1 Metod

Kemakta har tillämpat framlängesberäkning för att bedöma omfattningen på den teoretiskt möjliga ångtransporten in i framtida byggnader baserat på känd föroreningssituation i berggrundvatten (bilaga 4). Beräkningarna har gjorts för två olika scenarier som tillsammans hanterar osäkerheter kring om garagebyggnadens grundläggning kommer stå i direkt kontakt med grundvatten eller ej:

- Låg grundvattennivå - Grundvattennivån ligger under garaget grundläggning. Transport av ångor från grundvattenförorening sker först genom luftfyllda hålvolymer i berget innan ångorna tränger in i byggnadens grundläggning.

- Hög grundvattennivå - Grundvattennivån står i kontakt med garagets grundläggning. Transport av ångor sker direkt från grundvattnet in i grundläggningens material, därefter in i byggnaden.

Kemaktas tillämpade ekvationer och antaganden i beräkningarna utgår i huvudsak från Naturvårdsverkets beräkningsmodell, eller från antaganden som används i storstadsspecifika riktvärden för Stockholms stad. Dock har viss anpassning gjorts för att anpassa beräkningarna till det kristallina bergets egenskaper. Hänsyn har också tagits till att byggnader med källare/garage får ett extra ventilationssteg mellan marken under grundläggningen och det första bostadsplanet. Beräknad inomhuskoncentration i en framtida byggnad med garage har utvärderats mot referenskoncentrationer (RfC) för respektive ämne. Referenskoncentrationen är den nivå under vilken inga negativa hälsoeffekter förväntas vid långtidsexponering och de hämtades från Naturvårdsverkets riktvärdesmodell.

För detaljer kring beräkningarna hänvisas läsaren till Kemaktas rapport (bilaga 4).

7.4.2 Riskscenario låg grundvattennivå

Kemaktas beräkning av teoretiskt möjlig ångtransport in i byggnadsplanet ovanpå garaget vid 2020 års föroreningsnivå i grundvattnet samt låg grundvattennivå under garaget (d.v.s. viss ångtransport sker genom luftfyllda hålrum i berggrunden innan den når grundläggningen) visas i Tabell 7. Beräkningen visar att storleken på den omättade zonen under grundläggningen påverkar riskbilden. En lägre grundvattennivå ger en större omättad zon vilket sänker ångtransporten in i byggnaden. Det motsatta gäller vid hög grundvattennivå. Beräkningen är konservativ då den utgår från uppmätta maxhalter i grundvatten under 2020. Dessa maxhalter återfinns specifikt i KB11 och KB12 som ligger i garagets sydöstra del. I realiteten kommer både mer och mindre förorenat grundvatten som befinner sig under garaget sammanblandas, vilket gör att maxhalter i enskilda rör inte representerar ett realistiskt riskscenario för garaget som helhet. Eftersom prognosen i Figur 27 visar på sänkta grundvattennivåer över tid på grund av planerad grundvattensänkning vid bergrummet bedöms beräkningarnas antaganden kring teoretiskt ångtransport som konservativa.

38(48)

SYNTESRAPPORT
2021-11-23
[SLUTVERSION]

Tabell 7. Beräknad halt i inomhusluft för två olika djup samt jämförelse mot referenskoncentration i luft (RfC). Halter som överskrider eller ligger nära RfC är markerade (tabell hämtad från bilaga 4)

Ämne	RfC	Beräknad halt i inomhusluft - djup till förorening (Z)	
		0,1 m	0,3 m
	µg/l	µg/l	µg/l
Alifater >C5-C8	6	0,1	0,06
Alifater >C8-C10	1	0,3	0,13
Alifater >C10-C12	1	0,9	0,3
Alifater >C12-C16*	1		
Alifater >C16-C35*	**		
Bensen	0,0017	0,003	0,0011
Toluen	0,26	0,001	0,0005
Etylbensen	0,77	0,0002	0,0001
Xylen	0,1	0,002	0,0008
Aromater >C8-C10	0,2	0,007	0,0025
Aromater >C10-C16	0,2	0,003	0,0010
Aromater >C16-C35	0,05	0,000001	3,8E-07
PAH L	0,004	0,002	0,0009
PAH M	0,0000055	0,000004	1,5E-06
PAH H	0,00000055	4,7E-10	1,8E-10

7.4.3 Riskscenario hög grundvattennivå

Periodvis kan delar av garagets grundläggning komma att stå i kontakt med grundvattennytan. Både på kort och lång sikt förväntas detta förekomma i högre utsträckning i garagets norra del jämfört med dess södra del (se Figur 27).

Kemaktas beräkningar visar att perioder med direktkontakt mellan garagets grundläggning och grundvattnet kan leda till diffusion av flyktiga ämnen in genom grundläggningsmaterialet (bilaga 4). Eftersom betong har en fysisk porstruktur som ingår i dess naturliga materialegenskaper, kan ändringar av porstrukturen på grund av t.e.x åldringseffekter påverka betongens transportegenskaper för flyktiga föroreningar.

Baserat på uppmätta grundvattenhalter under 2020 samt antaganden om materialegenskaper motsvarande ny betong, är det främst bensenhalten i grundvattnet (maxhalt 450 µg/l i KB11 under 2020) som ger en diffusionstransport genom betong som kan leda till riskbaserade nivåer i inomhusluft (bilaga 4). Maxhalten av bensen i KB11 under 2020 förväntas dock inte vara representativ över tid då utförda mätningar redan nu visar på stora haltvariationer mellan olika rör samt över tid (stycke 7.2).

När motsvarande modellering görs med materialegenskaper som motsvarar än åldrad och mer porös betong, framkommer det att diffusionstransporten av flyktiga föroreningar

kan öka över tid (bilaga 4). Kemaktas modellering visar således att en haltreduktion i berggrundvattnet över tid kan vara nödvändig för att bibehålla en framtida låg risknivå i takt med att betongen åldras.

7.5 Risk för förekomst av fri fas

Kemakta har uppskattat sannolikheten för att uppmätta föroreningshalter i grundvatten indikerar förekomst av en fri fas i berget (bilaga 4). Uppskattningen bygger på miljökemiska samband som säger att ett enskilt ämnes löslighet i en blandad petroleumförorening kommer påverkas av de andra ämnena som finns lösta i vattnet (så kallad "teoretisk löslighet" vilket inte är samma som ett enskilt ämnes löslighet i rent vatten).

Beräkningen visar att vissa alifatfraktioner samt PAH M och PAH H överstiger den teoretiska lösligheten. Dock är den teoretiska lösligheten mycket låg för alifater och PAH M och PAH H, betydligt lägre än halter som uppmäts även när det inte finns fri fas närvarande vilket bedöms bero på små kolloidala droppar som svävar runt i vattenfasen. De lättlösliga föroreningarna, som ofta är mest problematiska utifrån hälsoriskperspektivet, har uppmätta halter som ligger under den teoretiska lösligheten. Sammantaget bedömer Kemakta att risken för betydande mängder av fri fas i berget är låg. Lokalt kan det dock förekomma fri fas i enskilda sprickor. Risken för förekomst av fri fas bedöms vara större kring borrhål KB11 än kring KB12, vilket indikeras av höga halter PAH L som ligger nära gruppens teoretiska löslighet.

8 Bedömt saneringsbehov för riskreducering utifrån planperspektivet

8.1 Markbunden förorening

Utifrån nuvarande dataunderlag har riskbedömningen inte identifierat några delområden där dagens föroreningsnivåer i marken indikerar att det är olämpligt att uppföra handel, kontor och bostäder på området. Bedömningen tar hänsyn till att riskkvotskartorna innehåller stora säkerhetsmarginaler genom valet av riktvärden från Naturvårdsverket modell samt SGI:s slutsatser om dess stora modellosäkerheter. Däremot påvisas en allmänt förekommande markförorening i planområdets norra del, där stora delar av föroreningen innehåller lätt- och medelflyktiga föroreningar. Markföroreningen medför att framtida schaktarbeten behöver kontrollera föroreningsnivåer i schaktbotten och schaktväggar så att nya byggnader uppförs på mark med acceptabla kvarlämnade halter utifrån ett miljö- och hälsoperspektiv. Acceptansnivåerna för kvarlämnade halter framtida schakter regleras genom mätbara åtgärds mål, vilket redogörs för i riskbedömningens handlingsplan (Exploateringskontoret, 2020).

Genom utförda porgasmätningar samt inomhusluftmätningar påvisas en låg riskbild för människor avseende ångtransport in i byggnader vid rådande markförhållanden. Andra exponeringsrisker för människor bedöms inte heller föreligga.

I dagsläget förekommer det dock gamla tjärledningarna och tjärfack som ligger i marken under befintliga byggnader samt längs med Norra Gränd inom detaljplanområdet.

40(48)

SYNTESRAPPORT
2021-11-23
[SLUTVERSION]

Runtom sådana markförlagda installationer förväntas markförorening förekomma som t.ex. kan bidra till förorenat länsvatten i samband med schakt. Markföroreningarna förväntas främst bestå av flyktiga eller mindre flyktiga föroreningar på grund av områdets historik. Sådan markförorening kommer friläggas i samband med att flertalet hus rivs och nya byggnader uppförs.

Vid all friläggning av mark kommer föroreningsnivåerna att kontrolleras och dokumenteras enligt saneringsanmälningar som kommer att lämnas in till tillsynsmyndigheten i takt med att byggplanerna genomförs. Principerna för kontroll och dokumentation beskrivs i riskbedömningens handlingsplan (Exploateringskontoret, 2020).

Framkomna byggplaner för området redogör för att flertalet hus är grundlagda ovanpå berg, vilket medför hög åtkomst till markbunden förorening då rasrisken vid djupare schakter är förhållandevis låg. Nivån på tillåtna halter i kvarlämnad jord efter avslutad schakt kommer styras av mätbara åtgärds mål som tas fram i nästföljande utredningssteg. Nivån på åtgärds målen ska återspegla Norra Djurgårdsstadens behov av att säkerställa att området inte utgör en risk för människors hälsa eller miljön i och med den nya detaljplanen. Nivåerna ska också återspegla Norra Djurgårdsstadens hållbarhetsmål om att minimera koldioxidutsläpp och användandet av naturresurser där så är möjligt. Detta innebär att massor som inte bedöms bidra till risker för människors hälsa eller miljö inte ska schaktas bort såvida det inte finns tekniska skäl till detta. Åtgärds mål för kontroll av schakter som uppfyller båda dessa krav tas fram i en samverkansprocess mellan exploateringskontoret och tillsynsmyndigheten, vilket beskrivs i riskbedömningens handlingsplan.

8.2 Förorening i markgrundvatten

Riskbedömningen har inte identifierat några delområden där dagens föroreningsnivåer i markgrundvatten indikerar att det är olämpligt att uppföra handel, kontor och bostäder på området. Detaljplanområdet innehåller dock förorenat markgrundvatten, vilket medför att miljökrav kommer att ställas på samtliga entreprenader inom detaljplanområdet då förorenat länsvatten kommer behöva hanteras. Miljökrav på entreprenader beskrivs i riskbedömningens handlingsplan (Exploateringskontoret, 2020).

En grundvattenförorening innehållandes PAH L i planområdets östra del identifierades under november 2020. Uppföljande provtagning som utförts under april och oktober 2021 har endast påvisat låga halter av den aktuella föroreningen. Röret har inkluderats i det kontrollprogram som utförs för Norra Djurgårdsstaden och kommer därmed följas upp kontinuerligt.

För kartläggning och uppföljning av kort- och långsiktig miljöpåverkan fortsätter Norra Djurgårdsstaden med ett redan pågående kontrollprogram för omgivningspåverkan. Kontrollprogrammets omfattning beskrivs kort i riskbedömningens handlingsplan (Exploateringskontoret, 2020).

8.3 Förorening i berggrundvatten

Föroreningssituationen i berget är komplex och bedömningen av risker för människors hälsa påverkas av naturligt förekommande osäkerheter kring hur spricksystemet ser ut, hur föroreningshalterna kommer variera över tid och hur grundvattennivåerna påverkas av pågående grundvattensänkning kring bergrummet utanför planområdet.

Ett mindre delområde kring KB11 och KB 12 i planområdets sydöstra hörn har lokaliserats som potentiellt riskområde utifrån konservativa bedömningar av teoretisk ångtransport in i det framtida garaget med ovanliggande kontors- och bostadsplan. Grundvattennivåerna i detta delområde bedöms kunna påverkas av planerad grundvattensänkning kring bergrummet söder om planområdet. Konsekvensen av denna grundvattensänkning har främst bedömts som gynnsam utifrån ett hälsoriskperspektiv då framtida grundvattennivåer förväntas blir lägre än de som mäts upp idag.

Om garaget uppförs på grundläggningsdjup som medför minst 0,3 m mellan grundläggningens botten och grundvattenytan, bedöms den generella riskbilden för ånginträngning genom grundläggningen vara mycket låg. I dagsläget kan det dock inte uteslutas att delar av grundläggningen kommer stå i direktkontakt med förorenat grundvatten, vilket gör att föroreningar kan diffundera in i betongen. Vid höga grundvattennivåer är det främst bensen som riskerar att tränga genom grundläggningens konstruktionsmaterial. Bensen hör till en av de mest flyktiga och vattenlösliga organiska föroreningarna, med låga riskbaserade tröskelnivåer för effekter på människors hälsa. Kombinationen av kemiska egenskaper hos bensen, materialegenskaper hos ny och åldrad betong, prognosticerade grundvattennivåändringar samt toxikologiska effekter från bensen gör att bensenhalterna behöver bevakas extra noga under den fortsatta bygg- och anläggningsprocessen. En haltminskning av flyktiga föroreningar i berggrundvatten jämfört med 2020 års nivåer är eftersträvänsvärt. Norra Djurgårdsstadens åtgärder för ökad riskkontroll avseende bensenförorening inför anläggning av garaget redogörs för i riskbedömningens handlingsplan (Exploateringskontoret, 2020).

42(48)

SYNTESRAPPORT
2021-11-23
[SLUTVERSION]

9 Referenser

Exploateringskontoret, 2020. Handlingsplan. Stockholms stad

Naturvårdsverket. (2016). Rapport 5976: Riktvärden för förorenad mark.

Modellbeskrivning och vägledning. Utgiven 2009-10 reviderad 2016-06.

SGI, 2016. PAH i porgas. Provtagning, modellering och övergripande metodik vid riskbedömning. Wermlandskajen och Klaraborgs f.d. gasverk- WP2. Statens Geotekniska Institut och Karlstad kommun.

SPI, 2011. Svenska Petroleum Institutet. SPI rekommendation – Efterbehandling av förorenade bensinstationer och dieselanläggningar.

Stockholms stad, 2019. Storstadsspecifika riktvärden för jord i Stockholm. Utgiven 2019-08.

Stockholms stad, 2020. Dagvattenutredning för detaljplan Gasverket östra. Daterad 2020-12 reviderad 2021-02.

Sweco 2021, Översvämningsskydd Gasverksområdet, Norra Djurgårdsstaden. Uppdaterad skyfallsmodellering och – analys år 2021 över västra och östra Gasverksområdet. Utkast daterat 2021-09-06.

BILAGA 1.

Tekniskt PM porluft, Gasverket Östra

TEKNISKT PM PORLUFT, GASVERKSOMRÅDET, NORRA DJURGÅRDSSTADEN

30001078-028

2021-08-24

Inledning

Detta PM utgör en sammanfattning av resultat från utförda undersökningar av porluft inom och i direkt anslutning till detaljplaneområdet Gasverksområdet östra. Informationen ämnar utgöra underlag för detaljplanearbetet samt den riskbedömning som utförs i anslutning till detta.

Underlag

Porluft och inomhusluft har inom Gasverksområdet undersökts i omgångar. Nedan listas de resultatrapporter som ligger till grund för resultatsammanställningen i detta PM.

- *Structor 2016 - provtagningar av inomhusluft i hus 21, 24, 25, 26 och 30 inom den östra delen av Gasverksområdet samt hus 8, 20 och 14 inom den västra delen av Gasverksområdet.*
- *Structor 2016, Samlad miljöbedömning avseende föroreningar i mark och byggnad för detaljplanen Lilla Gasverket i Hjorthagen daterad 2016-09-06.*
- *Sweco 2016, Provtagning av porluft, samt jordprovtagning i mark vid Hus 14 inom Gasverksområdet, Norra Djurgårdsstaden daterad 2016-09-13.*
- *Sweco 2017, Miljöteknisk markundersökning av jord och porluft i och kring hus 19, Norra Djurgårdsstaden daterad 2017-01-13.*
- *Sweco 2017, Kompletterande provtagning av kvicksilver i porluft, Hus 19, Norra Djurgårdsstaden daterad 2017-03-15.*
- *Sweco 2019, Kompletterande miljötekniska markundersökningar inom Gasverket östra, Norra Djurgårdsstaden daterad 2019-01-11 rev 2020-08-28.*

1 (7)

Sweco
Gjörwellsgatan 22
Box 340 44
SE-100 26 Stockholm, Sverige
Telefon +46 (0)8 695 60 00
Fax +46086956010
www.sweco.se

Sweco Environment AB
Org.nr 556346-0327
Styrelsens säte: Stockholm

Erika Schedin

Mobil +46 (0)734 12 65 42
erika.schedin@sweco.se

- Sweco 2020, PM, kompletterande undersökningar av porluft inom Gasverksområdet, Norra Djurgårdsstaden, daterad 2020-11-09 rev 2021-08-23.

Metodbeskrivning kartbaserat utvärdering av resultat

Dataunderlagets omfattning

Dataunderlaget som ligger till grund för resultaten i detta PM har inhämtats från undersökningar utförda inom Gasverksområdet östra samt i direkt anslutning till detaljplaneområdets gräns under 2015 till 2021. Sammanlagt inkluderas resultat för porluft från 27 punkter och resultat för inomhusluft från 9 punkter. Porluft har undersökts med pumpad provtagning genom adsorbenttrör. Inomhusluft har delvis undersökts genom passiv provtagning (BTEX), dels genom pumpad provtagning (PAH). Vissa av punkterna för porluft har undersökts vid flera tillfällen, dock som mest vid tre olika tillfällen.

Utvärdering av data baserat på föroreningskvoter

Porlufterhalter har dividerats med analysens rapporteringsgräns i syfte att identifiera provpunkter med påvisad ångtransport av flyktiga föroreningar, se ekvation 1 nedan. Beräknade kvoter benämns fortsättningsvis "föroreningskvoter". Ju högre kvot, desto större ångtransport. En hög kvot i detta steg behöver inte medföra att ångtransporten indikerar risk för människors hälsa.

$$\frac{\text{Uppmätt halt}}{\text{Rapporteringsgräns}} = \text{Föroreningskvot}$$

Föroreningskvot > 1:
Halt över laboratoriets rapporteringsgräns

Ekvation 1. Ekvation för beräkning av föroreningskvoter.

Utvärdering av data baserat på riskkvoter

För att identifiera områden med förhöjda föroreningshalter i porluft och inomhusluft som kan indikera risk för människors hälsa har riskkvoter beräknats genom att dividera uppmätt halt mot ett riskbaserat referensvärde, se ekvation 2 nedan.

$$\frac{\text{Uppmätt halt}}{\text{Riskbaserat referensvärde}} = \text{Riskkvot}$$

Riskkvot > 1:
Referensvärde överskrids

Ekvation 2. Ekvation för beräkning av riskkvoter.

Referensvärden utgörs i detta fall av tröskelvärden för exponering via inandning (referenskoncentrationer, RfC och riskbaserade koncentrationer RISK_{inh}), vilka finns redovisade i Naturvårdsverkets föreskrifter, rapport 5976. Referenskoncentrationer används för icke genotoxiska (cancerframkallande) ämnen för vilka det finns en toxikologisk baserad luftkoncentration. Riskbaserade koncentrationer, RISK_{inh}, används för ämnen för vilka det finns en cancerriskbaserad referenskoncentration. Tillämpade riktvärden redovisas i Tabell 1 nedan.

Tabell 1. Tillämpade riktvärden, RfC och RISK_{inh}, hämtade från Naturvårdsverkets rapport 5976 (NV, 2016).

		NV Rapport 5976	
		RfC [µg/m ³]	RISK _{inh} [µg/m ³]
BTEX	Ämne		
	Bensen	-	1,7
	Etylbensen	770	-
	Toluen	260	-
	m,p-xylen	-	-
	o-xylen	-	-
	xylener, summa	100	-
PAH	Naftalen	3	-
	Acenaftylen	-	-
	Acenaften	-	-
	Fluoren	-	0,022
	Fenantren	-	0,022
	Antracen	-	0,022
	Fluoranten	-	0,00022
	Pyren	-	0,011
	Benso(a)antracen	-	0,0022
	Krysen	-	0,00037
	Benso(b)fluoranten	-	0,00011
	Benso(k)fluoranten	-	0,00022
	Benso(a)pyren	-	0,000011
	Dibenso(ah)antracen	-	0,00001
	Benso(ghi)perylene	-	0,00055
	Indeno(123cd)pyren	-	0,00011

Resultat

Sammanfattning av föroreningsituationen

I följande avsnitt redovisas framtagna kartor med beräknade riskkvoter (halter jämförda mot riskbaserade referensvärden) och föroreningskvoter (halter jämförda mot analysens rapporteringsgräns). En kort sammanfattning följer nedan.

Något förhöjda halter av framförallt toluen och naftalen (PAH-L) noteras i ungefär hälften av de undersökta punkterna. Ställvis noteras även något förhöjda halter av PAH-M. Det senare gäller området öst om hus 21 och hus 19, söder om hus 24 samt norr om hus 29. Samtliga förhöjda halter sammanfaller med kända föroreningar av PAH i jord.

En kraftigt förhöjd halt av bensen noterades i provpunkt lokaliserad söder om spaltgasverket (PG12) vid provtagning utförd 2018. Vid samma provtagningstillfälle uppmättes även kraftigt förhöjda halter av toluen i provpunkt lokaliserad strax öst om den aktuella punkten (PG13). Sedan provtagningstillfället har inga bensenhalter uppmätts över laboratoriets rapporteringsgräns. Halter av toluen har sjunkit avsevärt.

Uppmätta halter av toluen inom området varierar över tid, med överlägset högst halter uppmätta vid provtagning utförd i april 2018, se Tabell 2 nedan. Vid provtagningar utförda under 2020 noterades betydligt lägre föroreningshalter och vid det senaste provtagningstillfället, utfört i september 2020, uppmättes endast halter under eller strax över laboratoriets rapporteringsgräns.

4 (7)

TEKNISKT PM PORLUFT,
GASVERKSOMRÅDET, NORRA
DJURGÅRDSSTADEN

Tabell 2. Uppmätta halter av BTEX (bensen (B), etylbensen (E), Toluen (T) och xylen (X)) min och max, antal provtagningstillfällen samt senaste provtagningstillfälle (år). Endast maxhalt av detekterade parametrar redovisas i tabellen. Samtliga halter i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Benämningen e.d. innebär att inga halter uppmätts över laboratoriets rapporteringsgräns.

Punkt	Antal prover	Senast provtagen (år)	Min	Max	Kommentar
16SL1	1	2016	-	e.d.	
16SL3	1	2016	-	e.d.	
16SL5	1	2016	-	e.d.	
PG01	3	2020	e.d.	40,2 (T)	Högst halter uppmätt 2018
PG02	3	2020	e.d.	171,0 (T)	Högst halter uppmätt 2018
PG03	1	2018	-	e.d.	
PG04	3	2020	e.d.	39,0 (T)	Högst halter uppmätt 2018 och juli 2020
PG05	1	2018	-	34,8 (T)	
PG06	2	2020	e.d.	2,1 (T)	Högst halter uppmätt 2018
PG07	1	2018	-	e.d.	
PG08	1	2018	-	130,0 (T)	
PG09	1	2018	-	e.d.	
PG10	1	2018	-	e.d.	
PG11	1	2018	-	e.d.	
PG12	3	2020	e.d.	573,0 (B)	Överlägset högst halter uppmätta 2018, vid provtagningar utförda under 2020 (2 st) har inga bensenhalter uppmätts över laboratoriets rapporteringsgräns.
PG13	3	2020	e.d.	674,0 (T)	Överlägset högst halter uppmätt 2018.
PG14	1	2018	-	e.d.	
PG15	1	2018	-	e.d.	
PG16	1	2018	-	25,3 (T)	
20SPL07	1	2020	-	2,8 (X)	

Förhöjda halter av PAH i porluft har främst påträffats inom området öster om hus 21, men också öst om hus 19 och söder om hus 24. Dataunderlaget för PAH är för litet för att dra några slutsatser kring variationer över tid.

Tabell 3. Uppmätta halter av PAH min och max, antal provtagningstillfällen samt senaste provtagningstillfälle (år). För punkter där flera ämnen uppmätts över laboratoriets rapporteringsgräns redovisas endast det ämne som uppmätts i högst halter i förhållande till tillämpade riktvärden. Samtliga halter i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Benämningen e.d. innebär att inga halter uppmätts över laboratoriets rapporteringsgräns.

Punkt	Antal prover	Senast provtagen (år)	Min	Max	Kommentar
PG01	3	2021	e.d.	0,086 (naftalen)	Högst halter uppmätt 2021.
PG02	2	2021	e.d.	0,046 (fenantren)	Högst halter uppmätt 2020. Uppmätt halt av fenantren över riktvärdet, RISKin, vid provtagningen i september 2020.
PG03	1	2021	-	0,15 (naftalen)	
PG04	2	2021	0,068	0,17 (naftalen)	Högst halter uppmätt 2020.
PG06	1	2021	-	0,25 (naftalen)	
PG12	1	2020	-	e.d.	
PG13	1	2020	-	0,14 (naftalen)	
PL01	1	2020	-	0,42 (naftalen)	
PL03	1	2020	-	0,068 (naftalen)	
PL04	1	2020	-	0,56 (naftalen)	Uppmätt halt av fenantren över riktvärdet, RISKin, vid provtagningen i september 2020.
PL05	1	2020	-	e.d.	
PL07	2	2021	e.d.	0,0082 (flouren)	Högst halter uppmätt 2020.
21SPL02	1	2021	-	2,0 (naftalen)	
21SPL03	1	2021	-	6,5 (naftalen)	Uppmätt halt av naftalen över riktvärdet, RfC, vid provtagningen i april 2021.

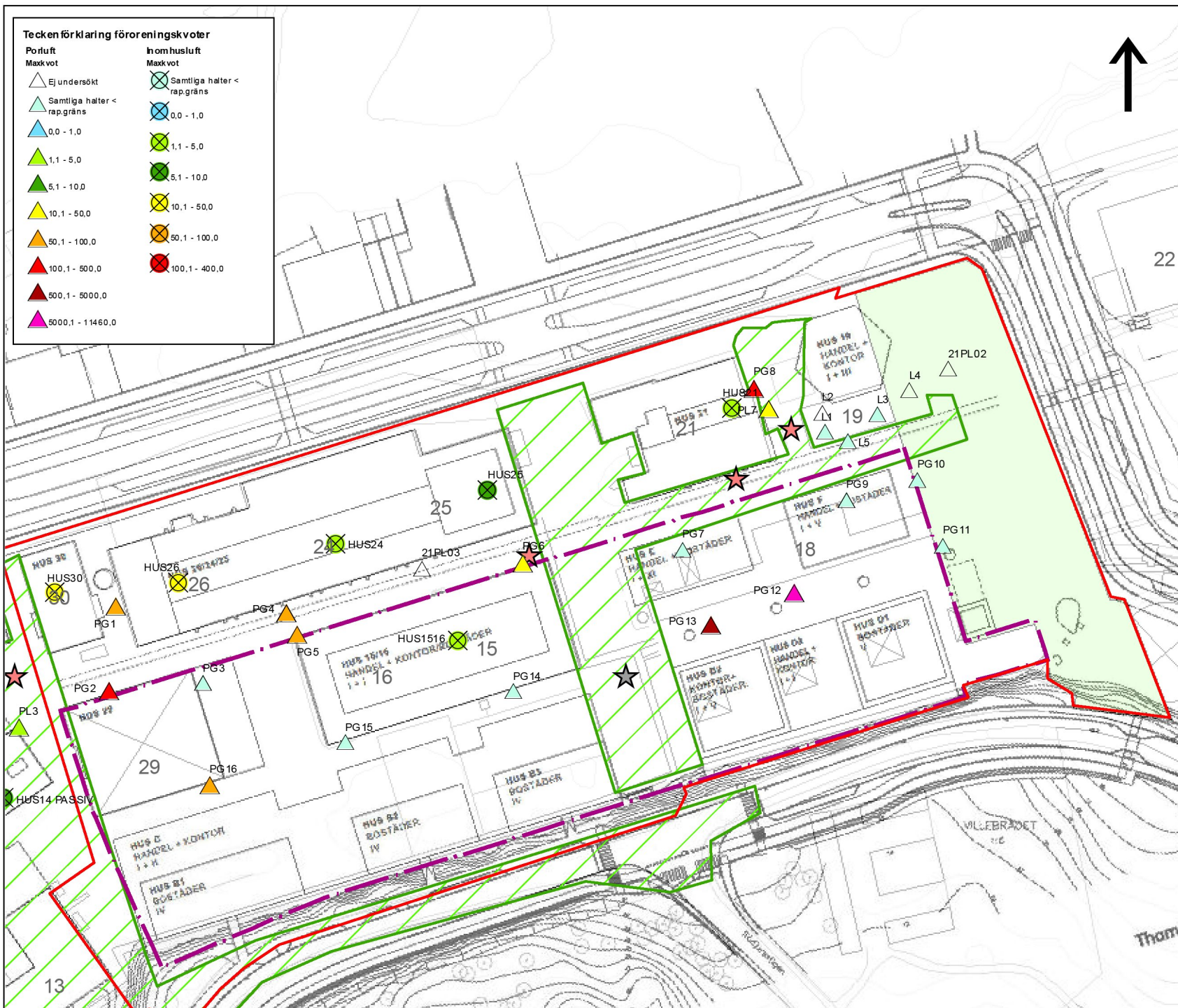
Förhöjda halter av nämnda ämnen har även uppmätts i inomhusluft i hus 21, 26/24/25 och 30. Halter av toluen är generellt lägre i inomhusluft än de halter som uppmätts i porluft i anslutning till byggnader. För PAH och bensen är halterna i inomhusluft i flera fall högre eller i nivå med halter uppmätta i porluft. Det senare tyder på att uppmätta halter av PAH och bensen i inomhusluft snarare härstammar från föroreningar i bottenplatta, väggar eller andra byggnadsmaterial än från föroreningar i jord under och runt byggnaden, även om ett tillskott från det senare inte helt kan uteslutas. Förorening av bland annat tjära har noterats i bottenplatta och väggar i flera av byggnaderna. Dataunderlaget för PAH i porluft är dock mycket begränsat varför det är svårt att dra några säkra slutsatser.

I två punkter, PL1-2016 och PL2-2016, strax väst om Gasverket östra, uppmättes höga halter av bensen vid undersökningar av porluft utförda under 2016. Jordmassor kring de aktuella punkterna avlägsnades ner till berg i samband med markreningsentreprenad utförd under 2016–2017. Vid entreprenaden påträffades, utöver jordmassor med förhöjda halter av BTEX, även en tjärförorening i fri fas strax sydväst om de aktuella punkterna. Prov från närliggande punkt, 20SPL03, uppvisade inga halter av BTEX över laboratoriets rapporteringsgräns vid provtagning utförd under 2020.

6 (7)

TEKNISKT PM PORLUFT,
GASVERKSOMRÅDET, NORRA
DJURGÅRDSSTADEN

Kartor med beräknade förorenings- och riskkvoter



GASVERKSOMRÅDET ÖSTRA, NORRA DJURGÅRDSSTADEN

Föreningenskvoter
porluft och inomhusluft
- BTEX

Uppmätta halter
jämförs mot analysens
rapporteringsgräns.

Teckenförklaring

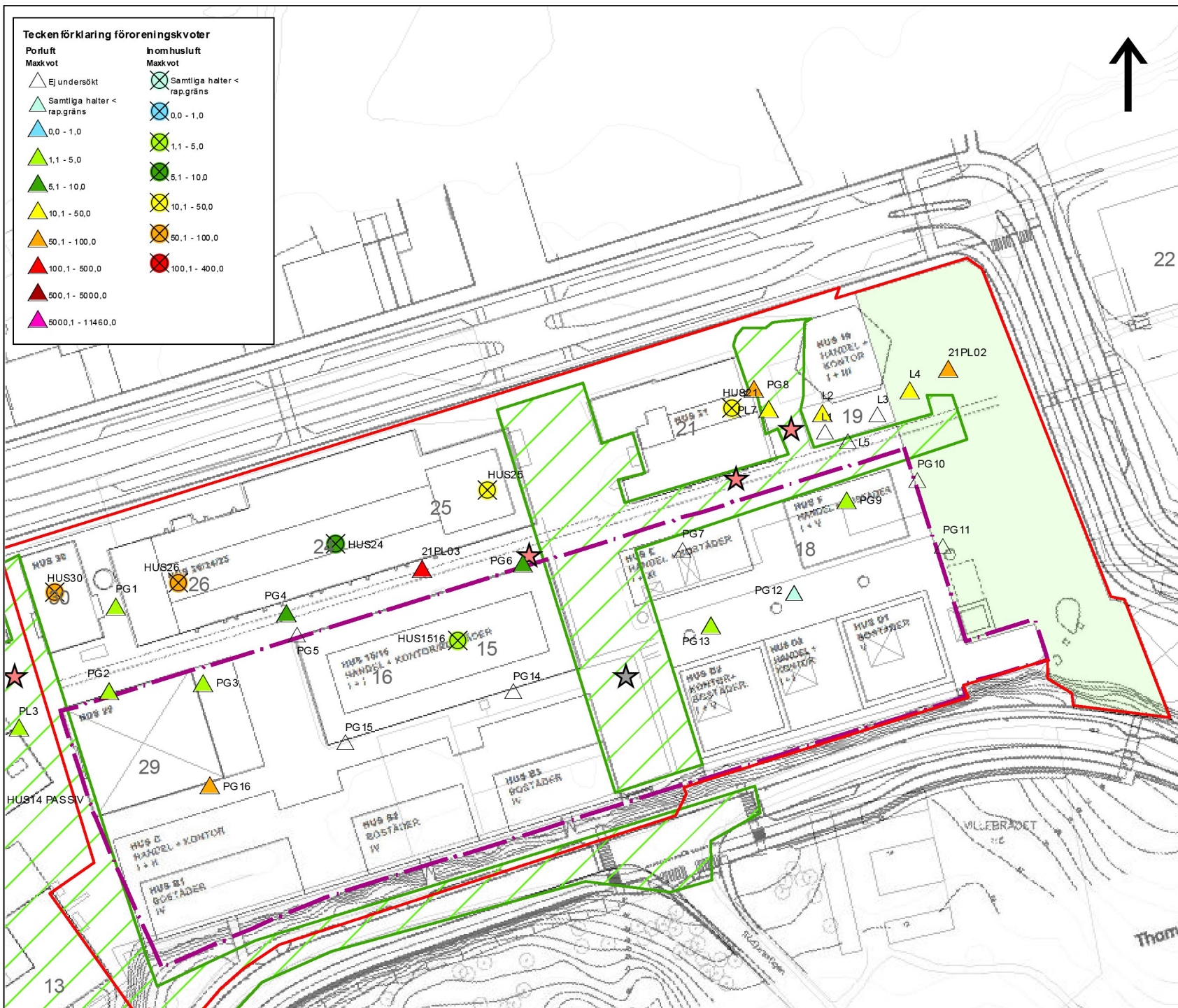
- ★ Känd restförorening med flyktiga egenskaper
- ☆ Tjära i berg påträffat och avlägsnat inom ledningsschakt, entreprenad E-322.
- Detaljplanegräns
- Planerat garage
- Sanerad 2014-2020
- Planerad parkmark

SWECO

Gjörwellsg 22
Växel: 08-695 60 00 Fax: 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Marika Jansson	KONSTR Erika Schedin
ORT Stockholm	DATUM 2021-05-19
SKALA 1:1 400	FORMAT A4
	REV

0 10 20 30 40 50 m



Teckenförklaring föröreningskvoter

Porluft Maxkvot	Inomhusluft Maxkvot
△ Ej undersökt	⊗ Samtliga halter < rap.gräns
△ Samtliga halter < rap.gräns	⊗ 0,0 - 1,0
△ 0,0 - 1,0	⊗ 1,1 - 5,0
△ 1,1 - 5,0	⊗ 5,1 - 10,0
△ 5,1 - 10,0	⊗ 10,1 - 50,0
△ 10,1 - 50,0	⊗ 50,1 - 100,0
△ 50,1 - 100,0	⊗ 100,1 - 400,0
△ 100,1 - 500,0	
△ 500,1 - 5000,0	
△ 5000,1 - 11460,0	

GASVERKSOMRÅDET
ÖSTRA, NORRA
DJURGÅRDSSTADENFöreningskvoter
porluft och inomhusluft
- PAHUppmätta halter
jämförs mot analysens
rapporteringsgräns.

Teckenförklaring

- ★ Känd restförorening med flyktiga egenskaper
- ☆ Tjära i berg påträffat och avlägsnat inom ledningsschakt, entreprenad E-322.
- Detaljplanegräns
- Planerat garage
- Sanerad 2014-2020
- Planerad parkmark

SWECO

Gjörwellsg 22
Växel: 08-695 60 00 Fax: 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Marika Jansson	KONSTR Erika Schedin
ORT Stockholm	DATUM 2021-05-19
SKALA 1:1 400	FORMAT A4
	REV

0 10 20 30 40 50 m



BILAGA 2.

Tekniskt PM jord, Gasverket Östra

TEKNISKT PM JORD, GASVERKSOMRÅDET ÖSTRA, NORRA DJURGÅRDSSTADEN

13000579-028

2020-11-10

Inledning

Detta PM utgör en sammanfattning av resultat från utförda undersökningar av jord inom och i anslutning till detaljplaneområdet Gasverksområdet östra. Informationen ämnar utgöra underlag för detaljplanearbetet samt den riskbedömning som utförs i anslutning till detta.

Underlag

Undersökningar som omfattar jord har inom området utförts i omgångar, dels i samband med översiktliga undersökningar, dels i samband med markentreprenader inom området. Nedan listas de resultatrapporter som ligger till grund för resultatsammanställningen i detta PM.

- Golder 2015, *Resultatsammanställning och miljökontroller Norra Djurgårdsstaden E-303 schakt och markrening Norra 2 och del av Gasverket* daterad 2015-07-02.
- Structor 2016, *Samlad miljöbedömning avseende föroreningar i mark och byggnad för detaljplanen Lilla Gasverket i Hjorthagen* daterad 2016-09-06.
- Sweco 2015, *Gasverksområdet Miljöteknisk markundersökning* daterad 2015-11-13.
- Sweco 2017, *Miljöteknisk markundersökning av jord och porluft i och kring hus 19, Norra Djurgårdsstaden* daterad 2017-01-13.
- Sweco 2019, *E-322 Terminalgatan schakt och markrening, Norra Djurgårdsstaden* daterad 2019-02-18 reviderad 2019-05-02.
- Sweco 2019, *E-325 Gasverksområdet HD1 och HD2 schakt och markrening, Norra Djurgårdsstaden* daterad 2019-04-03 reviderad 2019-09-27.
- Sweco 2019, *Kompletterande miljötekniska markundersökningar inom Gasverket östra, Norra Djurgårdsstaden* daterad 2019-01-11 rev 2020-08-28.

1 (10)

Sweco
Gjörwellsgatan 22
Box 340 44
SE-100 26 Stockholm, Sverige
Telefon +46 (0)8 695 60 00
Fax +46086956010
www.sweco.se

Sweco Environment AB
Org.nr 556346-0327
Styrelsens säte: Stockholm

Anna Ahlgren Mårtensson

Telefon direkt +46 (0)104 84 50 07
Mobil +46 (0)702 30 30 37
anna.ahlgren-martensson@sweco.se

- Sweco 2019, *E-325 Markrening HD4, HD5 och Triangeln, Norra Djurgårdsstaden* daterad 2019-12-20.
- Sweco 2020, *Schakt och markrening inom E-325 Gasverket östra. Norra Djurgårdsstaden, arbetsområde kring hus 19 och 21 samt yta B och C* daterad 2020-09-04.

Information har även erhållits i form av resultattabeller och kartor från CA-fastigheter och Structor.

Metodbeskrivning

Dataunderlag

Dataunderlaget som ligger till grund för resultaten i detta PM utgörs av samtliga prover som uttagits på jord i schaktbotten eller jord som finns kvar inom området, Gasverket östra, efter utförda markreningssentreprenader. Data har även inkluderats från enstaka punkter direkt väst om detaljplaneområdets västra gräns. Sammanlagt utgörs dataunderlaget av 346 prover uttagna från 140 provpunkter, se Figur 1.



Figur 1. Provpunkter markerade med grå cirkel. Grönstreckade områden har sanerats. Stjärnor markerar kända restföroreningar med flyktiga egenskaper.

2 (10)

TEKNISKT PM JORD,
GASVERKSOMRÅDET ÖSTRA, NORRA
DJURGÅRDSSTADEN

Bedömningsgrunder

Föroreningshalter som uppmätts i jord inom detaljplaneområdet har jämförts mot Storstadsspecifika riktvärden (SSR) för jord i Stockholm (Stockholms stad, 2019). Riktvärden har framtagits för en rad olika markanvändningsscenarier. De scenarier som bedöms relevanta för aktuellt område är följande:

B. Flerbostadshus, 0-1 m – Avser jord inom områden med flerbostads-hus. Inom området kan mindre planteringar förekomma från vilken ätliga växter kan konsumeras i begränsad omfattning. Det finns skyddsvärd markmiljö inom området.

1. Utan källare/underliggande garage
2. Med källare/underliggande garage utan verksamhet

D. Nyanlagda parker och grönytor, 0-1 m – Avser jord i nyanlagda parker och grönytor från vilken ätliga växter kan konsumeras i begränsad omfattning. Byggnader där vuxna eller barn stadigvarande vistas finns inte inom området. Det finns skyddsvärd markmiljö inom området.

F. Djupare jord – Avser jord över grundvattenytan samt under grund-vattenytan om risken för spridning med grundvattnet är låg eller måttlig. Föroreningar i den djupa jorden har inte någon direkt påverkan på markmiljön i överliggande jord.

1. Inom bostadskvarter samt områden för förskola och skola, > 1 m
 - a. Utan källare/underliggande garage
 - b. Med källare/underliggande garage
3. Under parker och grönytor, > 1 m

Jordartena inom aktuellt domineras av fyllnadsmassor med bedömt genomsläpplig karaktär. Resultat har därmed jämförts mot riktvärden för genomsläppliga jordar.

I utförd sammanställning jämförs resultat för ämnen med flyktiga egenskaper mot envägskoncentration för *intag av ånga*. Detta då kritiken från Länsstyrelsen, angående preliminärt detaljplaneförslag, främst riktats mot risker kopplade till ånginträngning.

Samtliga ämnen jämförs även mot ett hälsoriktvärde vilket utgörs av den lägsta av envägskoncentrationer för *intag av jord, hudkontakt och intag av damm*. Detta delriktvärde benämns fortsättningsvis *hälsa exkl ånga*. För parkmark har resultat för jordprover som uttagits inom det övre markskiktet, 0-1 meter, även jämförts mot delriktvärden för *markmiljö* samt envägskoncentration *intag av växter*. Inom övriga delar av området, vilka utgörs av kvartermark, erbjuder detaljplanen inga förutsättningar för odling av ätbara växter. Markmiljön inom kvartermarken bedöms i enlighet med tidigare utförd riskbedömning för Norra Djurgårdsstaden daterad 2011-12-20 (Golder, 2011) ha ett mycket lågt skyddsvärde. Resultat för prover uttagna inom dessa områden jämförs därmed inte mot envägskoncentration för *intag av växter* eller mot delriktvärden för skydd av *markmiljö*. I Tabell 1 redovisas tillämpade

riktvärden för de olika markanvändningsscenarierna som bedöms vara relevanta för det aktuella området.

Tabell 1. Tillämpade riktvärden för metaller för olika markanvändningsscenarier; flerbostadshus med källare (B2 och F1b) och utan källare (B1 och F1a) samt parkmark (D och F3). Samtliga halter i mg/kgTS.

Ämne\Område	Envägskoncentration inandning av ånga					Hälsa exkl ånga			Markmiljö
	0-1 m		> 1 m			0-1 m		> 1 m	0-1 m
	B1 och B2	D	F1a	F1b	F3	B1 och B2	D	F1a, F1b och F3	D
Arsenik	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	10**	10**	87	40
Barium	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	2 500	1 300	23 000	300
Bly	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	180	88	1 600	400
Kadmium	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	18	2,8	160	12
Kobolt	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	180	60	1 600	35
Koppar	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	54 000	5 600	370 000	200
Krom tot	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	190 000	94 000	ej begr.***	150
Kviksilver	0,5**	0,5**	0,5**	0,5**	0,8	12	1,5	100	10
Nickel	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	1 400	500	9 100	120
Zink	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	b.e.*	38 000	6 800	340 000	500

B1. Flerbostadshus utan källare 0-1 m

B2. Flerbostadshus med källare 0-1 m

D. Parkmark 0-1 m

F1a. Flerbostadshus utan källare > 1m

F1b. Flerbostadshus med källare > 1m

F3. Parkmark > 1m

* Beaktas ej

** Justerad map bakgrundshalt

***Hälsa ej begränsande för sammanvägt riktvärde, värde har ansatts till 1 000 000 vid beräkning av riskkvoter.

Tabell 2. Tillämpade riktvärden för organiska ämnen för olika markanvändningsscenarier; flerbostadshus med källare (B2 och F1b) och utan källare (B1 och F1a) samt parkmark (D och F3). Samtliga halter i mg/kgTS.

Ämne\ Område	Envägskoncentration inandning av ånga						Hälsa exkl ånga			Markmiljö
	0-1 m			> 1 m			0-1 m		> 1 m	0-1 m
	B1	B2	D	F1a	F1b	F3	B1 och B2	D	F1a, F1b och F3	D
PAH-L	7,7	23	61	12,0	26	120	3 800	320	32 000	15
PAH-M	1,7	5,2	14,0	2,8	5,9	26,0	650	68	3 200	40
PAH-H	890	2 700	6 000	930	2 600	7 200	13	3,3	64,0	10
Bensen	0,03	0,09	0,23	0,05	0,10	0,41	290	1,7	1 800	50
Toluen	2,9	8,8	23,0	4,5	10	41	28 000	480	250 000	50
Etylbensen	15	46	120	24	51	220	12 000	370	110 000	50
Xylen	2,4	7,2	19,0	3,8	8,1	35,0	23 000	530	200 000	50
Alifat >C5-C8	21	63	72	21	63	150	91 000	20 000	270 000	200
Alifat >C8-C10	5,0	15	35	6,7	16	60	9 100	1 200	27 000	500
Alifat >C10-C12	31	92	240	49	100	450	9 100	2 200	27 000	500
Alifat >C12-C16	140	430	1 100	230	480	2 100	9 100	3 900	27 000	500
Alifat >C16-C35	81 000	240 000	640 000	130 000	270 000	ej begr.	250 000	130 000	ej begr.**	1 000
Aromat >C8-C10	12	36	96	20	41	180	3 700	330	11 000	50
Aromat >C10-C16	570	1 700	4 600	930	1 900	8 600	5 100	350	30 000	15
Aromat >C16-C35	1 200	3 600	9 500	1 900	4 000	18 000	3 800	420	23 000	40

B1. Flerbostadshus utan källare 0-1 m

F1a. Flerbostadshus utan källare > 1m

B2. Flerbostadshus med källare 0-1 m

F1b. Flerbostadshus med källare > 1m

D. Parkmark 0-1 m

F3. Parkmark > 1m

* Beaktas ej

** Hälsa ej begränsande för sammanvägt riktvärde, värde har ansatts till 1 000 000 vid beräkning av riskkvoter.

Riskkvoter

För att identifiera områden med förhöjda föroreningshalter har riskkvoter beräknats genom att dividera uppmätt halt mot ett referensvärde, se ekvation 1 nedan.

$$\frac{\text{Uppmätt halt}}{\text{Referensvärde}} = \text{Riskkvot}$$

Riskkvot > 1:
Referensvärde överskrids

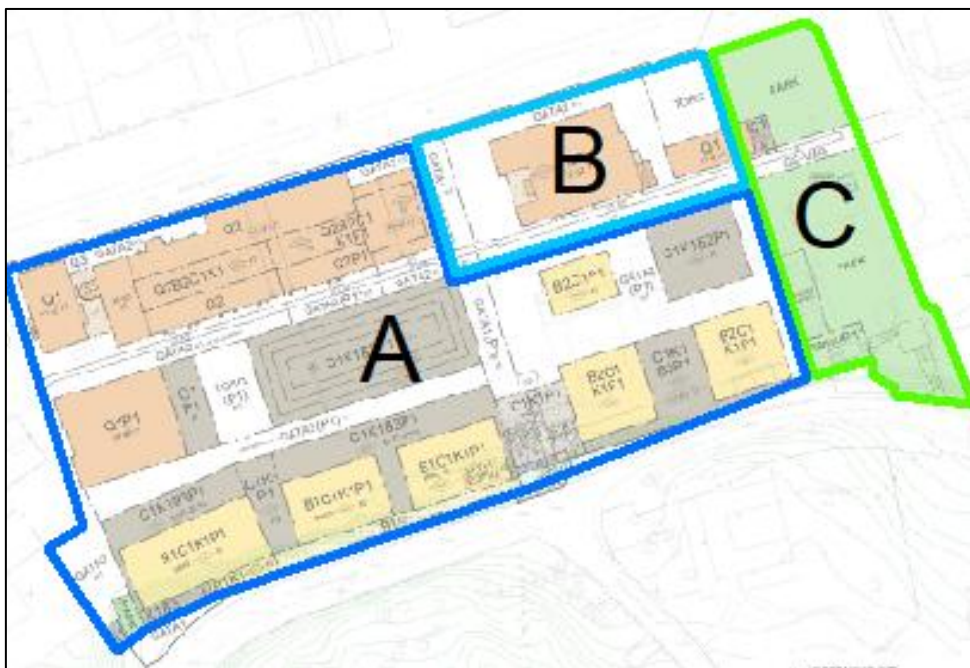
De referensvärden som använts vid utförd bedömning utgörs av delriktvärden vilka finns specificerade i Tabell 3 nedan. Val av referensvärde baseras på planerad markanvändning enligt preliminär detaljplan för Gasverket östra, se Figur 2.

Tabell 3. Tillämpade riktvärden för respektive delområde och jorddjup (0-1 m samt > 1m från markytan).

Riktvärde	Område (se Figur 2)	Delriktvärde	Kommentar
B1. Flerbostadshus utan källare 0-1 m	B	Hälsa exkl ånga	Samtliga ämnen
		Envägskoncentration för inandning av ånga	Ämnen med flyktiga egenskaper
B2. Flerbostadshus med källare 0-1 m	A	Hälsa exkl ånga	Samtliga ämnen
		Envägskoncentration för inandning av ånga	Ämnen med flyktiga egenskaper
D. Parkmark 0-1 m	C	Hälsa exkl ånga	Samtliga ämnen
		Markmiljö	Samtliga ämnen
F1a. Flerbostadshus utan källare > 1 m	B	Hälsa exkl ånga	Samtliga ämnen
		Envägskoncentration för inandning av ånga	Ämnen med flyktiga egenskaper
F1b. Flerbostadshus med källare > 1 m	A	Hälsa exkl ånga	Samtliga ämnen
		Envägskoncentration för inandning av ånga	Ämnen med flyktiga egenskaper
F3. Parkmark > 1 m	C	Hälsa exkl ånga	Samtliga ämnen

6 (10)

TEKNISKT PM JORD,
GASVERKSOMRÅDET ÖSTRA, NORRA
DJURGÅRDSSTADEN



Figur 2. Preliminär detaljplan med planerad markanvändning A – flerbostadshus med källare, B – flerbostadshus utan källare och C- parkmark.

Resultat

I följande avsnitt redovisas framtagna kartor med beräknade riskkvoter. En kort sammanfattning följer nedan.

Kraftigt förhöjda halter av framförallt PAHer noteras inom stora delar av området, främst de norra delarna. Föroreningarna förekommer över hela jordprofilen, dock i något mindre frekvens på djup mindre än +3 (cirka 3 meter eller mer från markytan).

Högst föroreningshalter förekommer i område norr om hus 29. Höga föroreningshalter förekommer även i området öst/ sydöst om hus 21 samt i direkt anslutning till hus 26/24/25. Inom områdets södra delar är föroreningshalterna generellt betydligt lägre.

Föroreningar som förekommer i området kring hus 21 samt väst om hus 30 utgörs främst av restföroreningar som kvarlämnats i schaktväggar eller in mot byggnader för att inte riskera skador på byggnaderna. Föroreningar som förekommer söder om hus 26/24/25 samt norr om hus 29 sammanfaller med den tjärledning som löper genom området. Föroreningar norr om hus 29 angränsar även till område där tjärfack sanerats i samband med onsitesanering 2005 samt där kvarlämnat tjärfack med tjära i fri fas påträffades vid markarbeten under 2018.

Riskkvoter som indikerar risk för ångtransport noteras främst inom område norr om hus 29 samt sydöst om hus 21. Styrande ämnen utgörs i båda fallen av PAH-M. För prover som uttagits under byggnader inom detaljplaneområdet noteras indikation för ångavgång under hus 21, 24 och 30. Styrande ämnen utgörs i dessa fall av PAH-M och kvicksilver.

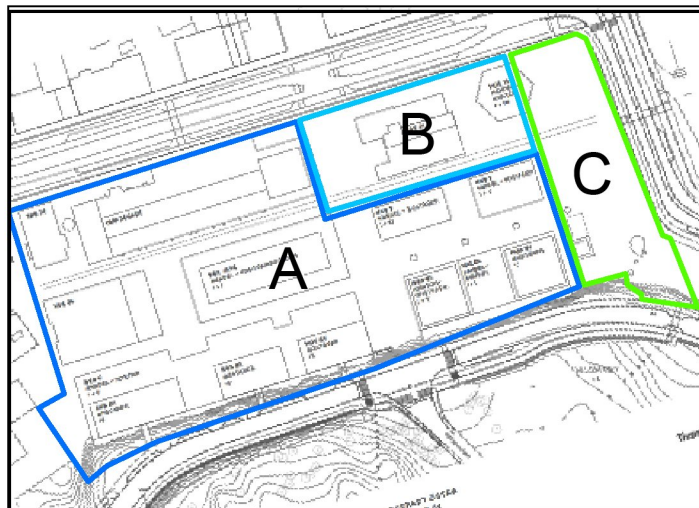
Riskkvoter beräknade för *hälsorisker exkl ånga* samt *markmiljö* är genomgående avsevärt lägre än riskkvoter beräknade för *ångtransport*. Förhöjda riskkvoter för de förstnämnda sammanfaller med områden med höga riskkvoter för *ångtransport*. Styrande hälsorisker utgörs, utöver risk för *inandning av ånga*, främst av *intag av jord* men även *hudkontakt*. Inom parkmark utgörs styrande hälsorisker av *intag av växter*.

Föroreningshalter som indikerar förekomst av fri fas noteras norr om hus 29 och hus 25 samt öst om hus 21. De aktuella föroreningarna utgörs av PAH-M och PAH-H.

8 (10)

TEKNISKT PM JORD,
GASVERKSOMRÅDET ÖSTRA, NORRA
DJURGÅRDSSTADEN

Kartor med beräknade riskkvoter



Hälsa exkl ånga



GASVERKSOMRÅDET ÖSTRA, NORRA DJURGÅRDSSTADEN

Riskkvoter
jordResultat jämförs mot
delriktvärde *Hälsa exkl
ånga*

Teckenförklaring

Riskkvoter jord 0-1 m

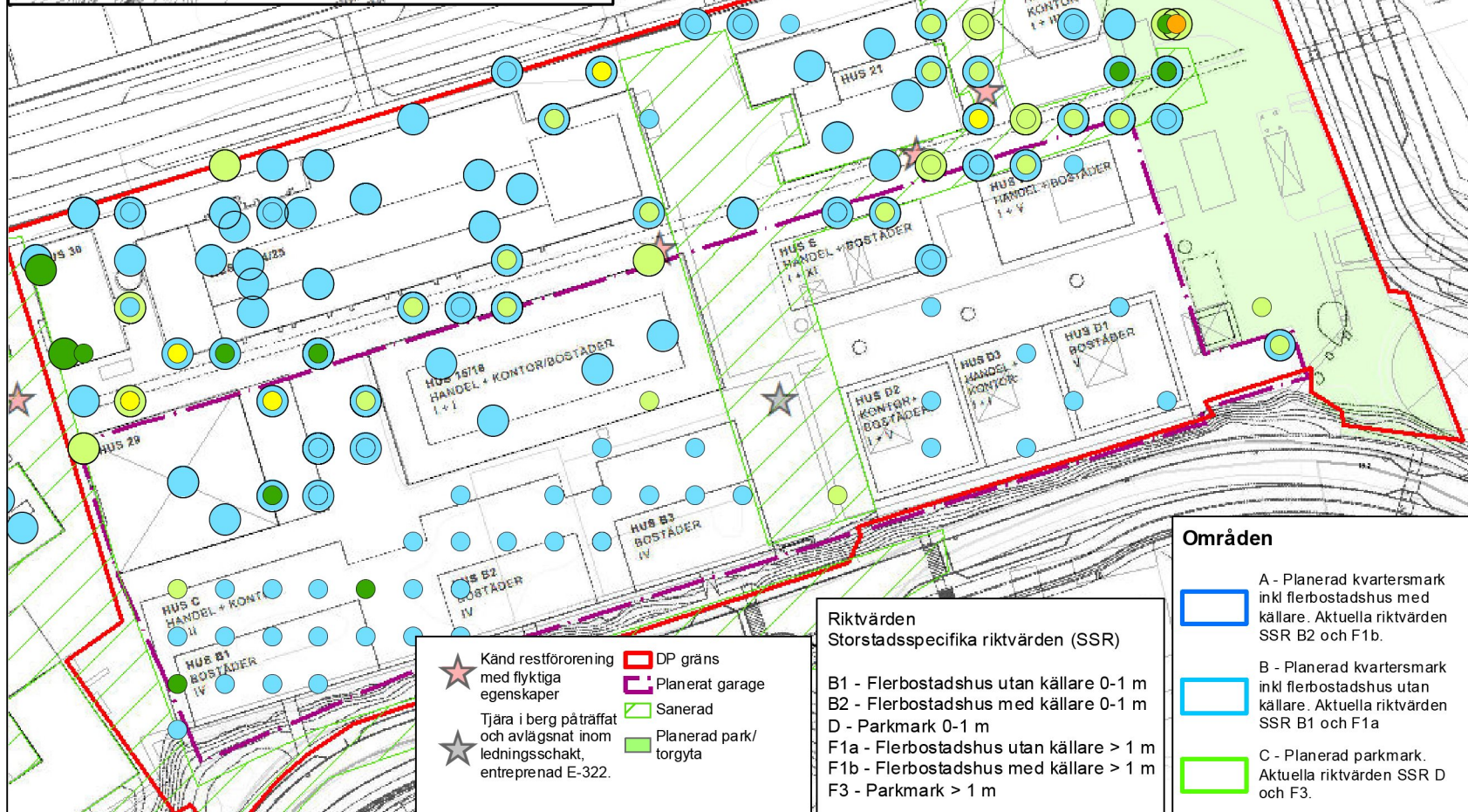
Maxkvot

- 0,0 - 1,0
- 1,1 - 5,0
- 5,1 - 10,0
- 10,1 - 50,0
- 50,1 - 100,0
- 100,1 - 500,0

Riskkvoter jord >1 m

Maxkvot

- 0,0 - 1,0
- 1,1 - 5,0
- 5,1 - 10,0
- 10,1 - 50,0
- 50,1 - 100,0
- 100,1 - 500,0



- ★ Känd restförening
med flyktiga
egenskaper
- ★ Tjära i berg påträffat
och avlägsnat inom
ledningsschakt,
entreprenad E-322.

- DP gräns
- Planerat garage
- Sanerad
- Planerad park/
torgyta

Riktvärden Storstadsspecifika riktvärden (SSR)

- B1 - Flerbostadshus utan källare 0-1 m
- B2 - Flerbostadshus med källare 0-1 m
- D - Parkmark 0-1 m
- F1a - Flerbostadshus utan källare > 1 m
- F1b - Flerbostadshus med källare > 1 m
- F3 - Parkmark > 1 m

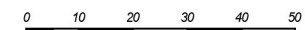
Områden

- A - Planerad kvartersmark
inkl flerbostadshus med
källare. Aktuella riktvärden
SSR B2 och F1b.
- B - Planerad kvartersmark
inkl flerbostadshus utan
källare. Aktuella riktvärden
SSR B1 och F1a
- C - Planerad parkmark.
Aktuella riktvärden SSR D
och F3.

SWECO

Görwellsgr 22
Växel: 08-695 60 00 Fax: 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Marika Jansson	KONSTR Erika Schedin
ORT Stockholm	DATUM 2022-03-28
SKALA 1:1 400	FORMAT A4
	REV



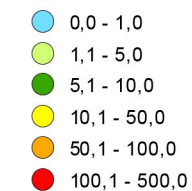
Risikkvoter
jord

Resultat jämförs mot
envägsexponering
Inandning av ånga

Teckenförklaring

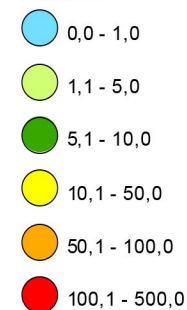
Risikkvoter jord 0-1 m

Maxkvot



Risikkvoter jord >1 m

Maxkvot









Områden

- A - Planerad kvartersmark
inkl flerbostadshus med
källare. Aktuella riktvärden
SSR B2 och F1b.
- B - Planerad kvartersmark
inkl flerbostadshus utan
källare. Aktuella riktvärden
SSR B1 och F1a
- C - Planerad parkmark.
Aktuella riktvärden SSR D
och F3.

Riktvärden
Storstadsspecifika riktvärden (SSR)

- B1 - Flerbostadshus utan källare 0-1 m
B2 - Flerbostadshus med källare 0-1 m
D - Parkmark 0-1 m
F1a - Flerbostadshus utan källare > 1 m
F1b - Flerbostadshus med källare > 1 m
F3 - Parkmark > 1 m

-  Känd restförorening med flyktiga egenskaper
 Tjära i berg påträffat och avlägsnat inom ledningsschakt, entreprenad E-322.
-  DP gräns
 Planerat garage
 Sanerad
 Planerad park/torgyta

SWECO 

Gjörwells g 22
Växel: 08-695 60 00 Fax: 08-695 60 10

UPPDRAKTSANSVAR

G	KONSTR Erika Schedin
---	-------------------------

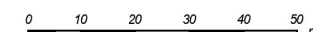
ORT
Stockholm

DATUM	2022-03-28
-------	------------

SKALA
1:1 400

	FORMA A4
--	-------------

REV



BILAGA 3.

Tekniskt PM grundvatten, Gasverket Östra

TEKNISKT PM GRUNDVATTEN, GASVERKSOMRÅDET ÖSTRA, NORRA DJURGÅRDSSTADEN

13000579-028

2021-11-05

Inledning

Detta PM utgör en sammanfattning av resultat från utförda undersökningar av grundvatten i övre och undre akvifären i mark inom och i anslutning till detaljplaneområdet Gasverksområdet östra. Informationen ämnar utgöra underlag för detaljplanearbetet samt den riskbedömning som utförs i anslutning till detta. En sammanställning av resultat för grundvatten i berg redovisas i separat PM.

Underlag

Undersökningar som omfattar grundvatten har inom området utförts i omgångar, dels i samband med översiktliga undersökningar, dels i samband med markentreprenader inom området. Undersökningar har även utförts löpande inom ramen för det kontrollprogram som upprättats för Norra Djurgårdsstaden, generellt fyra gånger per år. Nedan listas de resultatrapporter som ligger till grund för resultatsammanställningen i detta PM.

- Sweco 2015, Gasverksområdet Miljöteknisk markundersökning daterad 2015-11-13.
- Sweco 2019, E-325 Gasverksområdet HD1 och HD2 schakt och markrening, Norra Djurgårdsstaden daterad 2019-04-03 reviderad 2019-09-27.
- Sweco 2019, Kompletterande miljötekniska markundersökningar inom Gasverket östra, Norra Djurgårdsstaden daterad 2019-01-11 rev 2020-08-28.
- Sweco 2019, E-325 Markrening HD4, HD5 och Triangeln, Norra Djurgårdsstaden daterad 2019-12-20.
- WSP, 2011. Stockholm, Norra Djurgårdsstaden, Gasverksområdet Handling 6.1 PM Geoteknik Programhandling granskningshandling daterad 2011-12-01.

1 (11)

Sweco
Gjörwellsgatan 22
Box 340 44
SE-100 26 Stockholm, Sverige
Telefon +46 (0)8 695 60 00
Fax +46086956010
www.sweco.se

Sweco Environment AB
Org.nr 556346-0327
Styrelsens säte: Stockholm

Erika Schedin

Mobil +46 (0)734 12 65 42
erika.schedin@sweco.se

- Sweco 2015–2019., Årsrapporter för provtagning av grundvatten inom Hjorthagen, kontrollprogram för omgivningspåverkan Norra Djurgårdsstaden, 2015–2019.

Metodbeskrivning kartbaserat utvärdering av resultat

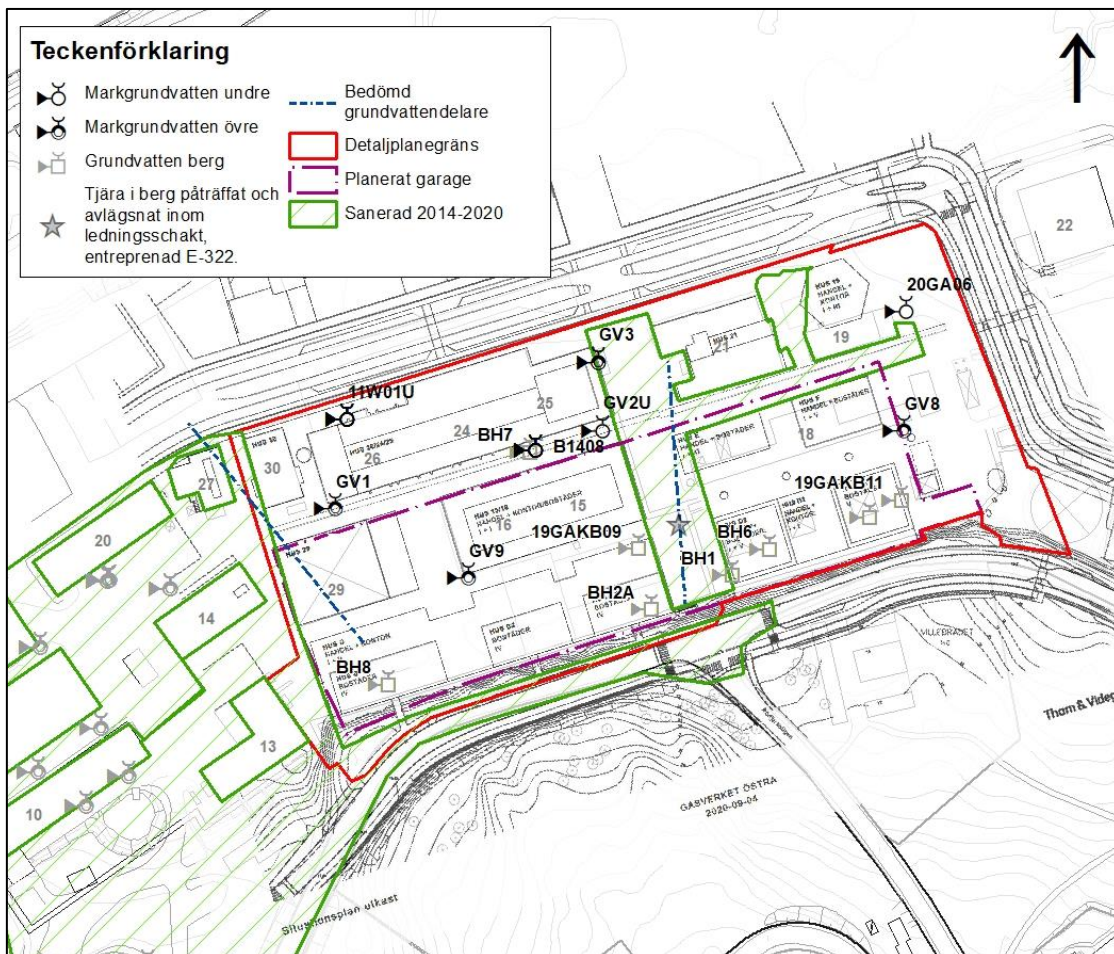
Omfattning

I utvärderingen ingår samtliga undersökta grundvattenrör inom detaljplaneområdet, totalt 8 stycken. Initialt ingick även 10 stycken grundvattenrör, lokaliserade direkt väst om detaljplaneområdet.

Efter studie av hydrogeologiska förhållanden i området väster om detaljplaneområdet bedömdes grundvattnet inom denna del strömma i nordlig/ nordvästlig riktning, bort från Gasverksområdet östra, och inte påverka detaljplaneområdet. De aktuella grundvattenrören har därmed inte inkluderats i den fortsatta utvärderingen. Studierna baseras på data från geotekniska undersökningar, tolkningar av uppmätta grundvattennivåer samt observationer från utförda schaktarbeten norr om hus 14. Data indikerar bl.a. att en grundvattendelare är lokaliserad norr om hus 14.

Dataunderlag

Dataunderlaget som ligger till grund för resultaten i detta PM har inhämtats från grundvattenrör inom detaljplaneområdet mellan 2015 och 2020 samt mellan 2018 och 2020. Den längre tidsperioden (2015–2020) har valts för att ge en bild av förändringar av föroreningshalter över tid. Den kortare tidsserien har valts för att ge en bild av nuläget. Sammanlagt ingår 8 grundvattenrör. Av dessa är 4 installerade i det övre grundvattenmagasinet och 4 i det undre grundvattenmagasinet, se Figur 1. Några av grundvattenrören har provtagits vid flera tillfällen inom den aktuella tidsperioden (2015–2020). Totalt utgörs dataunderlaget av resultat från 47 analyserade prover över tidsperioden 2015–2020 samt 27 prover över tidsperioden 2018–2020.



Figur 1. Grundvattenrör som ingår i dataunderlaget. Gråmarkerade rör har utvärderats men behandlas inte vidare i detta PM då grundvattnet i området för rören inte bedöms påverka det aktuella detaljplaneområdet.

Utvärdering av data baserat på föroreningskvoter

Föroreningskvoter har beräknats genom att dividera uppmätt halt mot ett referensvärde, i detta fall värdet för analysens rapporteringsgräns alternativt bedömda bakgrundshalter, se Ekvation 1. Syftet med beräkningarna är att, genom att normalisera de uppmätta halterna, lättare identifiera områden med påvisat förhöjda föroreningshalter. Ju högre föroreningskvot, desto högre halt i förhållande till analysens rapporteringsgräns alternativt i förhållande till bakgrundshalt. En hög kvot i detta steg behöver inte medföra att föroreningshalterna indikerar risk för människors hälsa eller miljö.

$$\frac{\text{Uppmätt halt}}{\text{Referensvärde}} = \text{Föroreningskvot}$$

Föroreningskvot > 1:
Referensvärde överskrids

Ekvation 1. Ekvation för beräkning av föroreningskvoter.

Referensvärden utgörs i detta fall, för organiska föroreningar, av analysens rapporteringsgräns. För metaller utgörs referensvärden av bedömda bakgrundshalter, se Tabell 1. Bedömda bakgrundshalter har ansatts dels utifrån uppgifter om medelhalter i grundvatten i Stockholms tätort 2003–2004¹ samt 2011–2012², dels utifrån studier av uppmätta halter i grundvattenrör inom Norra Djurgårdsstaden. De senare omfattar endast grundvattenrör där metallhalterna generellt ligger i nivå med medelhalter för Stockholms tätort 2003–2004 samt 2011–2012.

Summaparametern PFAS11 (PFBS, PFHxS, PFOS, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFBA och 6:2 FDS) har använts som underlag vid utvärdering av PFAS ämnen. Referensvärde för PFAS11 utgörs av analysens rapporteringsgräns. I Tabell 1 redovisas tillämpade rapporteringsgränser.

¹ Miljöförvaltningen i Stockholms stad, Miljöövervakningen, 2004: Grundvatten i Stockholm. Rapporten skriven av SWECO VIAK på uppdrag av Miljöförvaltningen i Stockholms stad.

² Miljöförvaltningen i Stockholms stad, 2013: Grundvatten i Stockholm 2011–2012.

Tabell 1. Tillämpade rapporteringsgränser/ bedömda bakgrundshalter för utvärderade ämnen.

	Ämne	Rapporteringsgräns (µg/l)		Ämne	Bedömd bakgrundshalt (µg/l)
Organiska ämnen	Alifater >C5-C8	20	Icke organiska ämnen	Arsenik	1
	Alifater >C8-C10	20		Barium	40
	Alifater >C10-C12	20		Kadmium	0,1
	Alifater >C12-C16	20		Kobolt	0,4
	Alifater >C16-C35	50		Krom	0,1
	Aromater >C8-C10	50		Koppar	4
	Aromater >C10-C16	10		Kviksilver	0,1
	Aromater >C16-C35	5		Molybden	3
	Bensen	0,5		Nickel	3
	Etylbensen	2		Bly	0,2
	Toluen	2		Vanadin	1
	M/P/O-Xylen	2		Zink	5
	PAH, summa L	0,2		Cyanid lättillgänglig	0,005**
	PAH, summa M	0,2		Cyanid total	0,005**
	PAH, summa H	0,3		*Genomsnittlig rapporteringsgräns för ämnen som ingår i summaparametern PFAS 11	
	PFAS 11	0,01*		**Cyanid har jämförts mot analysens rapporteringsgräns	

Utvärdering av data baserat på riskkvoter

För att identifiera områden med förhöjda föroreningshalter i grundvatten som kan indikera risk för människors hälsa har riskkvoter beräknats genom att dividera uppmätt halt mot ett riskbaserat referensvärde, se Ekvation 2 nedan.

$$\frac{\text{Uppmätt halt}}{\text{Riskbaserat referensvärde}} = \text{Riskkvot}$$

Riskkvot > 1:
Riskbaserat referensvärde överskrids

Ekvation 2. Ekvation för beräkning av riskkvoter.

Referensvärde för organiska föroreningar utgörs i detta fall, för petroleumrelaterade föroreningar, av Svenska petroleuminstitutets (SPIs) riktvärden för grundvatten, ångor i

byggnader. Detta då syntesrapporten pekar ut ånginträngning som den styrande risken för föroreningar inom området.

Kvoter över ett tolkas som indikation på att risk för spridning via ångtransport eller fri fas kan föreligga. Indikationen är starkare ju högre kvoten är, dvs en kvot på 5 ger en starkare indikation på risk än en kvot på t.ex 1,5. I Tabell 2 redovisas de riktvärden som tillämpats vid utförda beräkningar. Tabellen omfattar endast de ämnen som bedöms vara relevanta för riskbedömningen.

Metaller och PFAS11 har endast jämförts mot bedömda bakgrundshalter eller (för PFAS11) mot analysens rapporteringsgräns. Inga riskkvoter har därmed beräknats för dessa ämnen.

Tabell 2. Tabell med tillämpade riktvärden för organiska ämnen vid beräkning av riskkvoter. Samtliga halter i µg/l.

Ämne	SPI Ångor i byggnader
Alifater >C5-C8	3 000
Alifater >C8-C10	100
Alifater >C10-C12	25
Alifater >C12-C16	-
Alifater >C16-C35	-
Aromater >C8-C10	800
Aromater >C10-C16	10 000
Aromater >C16-C35	25 000
Bensen	50
Etylbensen	6 000
Toluen	7 000
M/P/O-Xylen	3 000
PAH, summa L	2 000
PAH, summa M	10
PAH, summa H	300

Redovisning

Resultat från utförda beräkningar redovisas i kartor med beräknade förorenings- och riskkvoter. För rör som provtagits vid flera tillfällen redovisas i kartorna beräknad maxkvot för den utvärderade tidsperioden. Maxhalter har använts för att inte riskera att underskatta långtidsrisker då de flesta grundvattenrör inom detaljplaneområdet har provtagits vid färre än fem mättillfällen. I kartmaterialet redovisas endast data för tidsspann 2018–2020. Data för det längre utvärderade tidsspannet, 2015–2020, redovisas endast i tabellform då kartmaterialet för de olika tidsperioderna endast skiljer sig med avseende på en punkt, B1408.

För ett av grundvattenrören, 11W01U (norr om hus 26), noteras en minskande trend för organiska föroreningar, där högst halter uppmätts under tidsperioden 2015–2016. Halterna har

6 (11)

TEKNISKT PM GRUNDVATTEN,
GASVERKSOMRÅDET ÖSTRA, NORRA
DJURGÅRDSSTADEN

därefter minskat kraftigt och efter 2017 har endast låga halter av organiska föroreningar uppmätts i det aktuella röret (under eller strax över rapporteringsgränsen vid samtliga provtagningstillfällen, totalt 11 st). Minskningen sammanfaller med saneringsarbeten utförda mellan hus 27 och 30, sydväst om det aktuella röret, då stora mängder kraftigt tjärförorenade jordmassor avlägsnades (2014–2015). För det aktuella röret redovisas därmed bara data från och med 2017 då uppmätta halter innan denna tidpunkt inte längre bedöms vara aktuella.

Resultat

I följande avsnitt redovisas framtagna kartor med beräknade riskkvoter samt kartor med beräknade föroreningskvoter. En kort sammanfattning följer nedan. I avsnittet kommenteras även information som inte framgår i framtagna kartor men som framkommit i samband med utvärdering av dataunderlaget. För att underlätta för den riskbedömning som utförs för detaljplaneområdet, Gasverket östra, har sammanfattningen delats upp i två delar – *Grundvatten inom detaljplaneområdet*, *Gasverket östra* samt *Grundvatten uppströms detaljplaneområdet*, *Gasverket östra*.

Grundvatten inom detaljplaneområdet Gasverket östra

Organiska föroreningar

Förhöjda halter av framförallt PAH har noterats vid ett eller flera tillfällen i samtliga rör lokaliserade inom Gasverket östra. Högst halter har påträffats i grundvatten norr om hus 26 samt söder om hus 24 - 25. Höga halter har även uppmätts i grundvattenrör sydöst om byggnad 18, spaltgasverket. För de rör som provtagits vid mer än ett tillfälle noteras kraftiga variationer i halter över tid, se Tabell 3. I tabellen redovisas endast PAH:er då det generellt är dessa ämnen som styr föroreningskvoterna för grundvatten inom området. Tabellen redovisar statistik för uppmätta halter och beräknade föroreningskvoter under 2015–2020 samt 2018–2020. För grundvattenrör med färre än fem mätvärden inom en tidsserie redovisas max- och minvärde. För grundvattenrör med fler än fem mätvärden redovisas även den 90e percentilen av uppmätta halter inom aktuell mätserie. För grundvattenrör som endast undersökts vid ett tillfälle redovisas endast maxvärde.

Tabell 3. Statistik för undersökta grundvattenrör inom Gasverket östra, 2015–2020 samt 2018–2020.

Grundvattenrör		11W01U	B1408	GV1	GV2U	GV3	GV8	GV9	20GA06
Lokalisering		Norr om hus 26	Syd om hus 24, 25	Syd om hus 26	Syd om hus 25	Öst om hus 25	Sydväst om byggnad 18	Sydväst om hus 16	Öst om hus 19
Antal prover 2015–2020		11**	19	1	1	3	2	1	1
Antal prover 2018–2020		6	9	1	1	3	2	1	1
Senaste mätillfälle (år)		2020	2020	2018	2018	2020	2020	2018	2020
Halt (µg/l)	2015–2020	Min	e.d.	e.d.	-	-	0,8 (PAH-H)	0,4 (PAH-H)	-
		Max	1,1 (PAH-L)	23 (PAH-H)	0,5 (PAH-M)	0,6 (PAH-M)	7,8 (PAH-H)	32 (PAH-H)	5,3 (PAH-M)
		90 perc	1,0 (PAH-L)	2,4 (PAH-H)	-	-	-	-	-
	2018–2020	Min	e.d.	e.d.	-	-	0,8 (PAH-H)	0,4 (PAH-H)	-
		Max	1,1 (PAH-L)	8,2 (PAH-H)	0,5 (PAH-M)	0,6 (PAH-M)	7,8 (PAH-H)	32 (PAH-H)	5,3 (PAH-M)
		90 perc	1,0 (PAH-L)	3,1 (PAH-H)	-	-	-	-	-
Föreningkvot	2015–2020	Min	e.d.	e.d.	-	-	2 (PAH-M)	3 (PAH-M)	-
		Max	5,5 (PAH-L)	78 (PAH-H)	2,5 (PAH-M)	3,2 (PAH-M)	30 (PAH-M)	107 (PAH-H)	27 (PAH-M)
		90 perc	5,0 (PAH-L)	7,9 (PAH-H)	-	-	-	-	-
	2018–2020	Min	e.d.	e.d.	-	-	2 (PAH-M)	3 (PAH-M)	-
		Max	5,5 (PAH-L)	27 (PAH-H)	2,5 (PAH-M)	3,2 (PAH-M)	30 (PAH-M)	107 (PAH-H)	27 (PAH-M)
		90 perc	5,1 (PAH-L)	10 (PAH-H)	-	-	-	-	-
Ångtr. *	2015–2020	Nej	Ja (PAH-M)	Nej	Nej	Nej	Ja (PAH-M)	Nej	Nej
	2018–2020	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja (PAH-M)	Nej	Nej
Kommentar		-	1.)	2.)	3.)	4.)	5.)	-	6.)

* Indikation på ångtransport

** För 11W01U redovisas endast statistik för tidsperioden 2017–2020

e.d. Inga halter över laboratoriets rapporteringsgräns

- 1.) Höga PAH-halter har uppmätts vid 2 av totalt 19 provtagningstillfällen (2017 och 2018). Vid övriga mätillfällen har uppmätta föreningshalter varit förhållandevis låga. Riktvärden för ånginträngning har endast överskridits vid ett av 19 mätillfällen och då endast med liten marginal. En gammal tjärledning löper strax söder om det aktuella röret.
- 2.) Grundvattenrör lokaliserade inom område med kraftigt förhöjda halter av PAH i jord. En gammal tjärledning löper strax söder om de aktuella rören. Resultat från utförda undersökningar indikerar att föroreningar i jord samt eventuellt läckage från ledningen inte har påverkat grundvattnet i området kring de aktuella rören i någon större omfattning.
- 3.), Grundvattenrör lokaliserat strax norr om område där fri fas tjärförorening trängde fram under grunden
- 4.) på byggnad (hus 25) vid schaktarbeten för ledningar inom Terminalgatan. Ingen fri fas har noterats i det aktuella röret efter igenläggning av schaktet.

8 (11)

TEKNISKT PM GRUNDVATTEN,
GASVERKSOMRÅDET ÖSTRA, NORRA
DJURGÅRDSSTADEN

- 5.) Uppmätta halter av PAH i jordprover från området kring det aktuella röret har generellt varit låga. Data saknas dock från rörets direkta närhet. Röret ligger inom område med gamla produktledningar vilka kan utgöra en potentiell källa till de påträffade föroreningarna. Vattnet i röret har varit grumligt vid utförda provtagningar, resultaten kan därmed vara påverkade från föroreningar adsorberade till kolloider. Detta kan isåfall resultera i en högre uppmätt halt än vad som egentligen är representativt för grundvattnet i området.
- 6.) Grundvattenrör lokaliserat i område där höga halter av PAH uppmätts i jord.

PFAS

PFAS har undersökts i tre grundvattenrör inom det aktuella detaljplaneområdet, norr om hus 26 (jan 2019), söder om hus 24 och 25 (jan och maj 2019) samt öst om hus 19 (nov 2020). Förhöjda halter har uppmätts i samtliga rör, framförallt i rör lokaliserat söder om hus 24 och 25. Halterna i grundvattenrör söder om hus 24 och 25 varierade inte nämnvärt mellan de två olika provtagningstillfällena.

Klorerade alifater

Klorerade alifater har undersökts i 6 grundvattenrör inom området. Inga halter har uppmätts över laboratoriets rapporteringsgräns.

Övriga organiska föroreningar

BTEX samt fraktionerade alifater och aromater har uppmätts i något förhöjda halter i flera av de undersökta rören. Halterna är generellt låga. Inga av de nämnda ämnena har uppmätts i halter som indikerar risk för ånginträngning i byggnader.

Fenoler har undersökts i 2 grundvattenrör inom området, 11W01U och B1408, båda lokaliserade inom områdets nordöstra del. Inga halter har uppmätts över laboratoriets rapporteringsgräns.

Icke organiska föroreningar

Något förhöjda halter av metaller noteras generellt i grundvatten inom området, dock i betydligt lägre halter i förhållande till bakgrundshalter jämfört med organiska föroreningar. Molybden skiljer sig i förhållande till övriga metaller med ställvis höga halter som förekommer framförallt i området söder om byggnad 18, spaltgasverket, samt hus 16.

Cyanid förekommer i förhöjda halter i majoriteten av undersökta grundvattenrör inom området, då främst i form av totalhalt. Högst halter har uppmätts norr om hus 26. Lättillgänglig cyanid har endast uppmätts i låga halter.

Metaller och cyanid bedöms enligt syntesrapporten inte vara styrande för riskbilden inom området och redovisas därmed inte i förorenings- och riskkvotkartor i detta PM.

Grundvatten uppströms detaljplaneområdet Gasverket östra

Baserat på data från geotekniska undersökningar, tolkningar av uppmätta grundvattennivåer samt observationer från utförda schaktarbeten norr om hus 14, antas en grundvattendelare vara lokaliserad norr om hus 14. Grundvatten öst om denna vattendelare bedöms kunna strömma i

riktning mot detaljplaneområdet. Grundvatten väst om vattendelaren bedöms strömma i nordlig/nordvästlig riktning, bort från detaljplaneområdet.

Dataunderlaget för grundvatten utanför detaljplaneområdet som potentiellt skulle kunna påverka Gasverket östra är begränsat. Grundvattenrör som är lokaliserade inom detaljplaneområdets västra del, och som kan användas som en indikation på föroreningshalter i inströmmande grundvatten, har sedan 2017 endast uppvisat låga föroreningshalter.

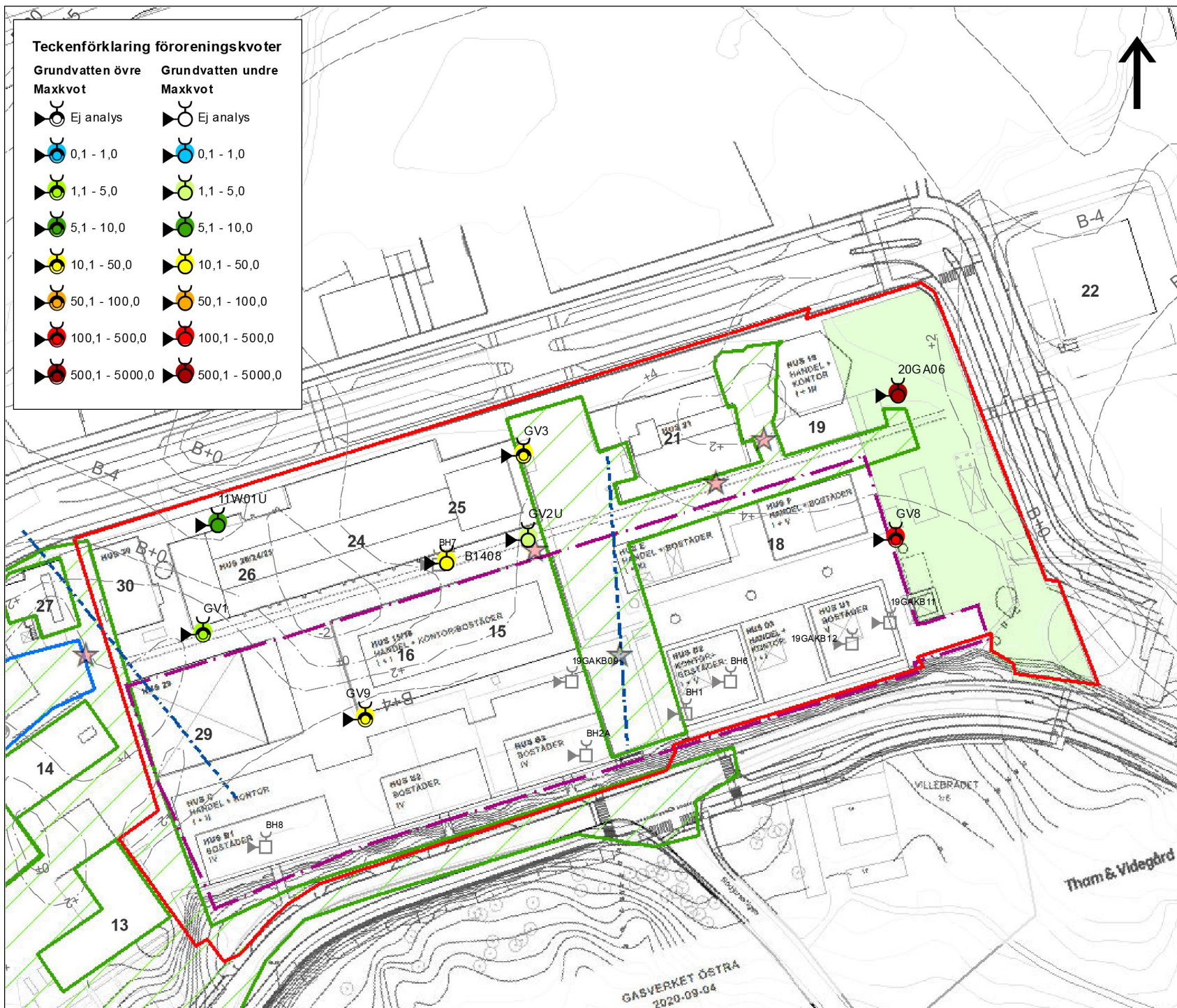
Potentiella föroreningskällor

Omfattande saneringsarbeten har utförts inom område som bedöms vara lokaliserat uppströms detaljplaneområdet, område väst om hus 29 och 30. Sanering har generellt utförts ner till berg. Inom område markerat med blått i redovisade kartor samt i Figur 1 har tjärfack tömts på innehåll vid onsite sanering utförd 2003. Tjärfacken återfylldes med onsitebehandlade jordmassor. En mindre restförorening av tjära i fri fas påträffades i anslutning till tjärfacken i samband med markarbeten utförda under 2018. Restföroreningen, lokaliserad mellan hus 29 och 27, kvarlämnades i samråd med miljöförvaltningen cirka 4 meter under markytan. Föroreningen bedöms vara lokaliserad nära underliggande berg. Området mellan den kvarlämnade föroreningen och gasverket östra sanerades ner till berg vid markreningsentreprenad utförd 2014–2015.

Prover på grundvatten saknas i direkt anslutning till den aktuella föroreningen. Prov från grundvattenrör lokaliserat söder om hus 26, cirka 30 meter öst om den aktuella föroreningen, har uppvisat något förhöjda halter av organiska föroreningar bl.a. PAH, halterna är dock låga. Det aktuella röret är lokaliserat i det övre grundvattenmagasinet inom område med förhöjda halter av PAH i jord, dataunderlaget är litet. Prov från grundvattenrör installerat i det undre grundvattenmagasinet norr om hus 26, cirka 60 meter nordöst om den aktuella föroreningen, har historiskt uppvisat höga halter av organiska föroreningar, främst PAH. Högst halter har under den studerade tidsperioden (2015–2020) uppmätts under åren 2015–2016. Sedan 2017 har endast låga halter av organiska föroreningar uppmätts i detta rör. Grundvattnet i de två rören visar sammanfattningsvis inte några tecken på att vara påverkat av den kvarlämnade restföroreningen.

Inga andra potentiella föroreningskällor har identifierats uppströms detaljplaneområdet i samband med utförd datasammanställning.

Kartor med beräknade föroreningskvoter och riskkvoter



GASVERKSOMRÅDET ÖSTRA, NORRA DJURGÅRDSSTADEN

Föroreningsvoter
grundvatten -
BTEX, aromater,
alifater, PAH
2018 - 2020

Resultat jämförs mot
analysens
rapporteringsgräns

Teckenförklaring

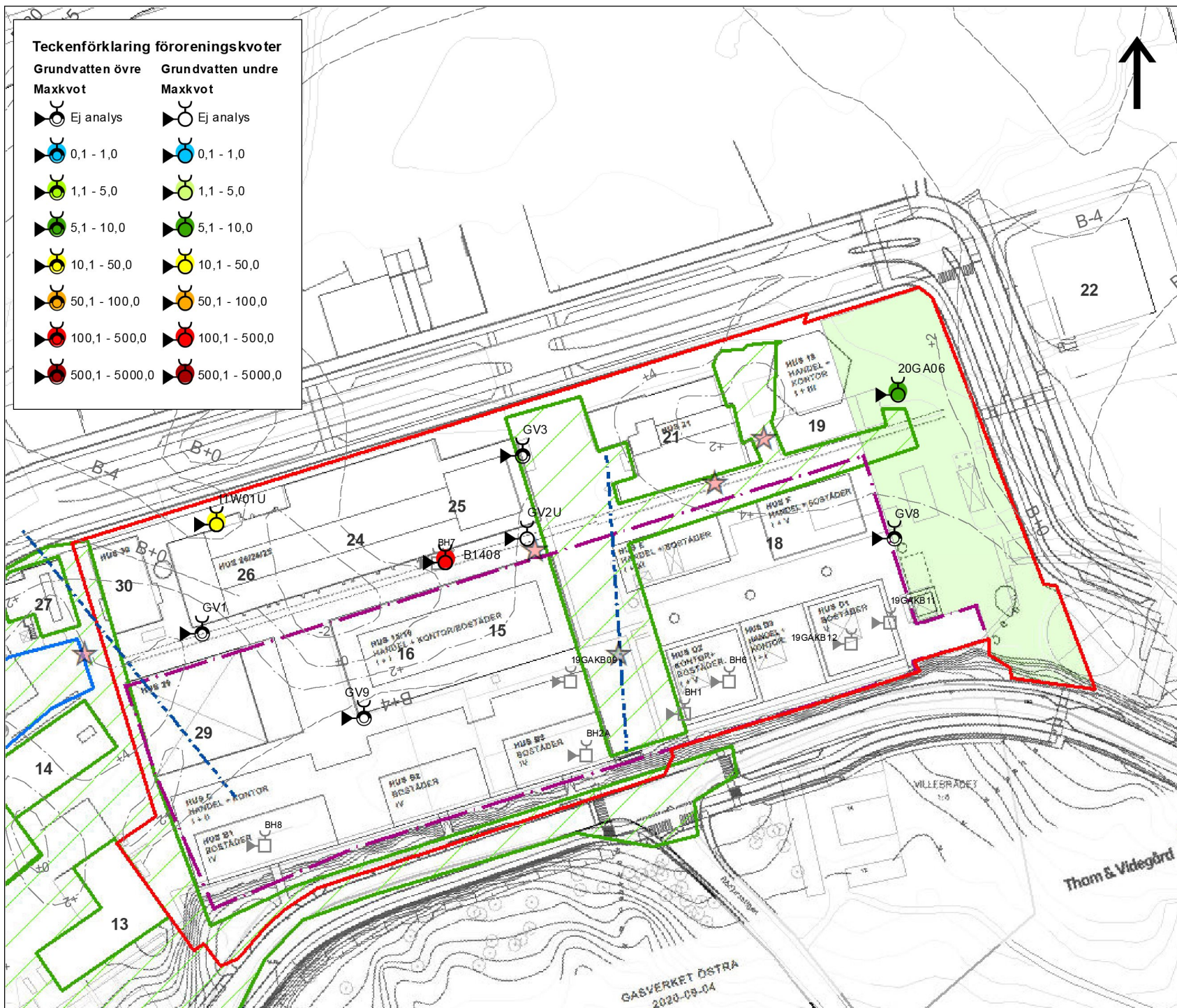
- Grundvattenrör ej lokaliserad uppströms
- Grundvatten berg
- Känd restförorening med flyktiga egenskaper
- Tjära i berg påträffat och avlägsnat inom ledningsschakt, entreprenad E-322.
- Bedömd grundvattendelare
- Detaljplanegräns
- Planerat garage
- Onsitesanering 2003
- Sanerad 2014-2020
- Planerad parkmark

SWECO

Görwellsg 22
Växel: 08-695 60 00 Fax: 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG Marika Jansson	KONSTR Erika Schedin
ORT Stockholm	DATUM 2121-11-05
SKALA 1:1 600	FORMAT A4
	REV

0 10 20 30 40 50 m

**Teckenförklaring föroreningskvoter****Grundvatten övre****Maxkvot**

Ej analys

0,1 - 1,0

1,1 - 5,0

5,1 - 10,0

10,1 - 50,0

50,1 - 100,0

100,1 - 500,0

500,1 - 5000,0

Grundvatten undre**Maxkvot**

Ej analys

0,1 - 1,0

1,1 - 5,0

5,1 - 10,0

10,1 - 50,0

50,1 - 100,0

100,1 - 500,0

500,1 - 5000,0

**GASVERKSOMRÅDET
ÖSTRA, NORRA
DJURGÅRDSSTADEN**Föroreningsvoter
grundvatten -
PFASResultat jämförs mot
analysens
rapporteringsgräns**Teckenförklaring**Grundvattenrör ej
lokaliserad
uppströms

Grundvatten berg

Känd restförorening
med flyktiga
egenskaperTjära i berg påträffat
och avlägsnat inom
ledningsschakt,
entreprenad E-322.Bedömd
grundvattendelare

Detailplanegräns

Planerat garage

Onsitesanering 2003

Sanerad 2014-2020

Planerad parkmark

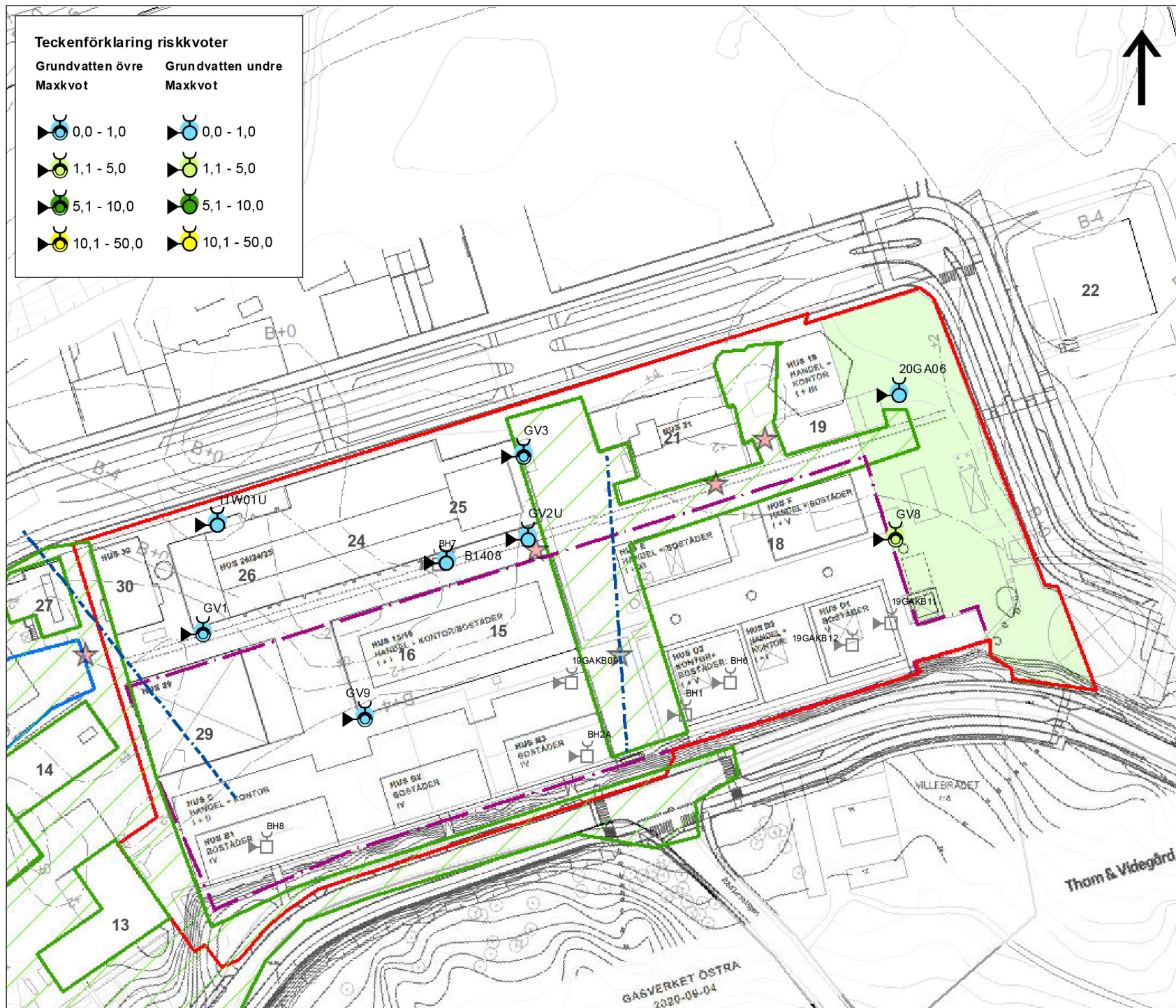
SWECOGörvellsgr 22
Växel: 08-695 60 00 Fax: 08-695 60 10UPPDRAGSANSVARIG
Marika JanssonKONSTR
Erika SchedinORT
StockholmDATUM
2021-11-05SKALA
1:1 600FORMAT
A4

REV

0 10 20 30 40 50 m

GASVERKET ÖSTRA
2020-09-04

Thom & Videgård



Teckenförklaring riskkvoter

Grundvatten övre
MaxkvotGrundvatten undre
Maxkvot

0,0 - 1,0

0,0 - 1,0

1,1 - 5,0

1,1 - 5,0

5,1 - 10,0

5,1 - 10,0

10,1 - 50,0

10,1 - 50,0

GASVERKSOMRÅDET
ÖSTRA, NORRA
DJURGÅRDSSTADENRiskkvoter grundvatten
- ångtransport
2018 - 2020Resultat jämförs mot SPLs
riktvärde för ångtransport

Teckenförklaring

Grundvatten berg

Grundvatten ej
lokaliserad
uppströmsBedömd
grundvattendelareKänd restförorening
med flyktiga
egenskaperTjära i berg påträffat
och avlägsnat inom
ledningsschakt,
entreprenad E-322

Detaljplanegräns

Planerat garage

Onsitesanering 2005

Sanerad 2014-2020

Planerad parkmark

SWECO

Görvellsgr 22

Växel: 08-695 60 00 Fax: 08-695 60 10

UPPDRAGSANSVARIG
Marika JanssonKONSTR
Erika SchedinORT
StockholmDATUM
2021-11-05SKALA
1:1 600FORMAT
A4

REV

0 10 20 30 40 50 m

GASVERKET ÖSTRA
2020-08-04

Thom & Videgård

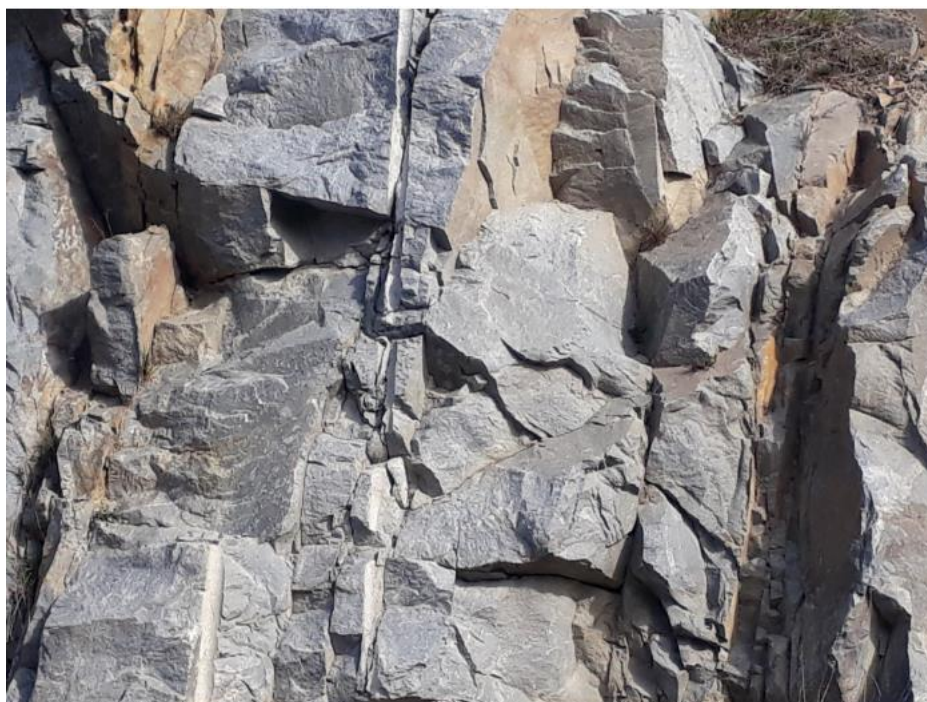
BILAGA 4.

Riskbedömning berggrundförorening



Kemakta Rapport 2020-32

Norra Djurgårdsstaden – Gasverket Östra Riskbedömning av föroreningar i berg



Håkan Svensson

2020-12-15

Kemakta Konsult AB

Box 12655, 112 93 Stockholm

Telefon: 08-617 67 00, Telefax: 08-652 16 07, Internet: www.kemakta.se

Konsult:	Kemakta Konsult AB
Uppdragsansvarig:	Håkan Svensson
Uppdragsnummer hos Kemakta:	6581
Uppdragsgivare:	Exploateringskontoret, Stockholms stad
Uppdragsgivarens kontaktperson:	Sofia Billersjö

Sammanfattning

Inom delområdet Gasverket Östra i Hjorthagen möjliggörs för byggnader för bostads-, centrum och kontorsändamål. I samband med upprättande av detaljplanen ska det finnas en beskrivning av föroreningsituationen, miljöriskbedömning samt eventuellt åtgärdsbehov för att marken ska vara lämpad för planerat ändamål.

Tidigare gasproduktion i området har gett upphov till föroreningar då stenkol användes för gasproduktionen. Användningen av stenkol upphörde 1972 då spaltgasverket, där gas producerades ur nafta, uppfördes. De föroreningar som påträffats utgörs i huvudsak av polyaromatiska kolväten (PAH), tjära, petroleumkolväten och metaller. Söder om Gasverksområdet finns två bergrum utsprängda i Hjortshagsberget som tidigare använts för lagring av nafta till spaltgasverket. Naftaföroreningar utgörs i huvudsak av lätta kolväten som exempelvis bensen, toluen, etylbensen och xylen (BTEX). Bergrummen är sanerade och planeras att byggas om till garage.

Den planerade markanvändningen för Gasverket östra innebär att ett djupt schakt i berg kommer att behöva utföras då ett större tvåvåningsgarage under mark med överbyggnad av centrum-, kontors- och bostadsändamål planeras. Då grundvatten i berg konstaterats förorenat finns ett behov att utreda risk för exponering, främst via ångor, till planerade byggnader.

I föreliggande rapport redovisas resultaten för utförda undersökningar av grundvatten i berg samt en riskbedömning. Syftet med riskbedömningen har varit att bedöma vilka hälsorisker som de konstaterade föroreningarna i grundvatten i berg kan innebära utifrån planerad markanvändning.

Sammanfattningsvis konstateras att höga föroreningsnivåer i berggrundvatten har påträffats i huvudsak inom två områden inom planområdet. Baserat på provtagning utförd under 2020 är det framförallt i anslutning till bergborrhål i den sydöstra delen av planområdet där höga halter av bensen, medeltunga PAH och lättare alifater uppmätts. Vidare har halter av lätta och medeltunga PAH konstaterats i ett bergborrhål centralt inom planområdet. Flera av de övriga bergborrhålen har dock uppvisat låga halter under en relativt lång mätperiod.

Halterna har varierat med tiden och det kan konstaterats att det gradvis har skett en minskning av halterna i de flesta bergborrhål baserat på resultat från provtagning utförd under 2018 till 2020.

Analysresultaten, dvs sammansättningen av ämnen, speglar de olika historiska tillverkningsprocesserna och föroreningshistoriken som pågått under lång tid på området varför det är svårt att urskilja ursprunget till föroreningarna i enskilda punkter.

Riskbedömningen baseras på beräkning av föroreningshalter i inomhusluft utgående från uppmätta halter i berggrundvattnet. De teoretiska halterna i inomhusluft har sedan jämförts med referenskoncentrationer i inomhusluft. Referenskoncentration är den nivå under vilken inga negativa hälsoeffekter förväntas vid långtidsexponering.

Föroreningshalter i inomhusluften beräknas utgående från Naturvårdverkets transportmodell. Förutsättningar för spridning av föroreningar i marken beror, förutom på förorenings egenskaper, på markens hydrogeologiska egenskaper. Bland annat beror diffusionen av ånga på porositet och vattenmättnad.

Naturvårdverkets modell är dock anpassad för ångtransport i homogena porösa media och inte framtagen för beräkning av ångtransport i sprickigt berg. Då liknande modeller

för ångtransport i sprickigt berg saknas beräknas en representativ porositet i berg baserat på resultat från kärnborrningar som utförts i området. Detta innebär att andelen porutrymme i diskreta sprickor beräknas om till en representativ porositet för berget. Porositeten i berget beräknas på två sätt, dels baserat på karterade sprickfrekvenser och sprickvidder, dels baserat på beräknad hydraulisk sprickvidd.

Grundvattentryck och gradienter i berg är påverkade av bergrumsansläggnings i Hjorthagsberget och den avsänkning som idag sker i bergrummen. Omvandlingen till bergrumsgarage kan medföra ytterligare avsänkning och kommer att påverka grundvattensituationen ytterligare. En betydande parameter för bedömning av förorenings spridning är grundvattenytans läge då avståndet mellan föroreningarna i grundvattnet och ovanliggande byggnader har stor betydelse för transport av ångor genom den omättade zonen. Dock bedöms att avståndet till grundvattenytan från tvåvåningsgaragets botten kommer att variera beroende på närheten till bergrumsgaraget och sprickor i hydraulisk kontakt med bergrummet.

Det går således i dagsläget inte att utesluta att vissa delar av tvåvåningsgaragets bottenkonstruktion kan komma att ligga i nivå och kontakt med grundvattenytan.

För att beskriva riskerna med ånginträngning har därför två beräkningsfall definierats.

- Låg grundvattennivå - Grundvattennivån understiger tvåvåningsgaragets bottenkonstruktion. Dvs transport av ångor från föroreningar från grundvattnet sker genom det omättade berget innan inträngning sker i byggnad. Beräkningsmetodik baseras på Naturvårdverkets transportmodell för ånginträngning.
- Hög grundvattennivå - Grundvattenytan är i kontakt med tvåvåningsgaragets bottenkonstruktion. Transport av ångor sker direkt från grundvattnet in i byggnaden. Beräkningar baseras på enkel transportmodell för transport av ångor genom betongkonstruktion.

Nedan sammanfattas de viktigaste slutsatserna från riskbedömningen.

Avseende beräkningsfall med låg grundvattennivå konstateras att inga av de beräknade inomhuskoncentrationerna för ett avstånd mellan bottenkonstruktionen och grundvattenytan på större än ca 0,3 meters djup överskrider referenskoncentrationerna. Detta beror till stor del på att berget utgör en barriär som på grund av låg porositet medför ett stort transportmotstånd för föroreningar. Kärnborrningarna visar att berget generellt är massivt med få sprickor. För ett mindre avstånd till grundvattennivån riskerar dock referenskoncentrationen för alifater >C10-C12, bensen och PAH M att överskridas. Halterna i inomhusluft beräknas baserat på uppmätta maxhalter i grundvatten. Risk för överskridande av referenskoncentrationen föreligger i den sydöstra delen av planområdet där de högsta halterna har uppmätts.

Avseende beräkningsfall med hög grundvattennivå konstateras att referenskoncentrationen underskrids för de flesta ämnen. Beräkningarna baseras på antagandet om diffusion genom en bottenplatta med egenskaper motsvarande en vattentät betongkonstruktion med en uppskattad tjocklek på 250 mm. Inga egenskaper för andra gas- eller vattentäta materialsikt, exempelvis bentonit, har medräknats. Avvikande ämne är bensen som riskerar att överskrida referenskoncentrationen. Beräkningar av halt i inomhusluft är utförda för uppmätt maxhalt av bensen som påträffades i bergborrhål i den sydöstra delen av planområdet. Det kan dock konstateras att en halvering av bensenhalten skulle medföra att referenskoncentrationen underskrids.

Det kan inte uteslutas att högre halter kan förekomma inom andra delar av planområdet som inte undersökts. Därför bör kompletterande undersökningar utföras i samband med exploateringen. Därefter kan riskbedömningen uppdateras och eventuella åtgärder föreslås.

Exempel på åtgärder kan vara sanering och byggnadstekniska/geotekniska lösningar. Centralt är även att uppföljning av grundvattennivåer och föroreningshalter sker innan och under exploateringen, speciell med avseende på pågående omvandling av bergrum till bergrumsgarage. Val av åtgärder och utformning av dessa bör tas fram i en åtgärdsutredning. Konstaterat är att betydande förorening förekommer i sydöstra delen av planområdet.

Att sanera föroreningar in-situ i berg är komplicerat beroende på svårigheter att karakterisera flödessystemet i de diskreta sprickorna i berget, speciellt om föroreningen är utbredd. Då utbredningen av föroreningen bedöms som relativt begränsad finns dock förutsättningar att genomföra haltreducerande åtgärder. Det planerade bergschaktet medför ökad tillgänglighet till den konstaterade föroreningen i berg inom den sydöstra delen av planområdet.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1 UPPDRAG OCH SYFTE	7
1.1 Beställare.....	7
1.2 Bakgrund och syfte.....	7
2 TIDIGARE UTREDNINGAR	8
3 OMRÅDESBESKRIVNING	9
3.1 Lokalisering	9
3.2 Topografi.....	11
3.3 Geologi.....	12
3.4 Grundvattenförhållanden i berg.....	14
4 FÖRORENINGAR	17
4.1 Undersökningar i berggrundvatten	17
4.2 Föroreningssituation	17
4.2.1 Grundvatten	17
4.3 Identifiering av föroreningar	23
5 SPRIDNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR	25
5.1 Inledning	25
5.2 Karakterisering av sprickigt berg.....	25
5.2.1 Generellt.....	25
5.2.2 Platsspecifikt.....	26
5.3 Beräkning av porositet.....	29
6 RISKBEDÖMNING.....	32
6.1 Inledning	32
6.2 Hydrogeologisk situation	32
6.3 Ånginträngning i byggnader	38
6.3.1 Låg grundvattennivå	39
6.3.2 Hög grundvattennivå.....	45
6.4 Risk för fri fas.....	48
7 SAMLAD RISKBEDÖMNING OCH DISKUSSION	51
8 REFERENSER	53

1 Uppdrag och syfte

1.1 Beställare

Kemakta Konsult AB har av Exploateringskontoret Stockholm stad fått i uppdrag att genomföra en riskbedömning av föroreningar i berg i anslutning till föreslagen detaljplan för del av fastigheterna Hjorthagen 1:3 och 1:5, Gasverket Östra, del av Norra Djurgårdstaden i stadsdelen Hjorthagen i Stockholm (Stockholms stad, 2019a).

1.2 Bakgrund och syfte

Norra Djurgårdsstaden sträcker sig från Husarviken i norr, över hamnområdet, till Loudden i söder och är ett av Europas mest omfattande stadsutvecklingsområden. Totalt planeras för minst 12 000 nya bostäder och 35 000 nya arbetsplatser.

Inom delområdet Gasverket Östra i Hjorthagen möjliggörs för byggnader för bostads-, centrum och kontorsändamål (Stockholm stad, 2019b).

Tidigare gasproduktion i området har gett upphov till föroreningar och då i huvudsak från den perioden (1893-1972) då stenkol användes för gasproduktionen. Användningen av stenkol upphörde 1972 då spaltgasverket, där gas producerades ur nafta, uppfördes. De föroreningar som påträffats utgörs i huvudsak av polyaromatiska kolväten (PAH), tjära och petroleumkolväten och metaller. Vidare finns i Hjorthagsberget, söder om Gasverksområdet, två bergrum som tidigare använts för lagring av nafta till spaltgasverket. Naftaföroreningar utgörs i huvudsak av lätta kolväten som innehåller mellan 5 och 12 kolatomer (University of Calgary, 2017). Bland annat förekommer bensen, toluen, etylbensen och xylen (BTEX). Bergrummen är sanerade och planeras att byggas om till garage.

Den planerade markanvändningen för Gasverket östra medför att schakt i berg kommer att behöva göras. Då grundvatten i berg konstaterats förorenat finns ett behov av att utreda risk för exponering, främst via ångor, till planerade byggnader.

Ett flertal utredningar av föroreningssituationen i berg i området har tidigare utförts. Då föroreningsspridning i berg är komplext föreligger även ett behov att sammanställa tidigare utredningar till en samlad bild. Sammanställningen ligger sedan till grund för föreliggande riskbedömning inför planerad exploatering.

2 Tidigare utredningar

I detta avsnitt redovisas en sammanställning av genomförda utredningar samt rapportering av provtagningar och analyser i berg i anslutning till aktuellt område.

Utredningar och undersökningar:

- Sweco (2018) – Kompletterande miljötekniska markundersökningar inom Gasverket östra, Norra Djurgårdstaden, Rapport 2018-09-28, Sweco – provtagning av 5 grundvattenrör i jord
- Stockholm Stad (2015) – Förordningar inom detaljplaneområdet gasverket Östra, PM 2015-06-24, Avdelningen för Stora projekt, Exploateringskontoret, Stockholm stad
- Golder (2019a) – Geologiska utredning av kolväte i berg, kärnborrning med vattenförlustmätning och kärnkartering, framställd för Stockholm stad/Exploateringskontoret, Rapport 2019-04-23, Golder Associates
- Golder (2018) – PM Hydrogeologi, Tillståndsansökan vattenverksamhet, Hjorthagsgaraget, Stockholm parkering, Rapport 2018-02-12, Golder Associates

Omgivningskontroll och kontrollprogram

- Structor (2014) – Förslag till kontrollprogram för grundvatten vid avveckling av bergrumslager, Gasverket, framställd för Stockholm Exergi, 2014-03-31, Structor
- Structor (2019) – Slutrapport av kontrollprogram för avveckling av naftalager, Hjorthagen, Stockholm, framställd för Stockholm Exergi, 2019-08-22, Structor
- Sweco – På uppdrag av Exploateringskontoret, Stockholm Stad, bedriver Sweco löpande provtagning av bergborrhålen i området. Senaste provtagningen är utförd under hösten 2020.

3 Områdesbeskrivning

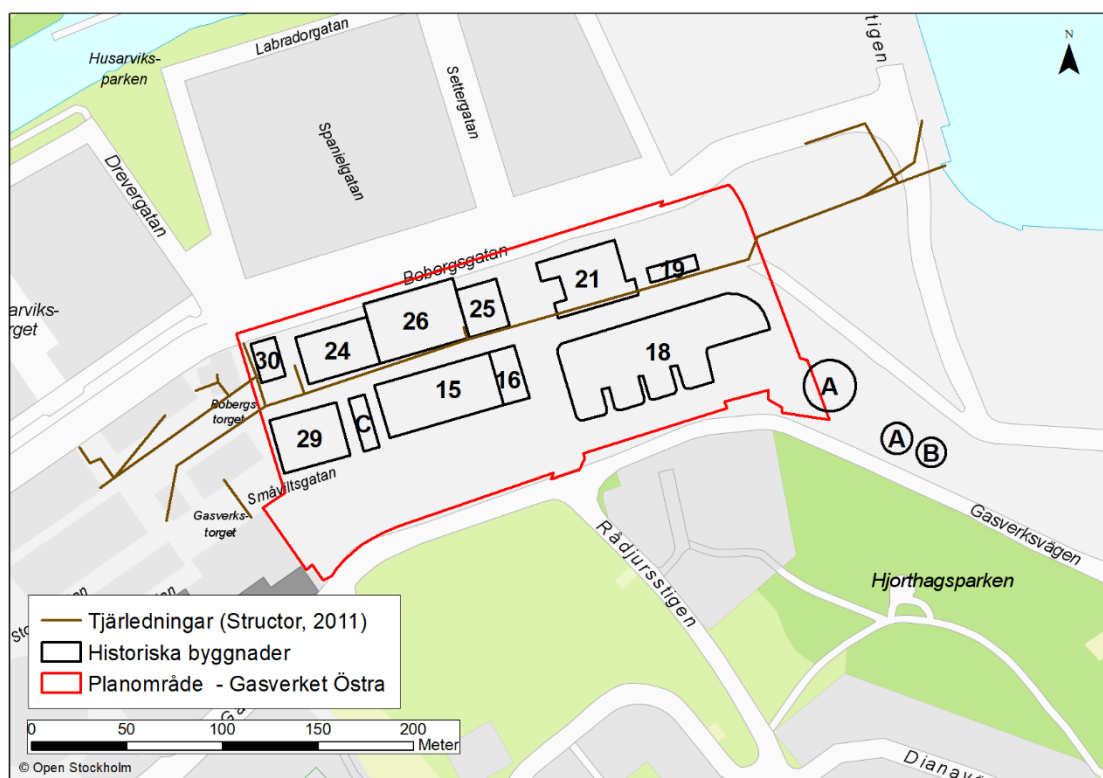
3.1 Lokalisering

Området för föreslagen detaljplan för Gasverket Östra är belägen i anslutning till fastigheterna Hjorthagen 1:3 och 1:5 i stadsdelen Hjorthagen i Stockholm, Figur 3-1.



Figur 3-1 Lokalisering av gräns för planområdet för Gasverket Östra i Hjorthagen.
© Open Stockholm

Inom detaljplaneområdet fanns huvuddelen av de byggnader där tillverkningen av stadsgas utfördes, Figur 3-2 och Tabell 3-1. En stor del av de historiska byggnaderna finns i dagsläget kvar.



Figur 3-2 Lokalisering av tjärledningar (Structor, 2011) och historiska byggnader inom planområdet (Stensudd, 1990), © Open Stockholm.

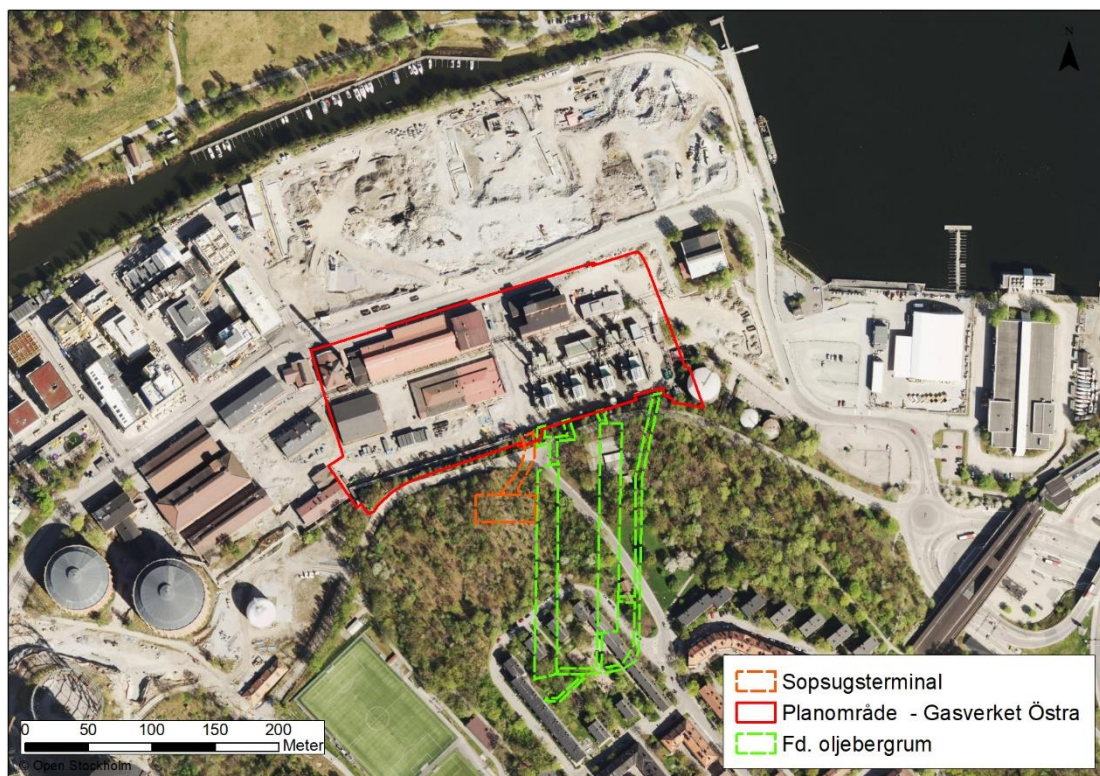
Tabell 3-1 Historiska byggnader inom detaljplaneområdet (Stensudd, 1990).

Byggnad	Namn	Verksamhet
18	Spaltgasverk	Produktion av gas ur nafta (lättbensin)
A	Oljecisterner	Cisterner för olja, tjära och nafta
B	Cistern för bensol	Cistern för bensen (bensol)
16	Reservverk	
15	Markententeri och logement	
29	Förråd, fd kolhus	Lagring av kol
19	Laboratorium	
21	Ångkraftcentral	
25	Kylarcentral	Gaskylare separation av ammoniakvatten och tjära
26	Generatorhus, retorthus	Kolgasproduktion, tjäravskiljning, bensoltvätt
24	Oljegasverk	Oljegasproduktion
30	Svavelväterreningsanläggning, kondensatorhus	
A	Oljecisterner	Cisterner för olja, tjära och nafta
B	Cistern för bensol	Cistern för bensen (bensol)
C	Toalett och cykelställ	

Vidare fanns ledningar i marken för bl a bortledning av tjära och ammoniakvatten (Stensudd, 1990). Identifiering av lägen för tjärledningar baseras på tidigare miljöundersökningar (Structor, 2011).

Söder om planområdet är två bergrumsanläggningar belägna, en sopsugsterminal och en före detta anläggning för lagring av nafta, Figur 3-3:

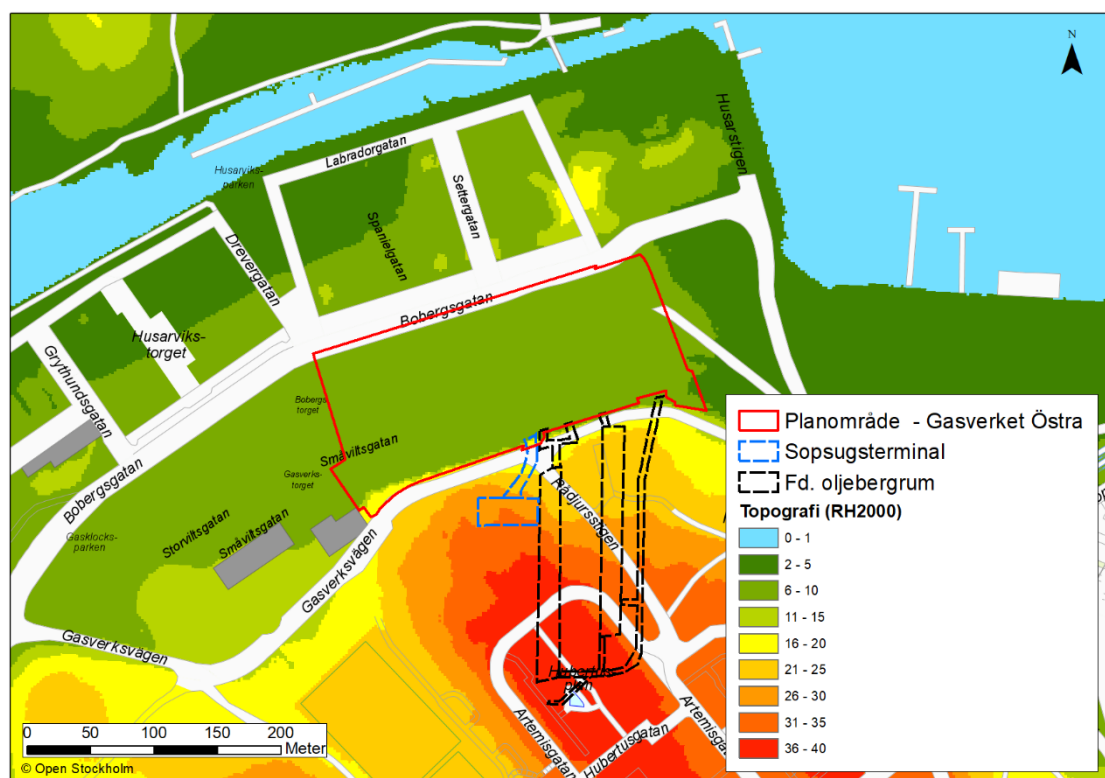
- Sopsugsterminal: Anläggningen stod färdig 2015. Golvnivån ligger på ca +5,2 och taknivån på ca +17,2. En pumpgrop finns installerad, dock finns inga uppgifter om att läns hållning pågår i dagsläget (Golder, 2018).
- Före detta bergrum för lagring av nafta: Anläggningen utgörs av två utsprängda bergrum med tillhörande tillfartsorter och har använts för naftalagring sedan 1970-talet. Lagring skedde på rörlig vattenbädd, det vill säga att vattennivån regleras beroende på uppfyllnadsgraden av nafta. Den sista leveransen av nafta skedde 2006. Bergrummet avvecklades 2010 och fylldes med vatten. Sedan 2014 utförs sanering av bergrummet för att detta ska kunna nyttjas som parkeringsgarage. Bergrummets golv ligger på nivån ca -34 och tak på -14 (Golder, 2018). Tillstånd för bortledning av grundvatten från befintligt bergrum och blivande bergrumsgarage erhöles i december 2018 (Nacka tingsrätt, mark- och miljödomstolen, Mål nr M 7611-17).
- I anslutning till bergrumsanläggningens norra sida fanns produktledningar och ledningar för bortledning av bäddvatten förlagda i marknivå (Golder, 2018).



Figur 3-3 Lokalisering av bergrumsanläggningar, © Open Stockholm.

3.2 Topografi

Planområdet är flackt och marknivån ligger generellt på +7, Figur 3-4. Området där bergrummet och sopsugsterminalen är belägna utgörs av ett höjdparti (del av Hjorthagsberget) där en brant bergvägg avgränsar planområdet i syd. Marknivån inom höjdpartiet uppgår som mest till ca +38 ovan bergrumsanläggningen.

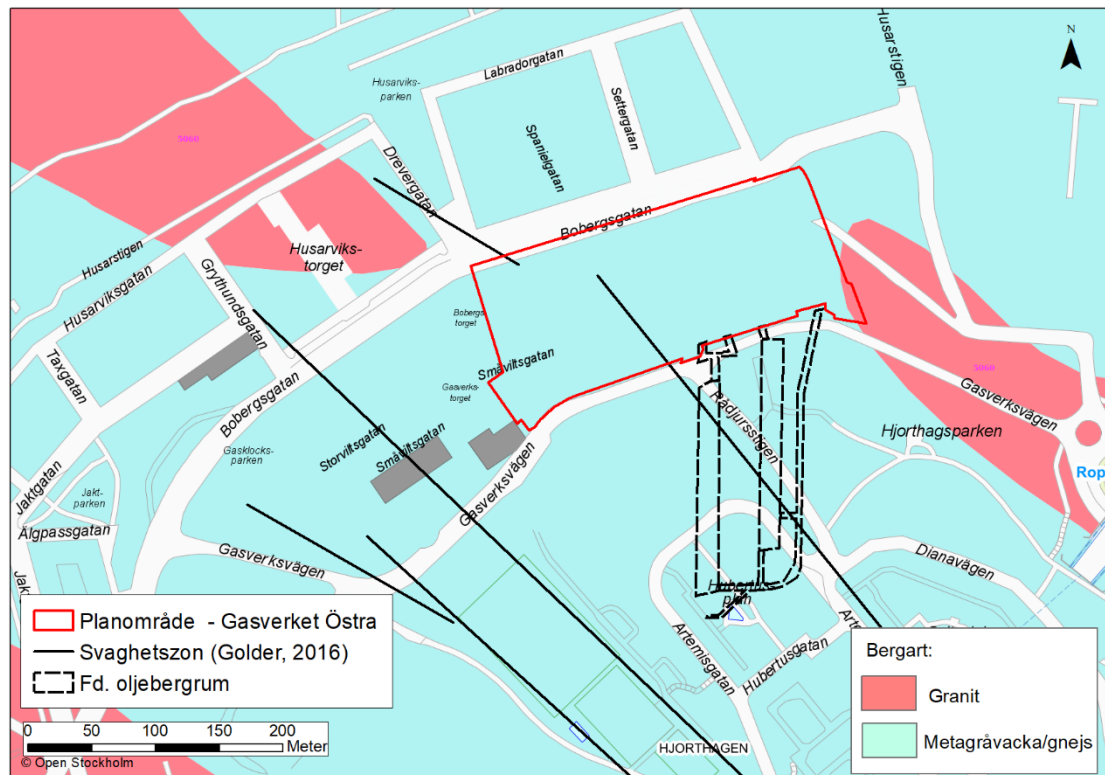


Figur 3-4 Översikt av topografin i anslutning till detaljplaneområdet, GSD-Höjddata, Metria, 2020, © Open Stockholm.

3.3 Geologi

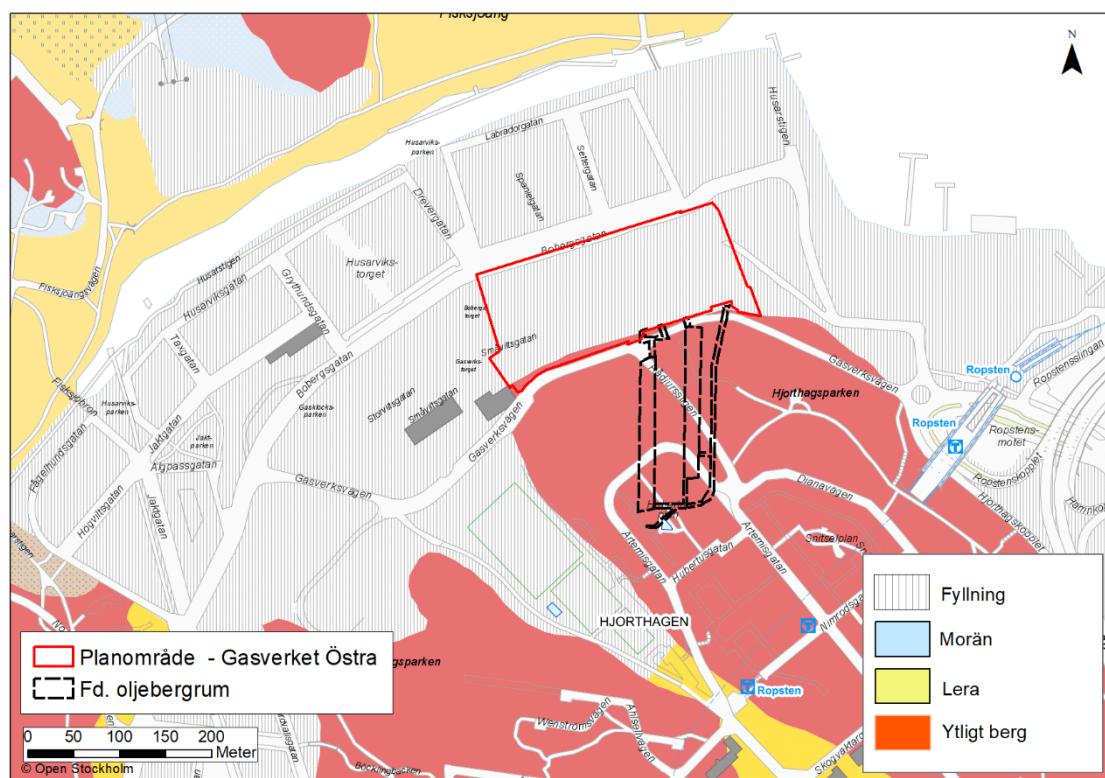
Berggrunden i området utgörs av kristallina bergarter där granit och metagråvacka/gnejs är de dominerande bergarterna, Figur 3-5 (SGU, 2020).

Tre huvudsprickriktningar har generellt identifierats i området; nordvästlig-sydöstlig, nordöstlig-sydvästlig samt flacka subhorisontella zoner. Specifikt inom detaljplaneområdet har en zon påträffats i nordvästlig-sydöstlig riktning där den södra delen sträcker genom höjdpartiet, parallellt med Rådjurssstigen, där bergrummet är beläget (Golder, 2016).



Figur 3-5 Översikt av bergarter och svaghetszoner i området. Utdrag ur SGU:s berggrundskarta. © Open Stockholm

Områdets jordartsgeologi framgår av Figur 3-6. Stora delar av området är utfyllt med jord och sprängsten. Inom detaljplaneområdets södra delar förekommer i huvudsak ytnära berg eller berg i dagen, längre norrut ökar jorddjupet till ca 5 meter. Norr om detaljplaneområdet mot Husarviken ökar fyllningsdjupet ytterligare till ca 20 meter (Golder, 2011).



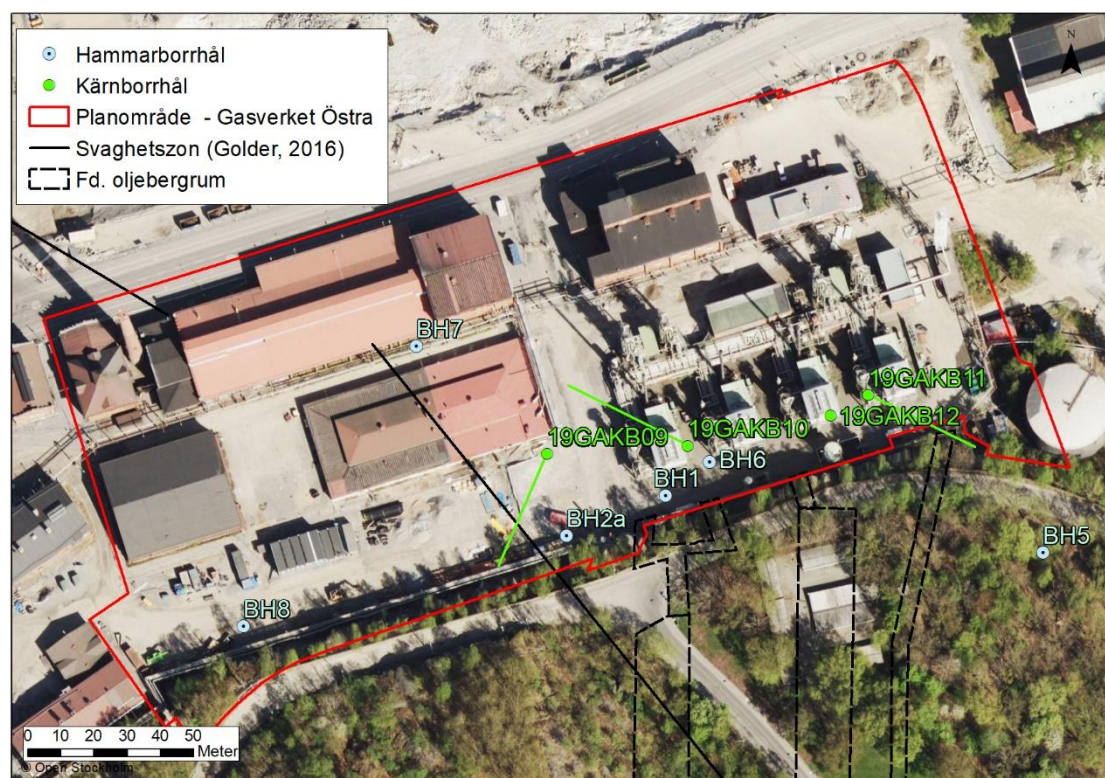
Figur 3-6 Geologisk översikt av jordarter inom området. Utdrag ur SGU:s jordartskarta. © Open Stockholm

3.4 Grundvattenförhållanden i berg

Grundvattenmätningar utförs löpande i bergborrhål i området. Grundvattentryck och gradienter i berg är påverkade av bergrummet och den avsänkning som sker i bergrummen samt av närbelägna ytvatten, det vill säga Husarviken och Värtan. Omfattningen av bergrummets hydrauliska påverkan beror på vattennivån i bergrummen samt på omgivande bergs genomsläpplighet. Värtan och Husarviken verkar som en positiv hydraulisk rand och motverkar därmed en större avsänkning.

Inom området finns flera bergborrhål, Figur 3-7. Hammarborrhål BH1 och BH2a utfördes under 2015 (Golder, 2018). Därefter utfördes ytterligare 3 hammarborrhål benämnda BH6, BH7 och BH8.

Under 2019 sattes fyra kärnborrhål benämnda 19GAKB09–19GAKB12 (Golder, 2019a). Dessa betecknas i föreliggande rapport även som KB09-KB12. En sammanställning av bergborrhålens typ, djup, lutning samt aktuella grundvattennivåer ges i Tabell 3-2.



Figur 3-7 Översikt av bergborrhål inom detaljplaneområdet. © Open Stockholm

Tabell 3-2 Information om bergborrhål i området.

Borrhål	Typ	Lutning (grad)	Längd (m)	GV-nivå*** (RH2000)
BH1	hammarborrhål	90	52**	+1
BH2a	hammarborrhål	90	36**	-10
BH6	hammarborrhål	90		-1
BH7	hammarborrhål	90	51**	+1
BH8	hammarborrhål	90	63*	+5
19GAKB09	kärnborrhål	28	39*	+1
19GAKB10	kärnborrhål	30	42*	+1
19GAKB11	kärnborrhål	30	40*	-1
19GAKB12	kärnborrhål	90	20*	-1

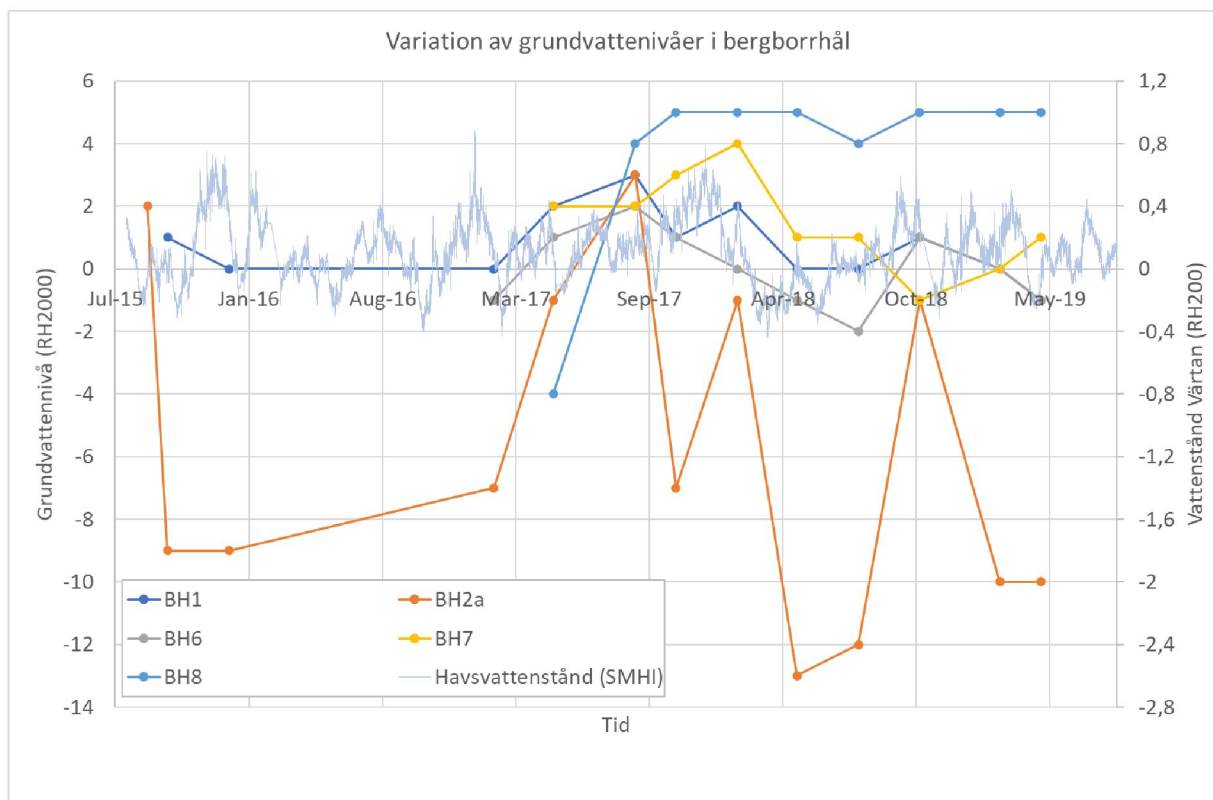
*Golder (2019a)

**Max pejlbart djup, april 2020

***Mätningar 2019-2020

I Figur 3-8 visas hur grundvattennivåer i bergborrhålen har varierat i samband med att berggrumsvattennivån varierat under tiden som saneringen av berggrummet pågick mellan 2014 och 2019 (Structor, 2019). I flera av bergborrhålen är påverkan relativt begränsad av nivåförändringarna i berggrummet medan BH2a påverkas i högre grad.

Påverkan i BH2a förklaras med att bergborrhålet troligen står i kontakt med berggrummet via den tolkade sprickzon som sträcker genom området i nordvästlig-sydöstlig riktning.



Figur 3-8 Variation av grundvattennivåer i bergborrhål under perioden 2015-2019 (modifierat från Structor, 2019). I diagrammet är även vattenståndsvariationer för Värtan inlagt, station Loudden sjöv, 35154, (SMHI 2020). Skalan för vattenståndsvariationer ligger till höger i diagrammet.

Observationerna speglar den heterogenitet som finns i berggrunden. Bergborrhålen har kontakt med sprickor i berget på olika djup och dessa sprickor kan vara mer eller mindre vattenförande. De mest vattenförande sprickorna i berget kommer att vara styrande för vattennivån inne i borrhålet. Sprickor i god kontakt med bergrummet kan förväntas få en avsänkning medan nivån kan förväntas vara högre i sprickor i kontakt med Husarviken- och Värtan eller med ytligt grundvatten.

I Figur 3-8 har även vattenståndsvariationen i Värtan lagts in för den aktuella perioden. Variationerna uppgår till ca 1 meter, ingen samvariation mellan grundvattennivåerna i aktuella bergborrhål och nivån i Värtan kan dock konstateras.

4 Föroreningar

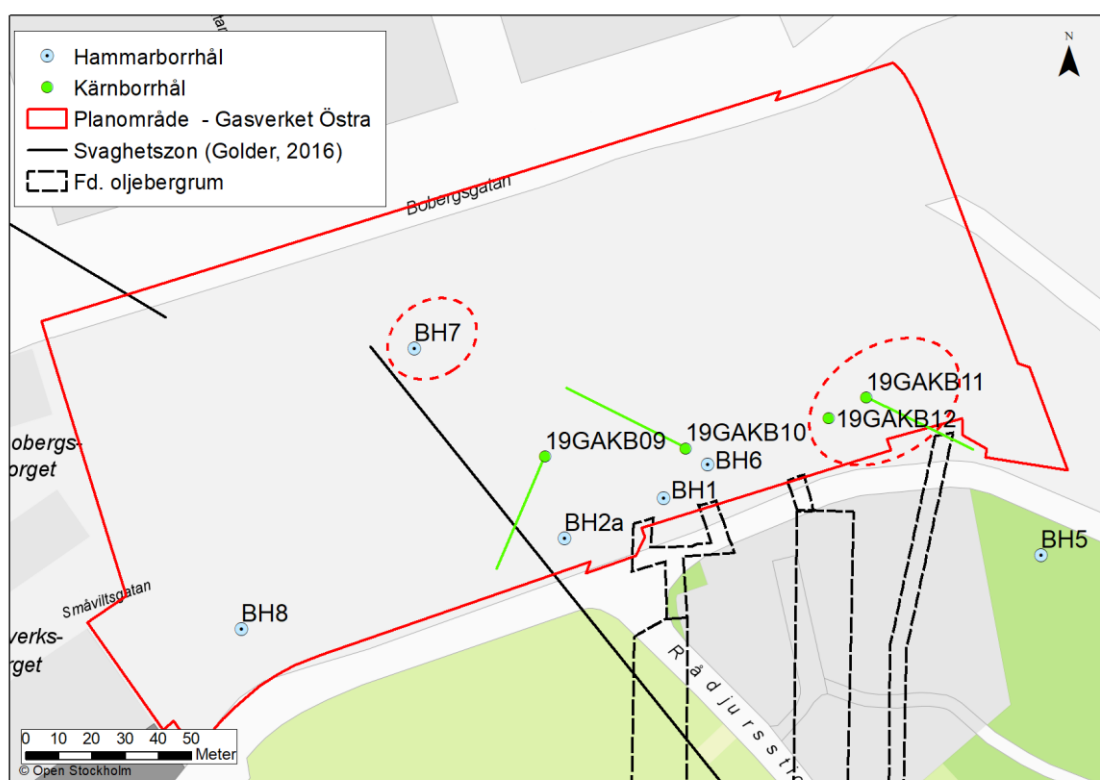
4.1 Undersökningar i berggrundvatten

Provtagning av berggrundvatten i området har utförts inom ramen för omgivningskontrollen för berggrummet sedan 2014. Efterhand har komplettering med bergborrhål skett samt att provtagningstekniker förbättrats och komplettering skett av kemiska analyser. Provtagning har föregåtts av omsättning av hela bergborrhålet sedan våren 2020 för att säkerställa formationsvatten, dvs helhålsprovtagning. Vidare har området delvis sanerats och exploaterats vilket förändrar föroreningskällor och spridningsförutsättningar. I detta kapitel beskrivs föroreningssituationen i berggrundvatten i området baserat på undersökningar genomförda under 2018 till 2020. Dels redovisas trender av föroreningshalterna med tiden, dels beräknas representativa halter som utgör underlag för riskbedömningen.

4.2 Föroreningssituation

4.2.1 Grundvatten

Baserat på provtagningar och kemiska analyser utförda under 2020 konstateras att flera bergborrhål visar på relativt låga föroreningshalter. I BH7 samt i KB11 och KB12 i norra respektive sydöstra delen av planområdet har dock höga halter av petroleumkolväten och PAH uppmätts, Figur 4-1.



Figur 4-1 Översikt av bergborrhål inom detaljplaneområdet samt markering av de provpunkter där höga halter av petroleumkolväten och PAH konstaterats under 2020 (markerat med streckad röd linje). © Open Stockholm.

För några av provpunkterna konstateras även att halterna tidigare legat högre för en del ämnen än i dagsläget. Nedan redovisas tidserier på analyserade halter i några utvalda

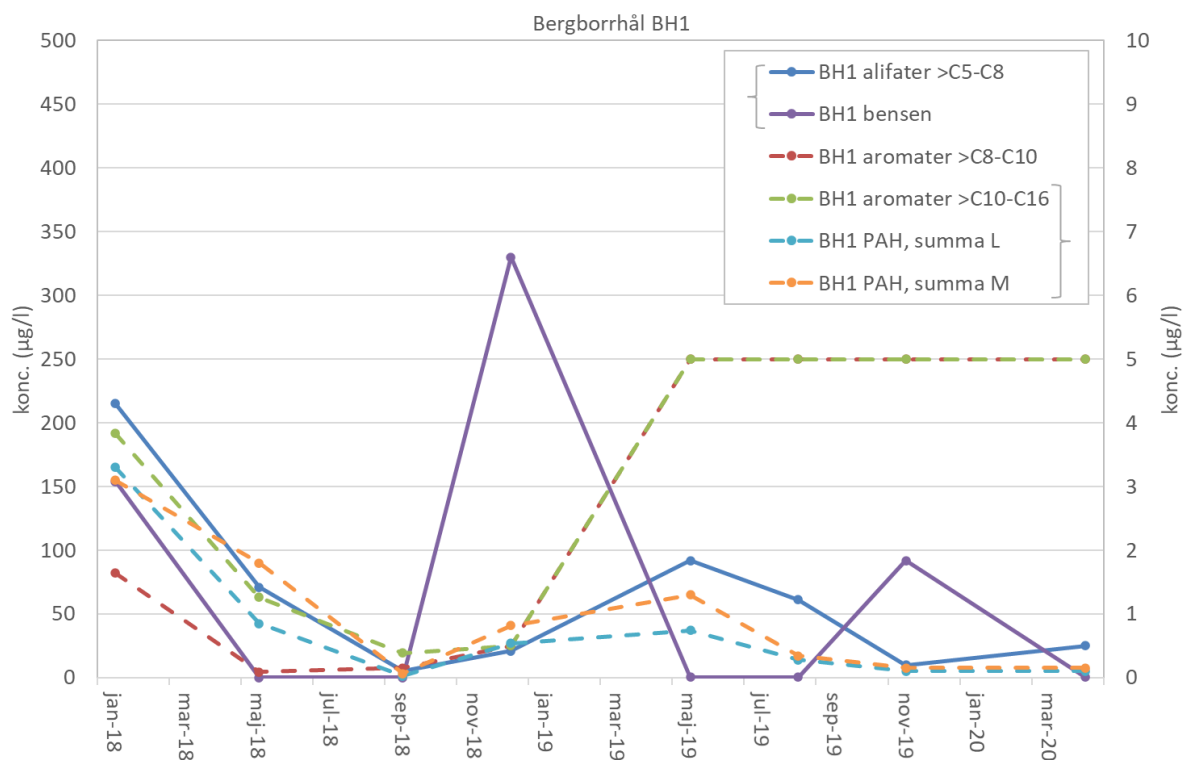
provpunkter för perioden 2018 till 2020. Då uppmätta halter och rapporteringsgränser varierar stort mellan olika ämnen sker redovisning i diagram mot två vertikala värdeaxlar, det framgår i teckenförklaringen till diagrammen vilka ämnen som redovisas mot respektive axel.

I punkt BH1 konstateras generellt låga halter och minskande halter undantaget bensen som vid ett mättillfälle i december 2018 översteg 300 µg/l, Figur 4-2. Halten minskande dock åter och har därefter sjunkit under 2019 och 2020. Det kan noteras att aromater >C10-C16 ser ut öka under 2019 och 2020, detta är dock en skenbar effekt på grund av en högre rapporteringsgräns.

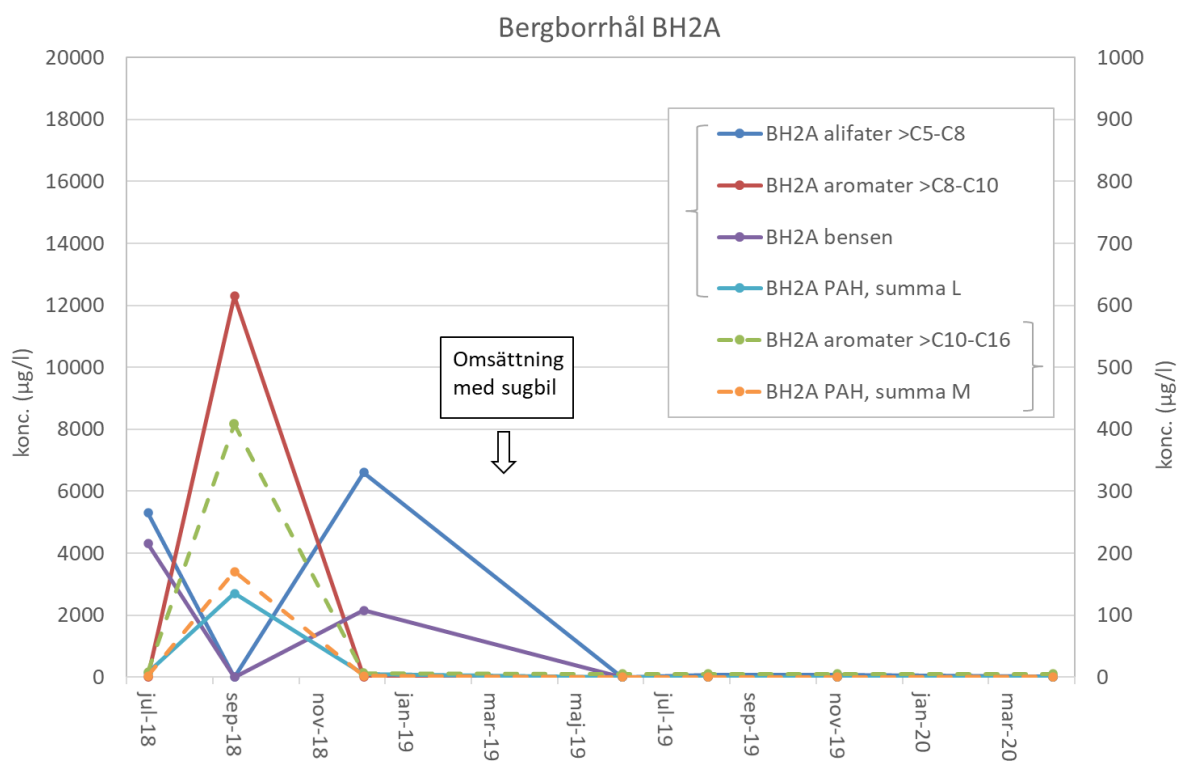
I punkt BH2a konstateras höga halter av flertalet ämnen vid provtagningar utförda under 2018, Figur 4-3. Högst halter konstateras för medeltunga och tunga alifater (>C10-C35) och medeltunga aromater (>C8-C10). I syfte att undersöka omfattningen av föroreningen samt omsätta borrhålet ordentligt genomfördes omsättning med sugbil under mars 2019. Efterföljande analyser visar på konstant låga halter av samtliga ämnen.

I punkt BH7 konstateras en ökande trend under 2018 till och med halvårsskiftet 2019 följt av en succesiv minskning under 2020, Figur 4-4.

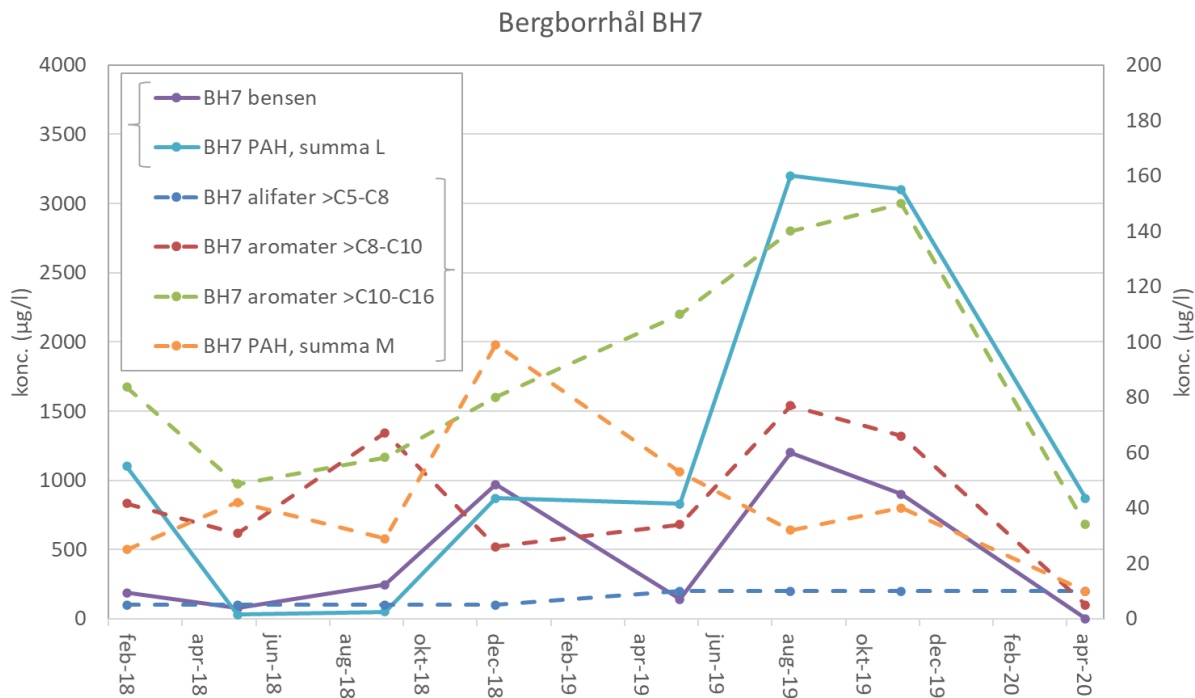
Kärnborrhålen (KB09, KB10, KB11 och KB12) installerades under våren 2019. Provtagning utfördes av samtliga hål under 2019. Analysresultaten i KB10 från första provtagningen låg i nivå med rapporteringsgränsen för samtliga ämnen. Uppföljande mätning genomfördes under 2020 vid två tillfällen i KB09, KB11 och KB12 (Figur 4-5, Figur 4-6 och Figur 4-7). I KB09, KB11 och KB12 uppmättes höga halter, speciellt vid den inledande provtagningen under 2019. Generellt konstateras dock en minskande trend för de flesta ämnena utom för lätta alifater (>C5-C8), bensen och PAH L i kärnborrhål KB 11 där trenden är mera osäker.



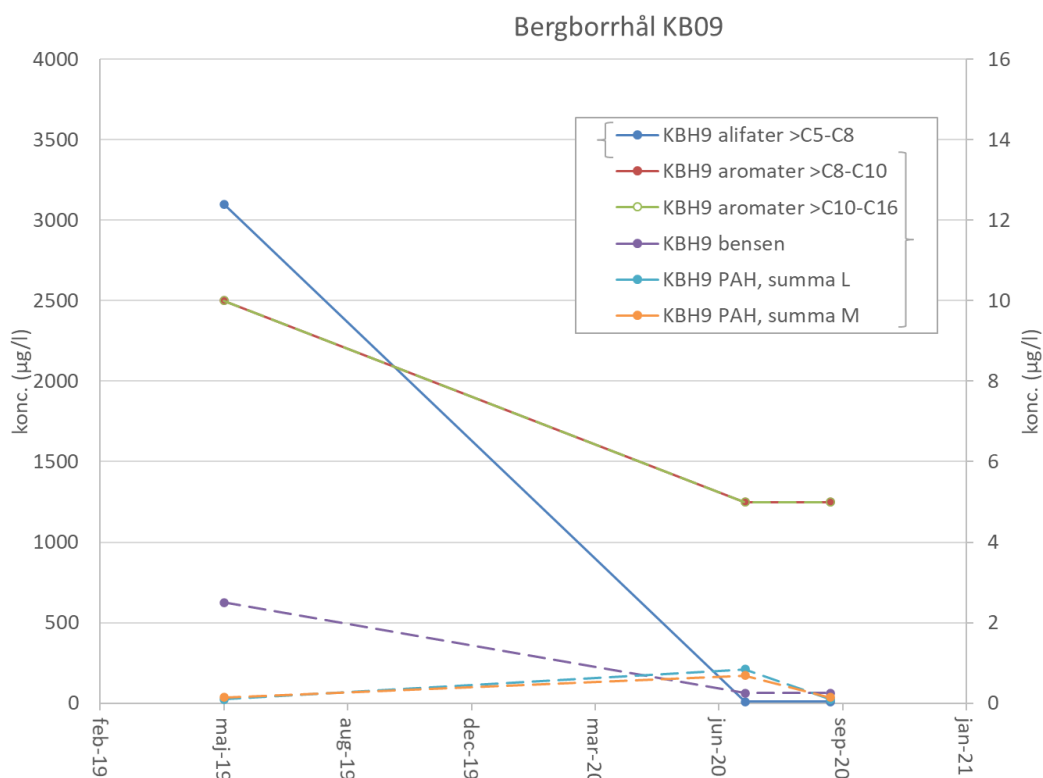
Figur 4-2 Tidsserier för petroleumkolväten i grundvatten 2018-2020, BH1.



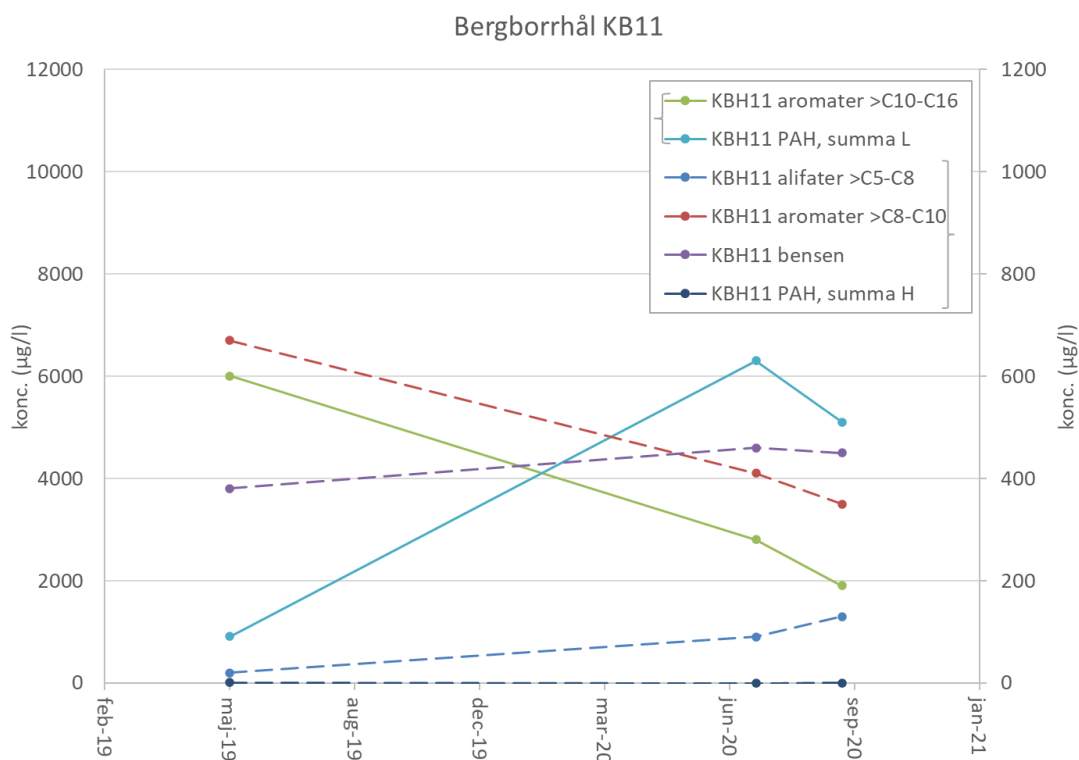
Figur 4-3 Tidsserier för petroleumkolväten i grundvatten 2018-2020, BH2a.



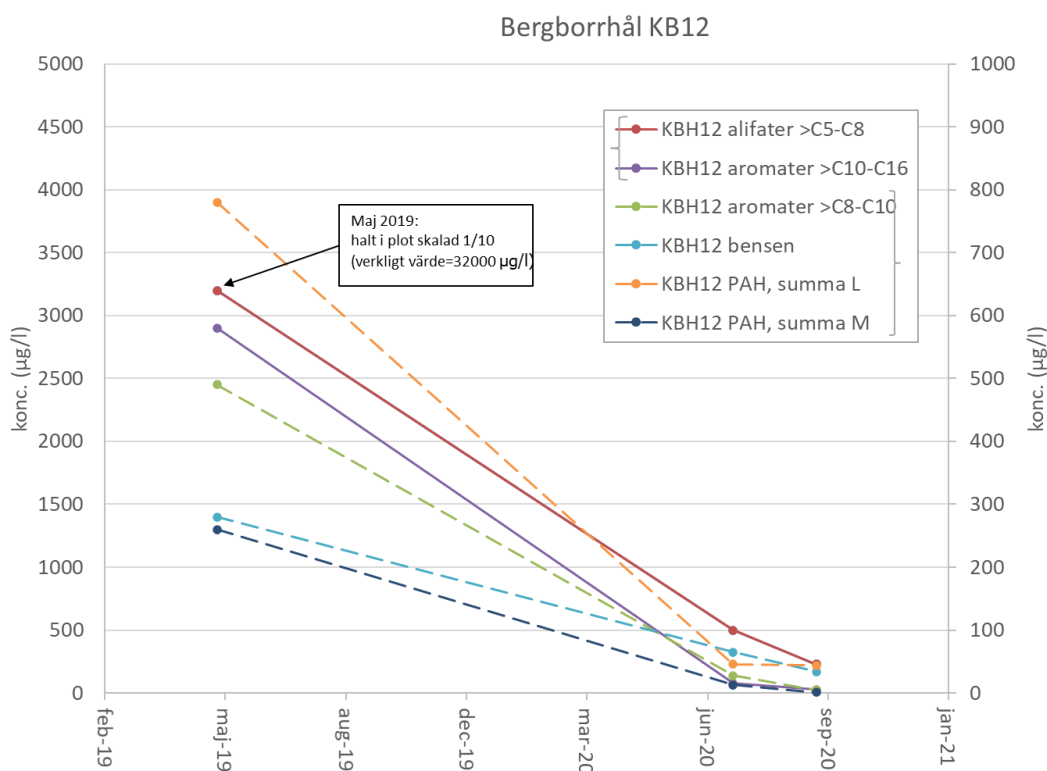
Figur 4-4 Tidsserier för petroleumkolväten i grundvatten 2018-2020, BH7.



Figur 4-5 Tidsserier för petroleumkolväten i grundvatten 2018-2020, KB09.



Figur 4-6 Tidsserier för petroleumkolväten i grundvatten 2018-2020, KB11.



Figur 4-7 Tidsserier för petroleumkolväten i grundvatten 2018-2020, KB12.

Sammanfattningsvis konstateras att höga föroreningsnivåer i berggrundvatten påträffats i huvudsak inom två områden, dels i anslutning till BH7, dels i anslutning till KB11 och KB12. Halterna har även varierat med tiden. Som underlag för riskbedömningen beräknas medelhalten i respektive provpunkt för två perioder, 2019 och 2020, Tabell 4-1. För att bedöma riskerna med ångor i byggnader finns branschspecifika riktvärden framtagna för ämnen i grundvatten vid bensinstationer (SPBI, 2012). Beräkningar av SPBIs riktvärden bygger på Naturvårdsverkets transportmodell där bl a förångning sker genom normaltät jord. Då markförhållandena inom området skiljer sig från förutsättningarna för beräkningarna av de branschspecifika riktvärdena speglar jämförelsen inte ett verkligt exponeringsscenario utan ger endast indikationer på risknivå.

Tabell 4-1 Halter i bergborrhål för 2019 respektive 2020, jämförelse mot SPBI:s riktvärden för inandning av ångor (SPBI, 2012).

Prov-punkt	alifater >C5-C8	alifater >C8-C10	alifater >C10-C12	alifater >C12-C16	alifater >C16-C35	aromater >C8-C10	aromater >C10-C16	aromater >C16-C35	bensen	toluen	etyl- bensen	xylenor, summa	PAH, summa L	PAH, summa M	PAH, summa H
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Provtagning 2019 (BH1 till BH8 – medel av tre mättilfällen och KB09 till KB12 – ett mättilfälle)															
BH1	54	<20	<20	<20	<50	<10	<10	<5	31	<1	<1	<1	0,4	0,6	<0,3
BH2A	76	<20	<20	<20	<50	<10	<10	<5	<0,5	0,7	0,7	0,7	<0,2	<0,3	<0,3
BH3	<20	<20	<20	<20	<50	<10	<10	2,6	<0,5	0,7	0,7	0,7	<0,2	<0,3	<0,3
BH5	<20	<20	<20	<20	<50	<10	<10	<5	<0,5	<1	<1	0,7	<0,2	<0,3	<0,3
BH6	<20	<20	<20	<20	<50	<10	<10	<5	<0,5	0,7	0,7	0,8	<0,2	<0,3	<0,3
BH7	<20	<20	18	<20	33	59	133	<5	747	341	41	203	2377	42	<0,3
BH8	<20	<20	<20	<20	<50	<10	<10	<5	<0,5	0,7	0,7	0,7	<0,2	<0,3	<0,3
KB09	3100	20	20	20	50	10	10	5	2,5	1	1	1	<0,2	<0,3	<0,3
KB10	20	20	20	20	50	10	10	5	0,5	1	1	1	<0,2	<0,3	<0,3
KB11	20	20	210	160	190	670	6000		380	110	11	250	910	270	0,7
KB12	32000	1500	1100	2300	710	490	2900	50	280	55	11	170	780	260	17
Provtagning 2020 (BH1 till BH8 – ett mättilfälle och KB09 till KB12 – medel av två mättilfällen)															
BH1	25	<20	<20	<20	<50	<10	<10	<5	<0,5	<1	<1	<1	<0,2	<0,3	<0,3
BH2A	<20	<20	<20	<20	<50	<10	<10	<5	0,7	<1	1,2	1,5	1,8	0,6	<0,3
BH7	<20	<20	20	<20	130	<10	34	<5	<0,5	<1	<1	<1	870	10	0,8
BH8	<20	<20	<20	<20	<50	<10	<10	<5	<0,5	<1	<1	<1	<0,2	<0,3	<0,3
KB9	<20	<20	<20	<20	<50	<10	<10	<5	<0,5	<1	<1	<1	0,47	0,42	<0,3
KB11	110	<20	89	40	<50	380	2350	<5	455	165	22	325	5700	36	0,3
KB12	365	165	110	165	73	17	52	<5	50	6,9	1,2	11	45	7,1	1,3
Ångor i byggnader (SPBI, 2012)	3000	100	25			800	10000	25000	50	7000	6000	3000	2000	10	300

4.3 Identifiering av föroreningar

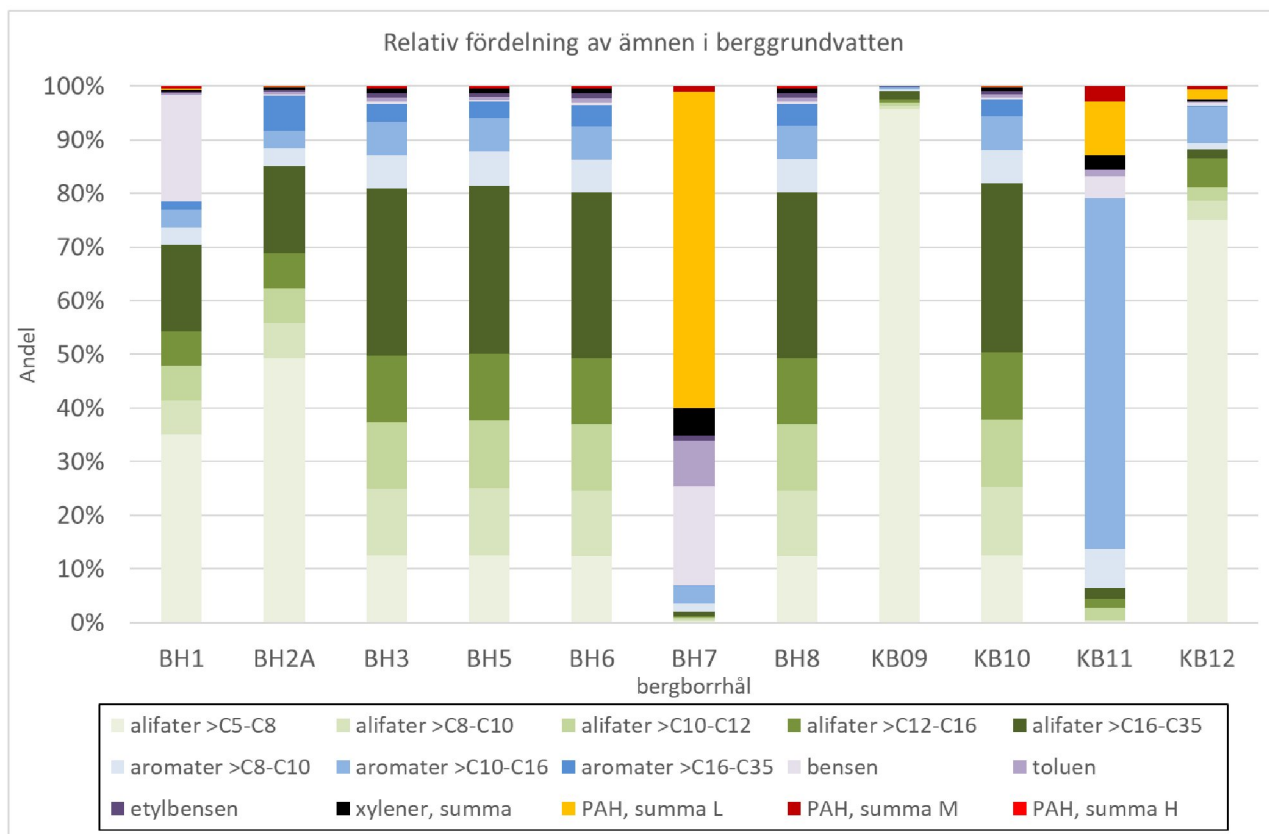
I samband med provtagning av bergborrhål har förutom kemiska analyser av specifika ämnesfraktioner även oljeidentifiering utförts. En oljeidentifiering innebär att kromatogram för kända petroleumprodukter jämförs med kromatogrammet för det okända provet. För att utföra oljeidentifiering krävs relativt höga halter varför endast ett fåtal typningar kunnat utföras:

- BH2a och BH7 (provtagning mars 2019): Det bedöms att det inte är samma föreningar som ger upphov till de höga halterna i de tunga alifatfraktionerna i de två proverna. Enligt laboratoriet härrör halten tunga alifater i BH2a till stora delar från en enstaka topp i kromatogrammet. Halten tunga alifater i BH7 härrör från en eller eventuellt två tunga oljor som kan liknas med gamla nedbrutna eldningsoljor, smörjoljor eller liknande.
- KB11, KB12 och BH7 (provtagning september 2020): Enligt laboratoriet visar kromatogrammet för KB11 inte en direkt överensstämmelse med kromatogrammen i laboratoriets oljebibliotek. Delvis överensstämmelse konstaterades dock för bensin, alkylbensener, kreosot, lacknafta och terpentin. Bästa överensstämmelse bedöms vara med bensin och alkylbensener. Provet kan delvis bestå av nafta, men inte med säkerhet. I kromatogrammet för KB11 finns även andra ämnen med som inte kan härledas till nafta. Enligt laboratoriet visar kromatogrammen för KB12 och BH7 att proven inte är nafta.

Nafta utgörs i huvudsak av kolväten som innehåller mellan 5 och 12 kolatomer (University of Calgary, 2017). Inga fullständiga oljeanalyser omfattande alifat- och aromatfraktioner, BTEX och PAH finns för bergrumsvattnet i bergrummen där naftan lagrades. Dock finns analyser av BTEX i bergrumsvattenvatten från 2016. Analyserna visar att bergrumsvattnet innehöll ca 40 000 µg/l bensen, ca 660 µg/l toluen. Etylbensen och xylen understeg rapporteringsgränsen <20 µg/l.

I syfte att jämföra de olika sammansättningarna i bergborrhålen redovisas ett stapeldiagram med den relativa andelen av respektive ämne har i de olika bergborrhålen, Figur 4-8.

Det kan konstateras att fördelningen av ämnen är relativt lika i BH3, BH5, BH6, BH8 och KB10 vilket beror på att de flesta ämnen understiger rapporteringsgränsen. I övriga bergborrhål konstateras dock stora skillnader, möjligen kan sägas att KB09 och KB12 delvis liknar varandra då sammansättningen domineras av lätta alifater.



Figur 4-8 Relativ fördelning av uppmätta halter i bergborrhål baserat på provtagning under 2019.

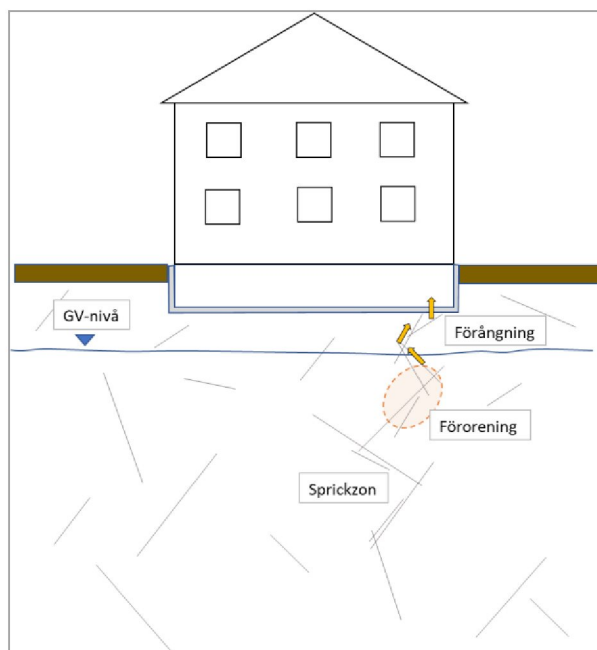
Analysresultaten speglar de olika tillverkningsprocesserna och föroreningshistoriken som pågått under lång tid på området varför det är svårt att urskilja ursprunget till föroreningarna i enskilda punkter. Spaltgasproduktion tar upp en relativt liten yta och genererar inte stora mängder biprodukter eller svårhanterligt avfall. Dock kan eventuellt spill av nafta i områden där kolgasproduktion tidigare skett medföra att exempelvis tjära löses upp vilket påskyndar spridningen.

5 Spridningsförutsättningar

5.1 Inledning

Förutsättningar för spridning av föroreningar i berget beror, förutom på föroreningars egenskaper och grundvattnets kemi, på bergets hydrogeologiska egenskaper. I berggrunden uppträder och strömmar grundvatten i öppna sprickor som är i kontakt med varandra. Förekomsten av sprickor är dominerande för föroreningstransport, både som fri fas, gasfas och som löst fas.

Förorening i sprickor och porer i berget kan medföra risk för att flyktiga ämnen frigörs från det förorenade grundvattnet och sprids genom omättade strukturer i berggrunden och in i byggnader, Figur 5-1.



Figur 5-1 Schematisk bild av spridning av ångor från berggrunden till byggnad.

Viktiga egenskaper hos berggrunden för att karakterisera föroreningsspridning är:

- Bergets porositet, vattenförande förmåga och tryckförhållanden
- Spricksystemets uppbyggnad och konnektivitet (hur sprickorna hänger samman)

Förekomsten av sprickor och deras egenskaper, exempelvis sprickfrekvens och sprickvidd, är central för bedömning av förutsättningarna för spridning.

Dock medför bergets heterogena egenskaper att det är mycket svårt att skapa en fullständig förståelse för spridningsförutsättningarna, även om omfattande undersökningar utförs.

5.2 Karakterisering av sprickigt berg

5.2.1 Generellt

Svaghetszoner (deformationszoner) i bergmassan uppkommer vid spröddeformation av bergmassan. Sprickor och förkastningar är exempel på vanligt förekommande svagheter i urberget. Sprickzoner är en koncentration av sprickor där sprickfrekvensen (mängden

sprickor per bergvolym) är minst en storleksordning högre än i det omgivande berget. Större rörelse i berggrunden medför längre och bredare svaghetszoner.

Indelning och benämning av sprickzoner kan göras enligt följande (SKB, 2001)

- Regionala sprickzoner, längd > 10 km, bred >100 m
- Lokala större sprickzoner, längd 1-10 km, bredd 5-100 m
- Lokala mindre sprickzoner 10 m – 1 km, bredd 0,1-5 m
- Sprickor <10 m, bredd 0,1 m

Enskilda sprickor och sprickfrekvenser varierar stort beroende på bergart och tektonik. I samband med platsundersökningar inför val av plats för kärnbränsleförvar har omfattande undersökningar av kristallint berg genomförts. I normaltätt berg är andelen sprickor med sprickvidder i storleksordningen 0,1-1 mm relativt liten men i anslutning till svaghetszoner är de mer frekventa. Undersökningar i kristallint berg vid Äspö, Oskarshamns kommun, visar att sprickvidderna där normalt varierade mellan 0,02-0,2 mm (SKB, 2008). Dock är alla sprickor inte öppna och vattenförande beroende på hur sprickorna hänger samman samt beroende på sprickfyllnad som exempelvis utfällningar. Resultat från undersökningar av vattenledande strukturer i sju borrhål i Laxemar, Oskarshamns kommun, visar att frekvensen av dessa strukturer varierar mellan 0,08 till 0,48 sprickor per meter (SKB, 2006).

Berggrundens porositet, volymandelen hålrum, delas in i primär porositet (det ospruckna berget) och sekundär porositet (sprickporositet). Sprickporositeten beror på sprickfrekvens, sprickorientering, sprickvidd och mineralfyllnad.

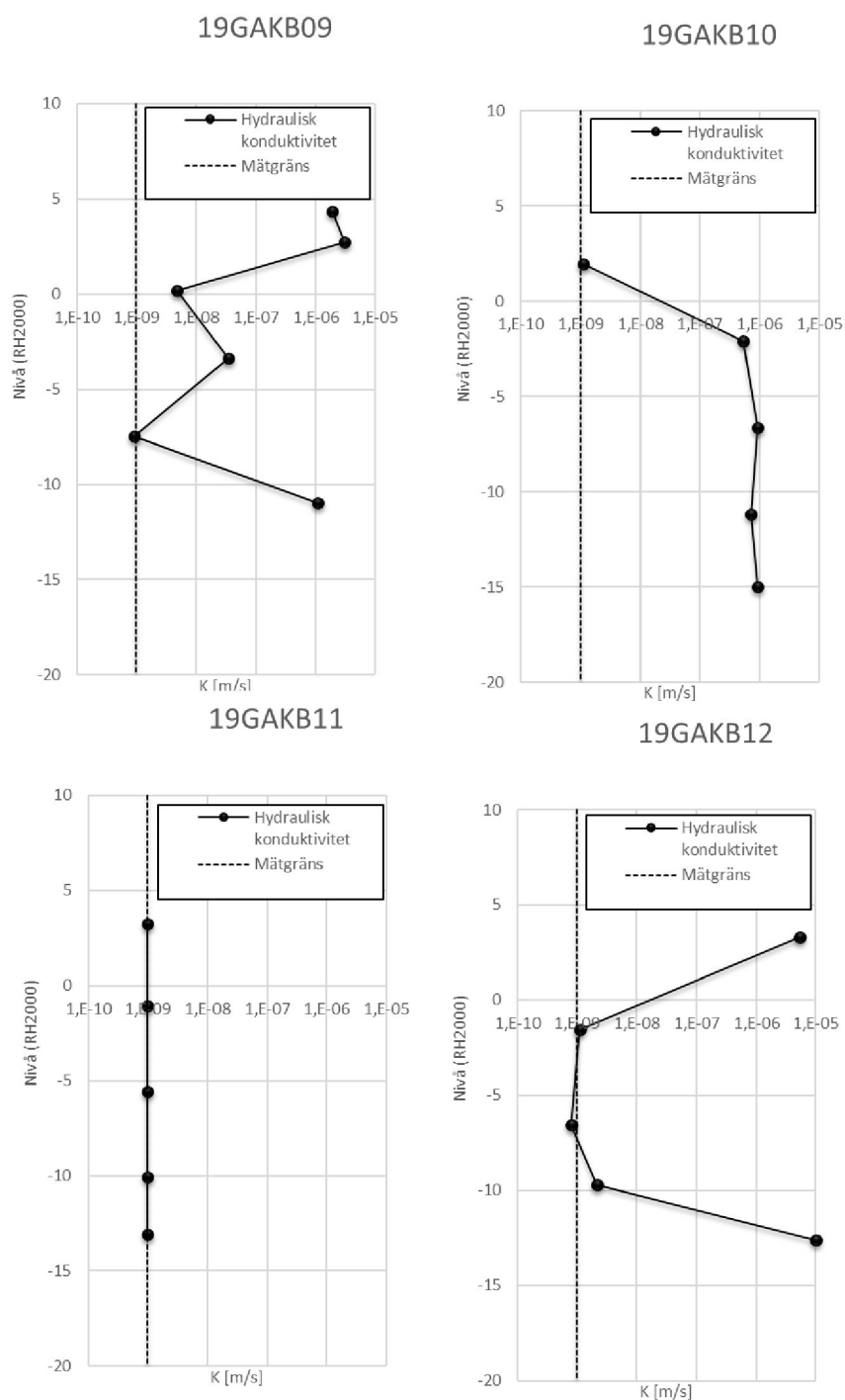
Sprickporositeten uppges kunna uppgå till någon procent i kristallint berg. Då sprickor kan vara osammanhängande ger sprickporositeten inget mått på förutsättningarna för grundvattenflödet. Därför används begreppet kinematisk porositet (flödesporositet) för att beskriva den mängd hålrum i berget som bidrar till grundvattenflödet. För svensk kristallin berggrund uppskattas den till 0.0001-0,1% (SOU, 2001).

5.2.2 Platsspecifikt

Platsspecifika underlag för bedömning av spridningsförutsättningarna i berg utgörs bl a av de kärnborrhål (KB09 - KB12) som installerats i området. Vid kärnbörningen utfördes vattenförlustmätning och kärnkartering.

Vattenförlustmätningarna utfördes sektionsvis längs borrhålen, sektionernas längd varierade mellan 2 och 10 meter. Analys av utförda vattenförlustmätningar har gjorts där hydraulisk konduktivitet för enskilda sektioner tolkats. Erhållna värden på hydraulisk konduktivitet varierar mellan $8 \cdot 10^{-10}$ till $9,9 \cdot 10^{-6}$ m/s för individuella sektioner med undantag för KB11 där inga vattenförluster över detektionsgränsen uppmättes. Konduktiviteten i KB11 bedöms således till mindre än $1 \cdot 10^{-9}$ m/s (Golder, 2019a). I Figur 5-2 redovisas tolkade konduktiviteter för respektive kärnborrhål. Som jämförelse uppges den regionala hydrauliska konduktiviteten i berg för ett område som omfattar Norra Djurgårdsstaden samt flera kommuner norr om Stockholms stad till ca $1 \cdot 10^{-7}$ m/s (SGU, 1984).

Kärnkarteringen utfördes med avseende på bergarter och sprickstrukturer där bl a antalet sprickor per sektion dokumenterades (Golder, 2019a). Baserat på antalet sprickor beräknas sprickfrekvens (antal sprickor per meter) för respektive sektion, Figur 5-3.



Figur 5-2 Sektionsvis redovisning över hydraulisk konduktivitet (K) mot nivå (RH2000). Svart streckad linje indikerar mätgränsen för vattenförlustmätningen.

Resultatet från kärnkarteringen och vattenförlustmätningarna ger i korthet följande (Golder, 2019a):

- KB09 – Kärnborrhålet bekräftar vid två sektioner den brantstående sprick- eller krosszon som löper i nordvästlig-sydöstlig riktning tvärs bergrumsanläggningen (parallellt med Rådjurstigen). Där större vattenförlust konstaterats anses bero på en subhorisontell spricka (sprickor med flack lutning) på nivån ca -12, dvs ca 20 meter under markytan.
- KB10 – Kärnborrhålet visar att berget generellt är massivt, få sprickor och inga krosszoner har identifierats. Medelhöga vattenförluster anses beror på subhorisontella sprickor.
- KB11 – Berget är generellt massivt, få sprickor och inga krosszoner har identifierats. Inga vattenförluster över mätgräns har detekterats.
- KB12 – Berget är generellt massivt med få sprickor eller krosszoner. Dock förekommer subhorisontella sprickor som anses vara orsaken till vattenförlusterna i början (+3) och slutet (-13) av kärnborrhålet, dvs ca 4 respektive 20 meter under markytan.

5.3 Beräkning av porositet

Som underlag för föreliggande riskbedömning beräknas teoretiska föroreningshalter i inomhusluft baserat på uppmätta halter i grundvatten utgående från Naturvårdverkets transportmodell (Naturvårdverket, 2016). Modellen är dock anpassad för ångtransport i homogena porösa media och inte framtagen för beräkning av ångtransport i sprickigt berg. Då liknande modeller för ångtransport i sprickigt berg saknas beräknas en porositet baserat på resultat från kärnborrningarna. Dvs andelen porutrymme i diskreta sprickor beräknas om till en representativ porositet för berget.

Porositeten i berget beräknas på två sätt, dels baserat på karterade sprickfrekvenser och sprickvidder, dels baserat på beräknad effektiv porositet.

Vid beräkning av porositet ur sprickfrekvens och sprickvidd antas att berget utgörs av planparallella sprickor var sammanlagda sprickvidd upptar en viss fysisk volym av en enhetsarea av berget.

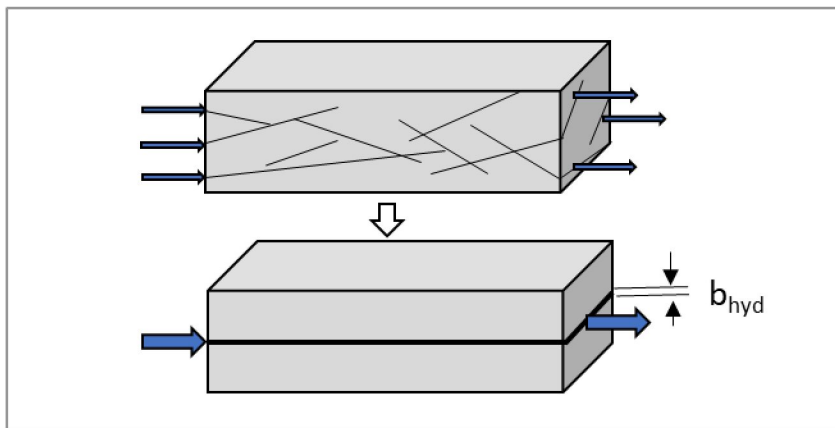
Effektiv porositet baseras på beräkning av hydraulisk sprickvidd (beräknad ur vattenförlustmätningarna) och motsvarar den mängd hålrum i berget som bidrar till grundvattenflödet.

Vid karteringar av borrhälsar har noteringar gjorts om sprickvidd (Golder, 2019a). Av totalt 42 noteringar har endast en spricka i KB09 (i anslutning till sprickzon) konstaterats ligga i sprickviddsintervallet 1 till 5 mm. Övriga sprickor understiger sprickvidden 1 mm, dvs 98 % av sprickorna. Baserat på beräkningar av sprickfrekvens konstateras ett medelvärde på ca 5 sprickor per meter berg. Om det antas att varje spricka är 1 mm motsvarar detta en porositet på ca 0,5 %.

Genomsläppligheten av ett geologiskt material kan beskrivas med transmissivitet T (m^2/s). Transmissivitet är grundvattenflödet genom en sektion med en enhetsbredd vinkelrätt mot flödesriktningen. Transmissiviteten är proportionell mot den hydrauliska konduktiviteten K (m/s) och grundvattenmagasinets mäktighet d_{mag} (m) och beräknas enligt:

$$T=K \cdot d_{\text{mag}} \quad (4)$$

Mängden vatten som transporteras genom en vattenförande spricka kan även uttryckas med en transmissivitet T_{spricka} (m^2/s) som kan relateras till sprickvidden. Dock varierar den verkliga sprickvidden längs en spricka varför flödet genom sprickan även är ojämnt fördelat. En spricka kan därför förenklat beskrivas som en tvådimensionell planparallell struktur med en spalt benämnd hydraulisk sprickvidd, b_{hyd} (m), där vattnet flödar, Figur 5-4.



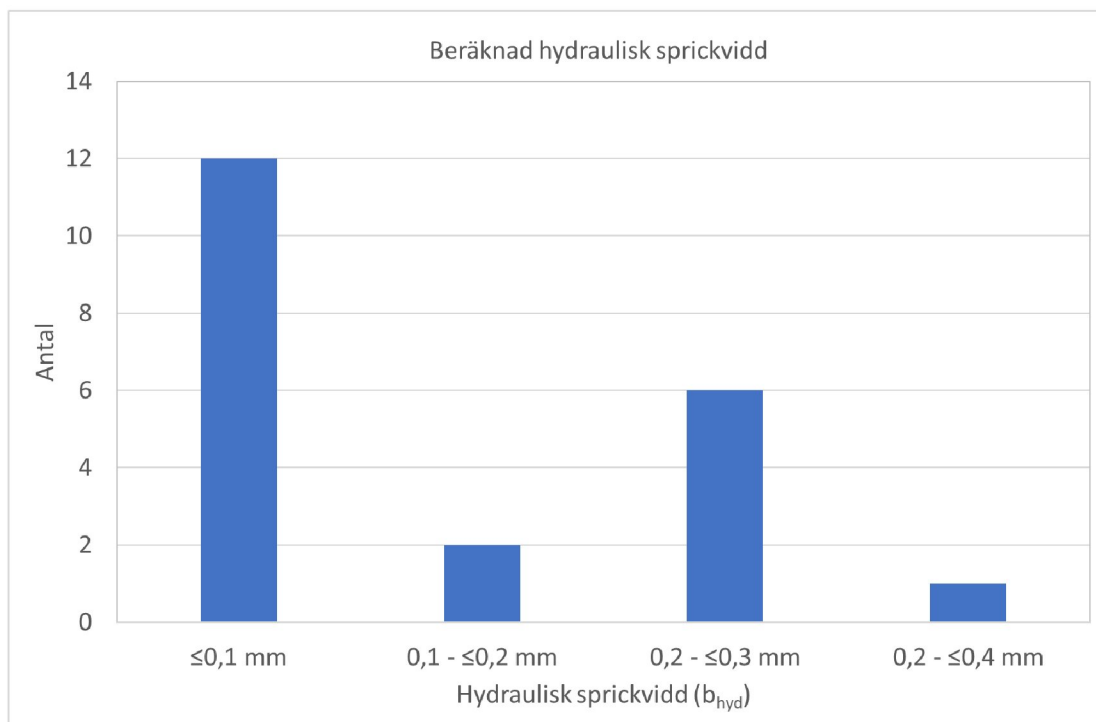
Figur 5-4 Konceptuell bild av hydraulisk sprickvidd (b_{hyd}).

Den hydrauliska sprickvidden kan beskrivas med den kubiska lagen (Gustafson, 2009):

$$b_{\text{hyd}} = \sqrt[3]{T_{\text{spricka}} \cdot \frac{12\mu_w}{\rho_g}} \quad (5)$$

Där μ_w (Pa s) är vattnets viskositet, g (m/s^2) är gravitationskonstanten, och ρ_w (kg/m^3) är vattnets densitet.

Beräkning av sprickvidd från transmissivitetsdata baseras på vattenförlustmätningar i borrhål där mätningar utförs i avgränsade borrhålssektioner. Man gör det konservativa antagandet att sprickan med störst sprickvidd står för huvuddelen av vattenförlusten i mätsektionen. Det vill säga att transmissiviteten (T) för hela mätsektionen sätts lika med spricktransmissiviteten (T_{spricka}). På detta sätt erhålls en uppfattning av variabiliteten av sprickvidderna längs med borrhålet. Baserat på sektionsvisa hydrauliska konduktiviteter och sektionslängder har den hydrauliska sprickvidden beräknats för 21 sektioner, Figur 5-5. Den hydrauliska sprickvidden varierar mellan 0,02 och 0,35 mm och medelvärdet beräknas till 0,12 mm. I kärnborrhål KB09 (i anslutning till sprickzon längs Rådjursstigen) konstateras att den hydrauliska sprickvidden varierar mellan 0,02 till 0,3 mm och medelvärdet beräknas till 0,14 mm. Då sprickvidden beräknas ur transmissiviteten (grundvattenflödet genom en sektion med en enhetsbredd vinkelrätt mot flödesriktningen) motsvarar sprickvidden ett mått på porositeten. För ovanstående beräkningar ger det således en medelporositet på ca 0,1 %.



Figur 5-5 Fördelning av beräknad hydraulisk sprickvidd på olika storleksintervall.

Sammanfattningsvis konstateras att beräknad hydraulisk porositet (0,1 %) är mindre än beräknad porositet baserad på karterade sprickvidder och sprickfrekvens (0,5 %). Detta bekräftar att en begränsad del av sprickorna är tillgängliga och öppna för grundvatten-transport då transporten i en större andel av sprickorna begränsas på grund av låg konnektivitet med andra sprickor samt på grund av sprickfyllnadsmineral

Som underlag för riskbedömningen antas dock att en porositet på 0,5 % är tillgänglig för ångtransport för att även inkludera enskilda sprickzoner.

6 Riskbedömning

6.1 Inledning

Flyktiga föroreningar kan spridas från berg till bostäder och exponeras för människan vid inandning av ångor. Exponeringen beror på vistelsetid i byggnader, grundläggning, ventilation och föroreningssituationen under byggnaden.

Riskbedömningen syftar till att beskriva risker för negativa hälsoeffekter vid en framtida exploatering, det vill säga byggnation i enlighet med detaljplanen.

6.2 Hydrogeologisk situation

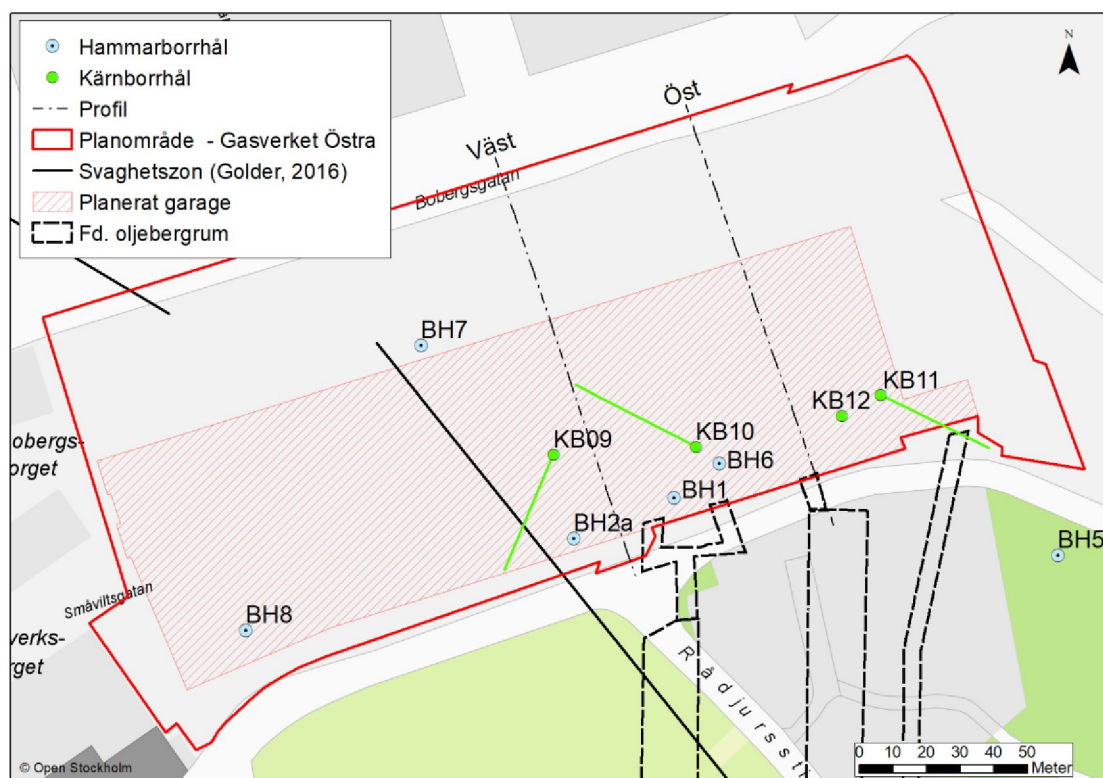
En betydande parameter för bedömning av föroreningsspridning är grundvattenytans läge då avståndet mellan föroreningarna i grundvattnet och ovanliggande byggnader har stor betydelse för transport av ångor genom den omättade zonen, dvs marken mellan grundvattenytan och byggnaden.

Stora delar av området planeras att schaktas för ett planerat 2-våningsgarage under mark. Jordtäcket är relativt tunt varför bergschakt kommer att behöva utföras. Då grundvatten i berg konstaterats förorenat kan det medföra en risk för exponering, via ångor, till planerade byggnader.

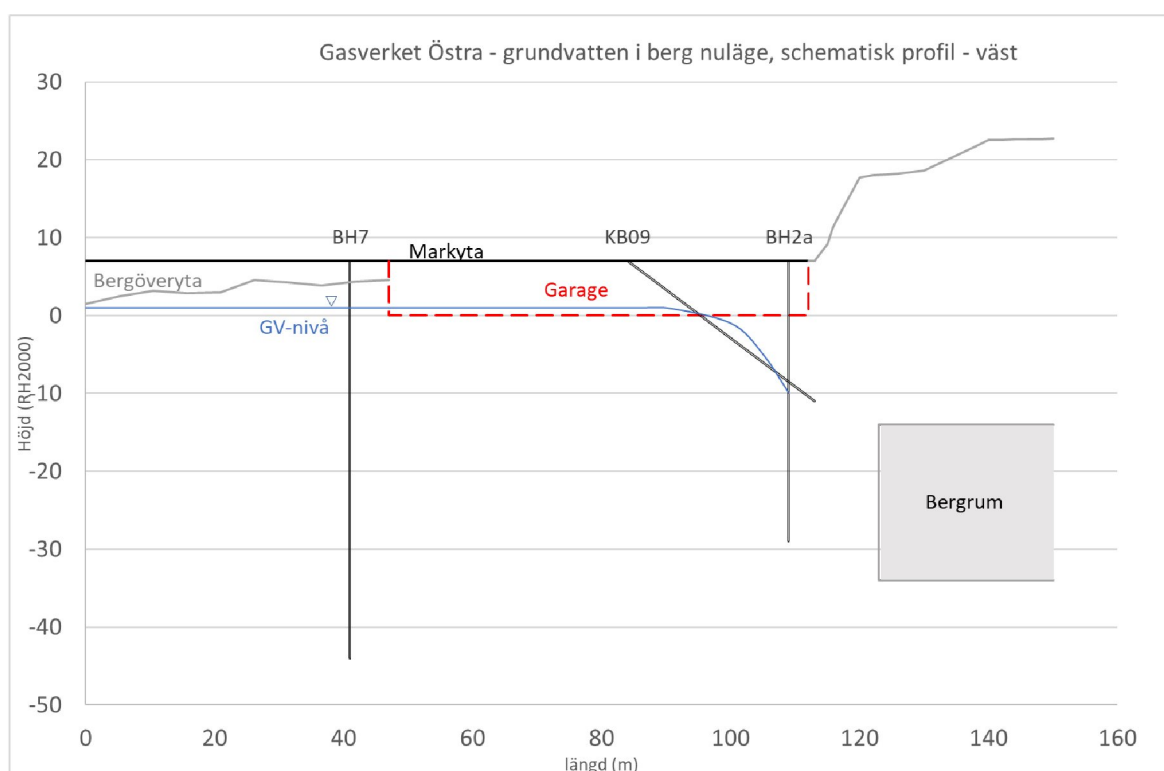
Utbredning av garaget redovisas i Figur 6-1. Efter genomförd byggnation av garage överbyggs garaget med flervåningsbyggnader för bl a centrum-, kontors- och bostadsändamål. I markplan planeras dock endast utrymmen för centrum- och kontorsändamål. Ungefärliga nivåer på garaget är följande:

- Entréplan ligger på ca + 7m, motsvarande dagens marknivå
- Garagenivå 1 på ca + 3 m, ca 4 m under marknivå
- Garagenivå 2 på ca +0 m, ca 7 under marknivå

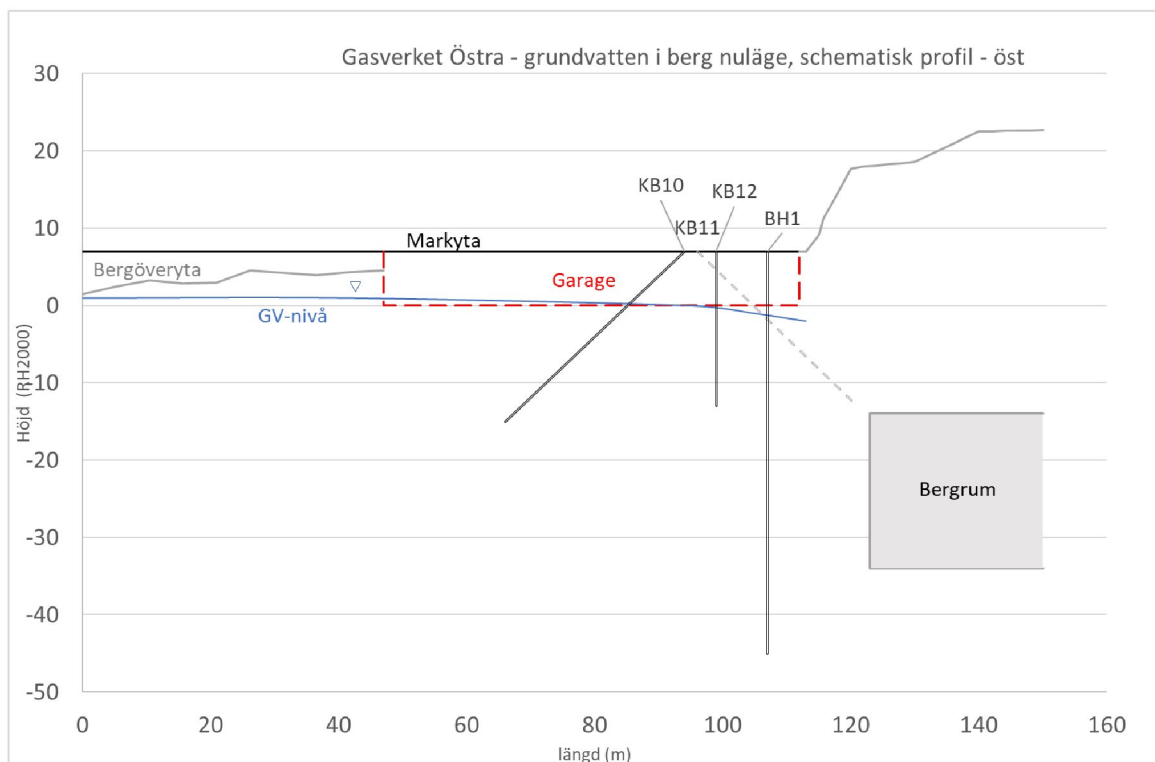
Nivåerna kan jämföras med uppmätta grundvattennivåer i området som generellt ligger mellan ca -1 och ca +1 förutom BH2a som ligger på ca nivån -10. I förhållande till dagens grundvattennivå kan således delar av garagebyggnadens botten komma ligga lägre än grundvattennivån. I Figur 6-2 och Figur 6-2 redovisas schematiska profiler av garagebyggnaden i förhållande till markyta, bergöveryta och grundvattennivåer.



Figur 6-1 Planområde och utbredning av planerat tvåvåningsgarage. I kartan finns lägen för tvärsnittsprofiler inlagda, profil väst och öst. Dessa redovisas i Figur 6-2 och Figur 6-3.



Figur 6-2 Schematisk profil (väst) över planområdet. Grundvattennivåns läge baseras på dagens uppmätta nivåer i bergborrhål.



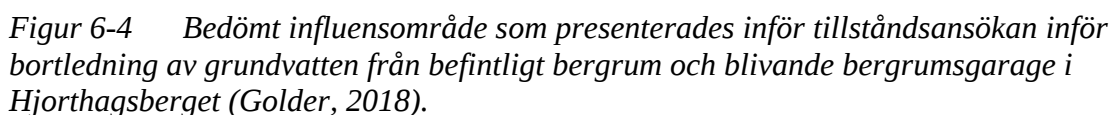
Figur 6-3 Schematisk profil (öst) över planområdet. Grundvattennivåns läge baseras på dagens uppmätta nivåer i bergborrhål.

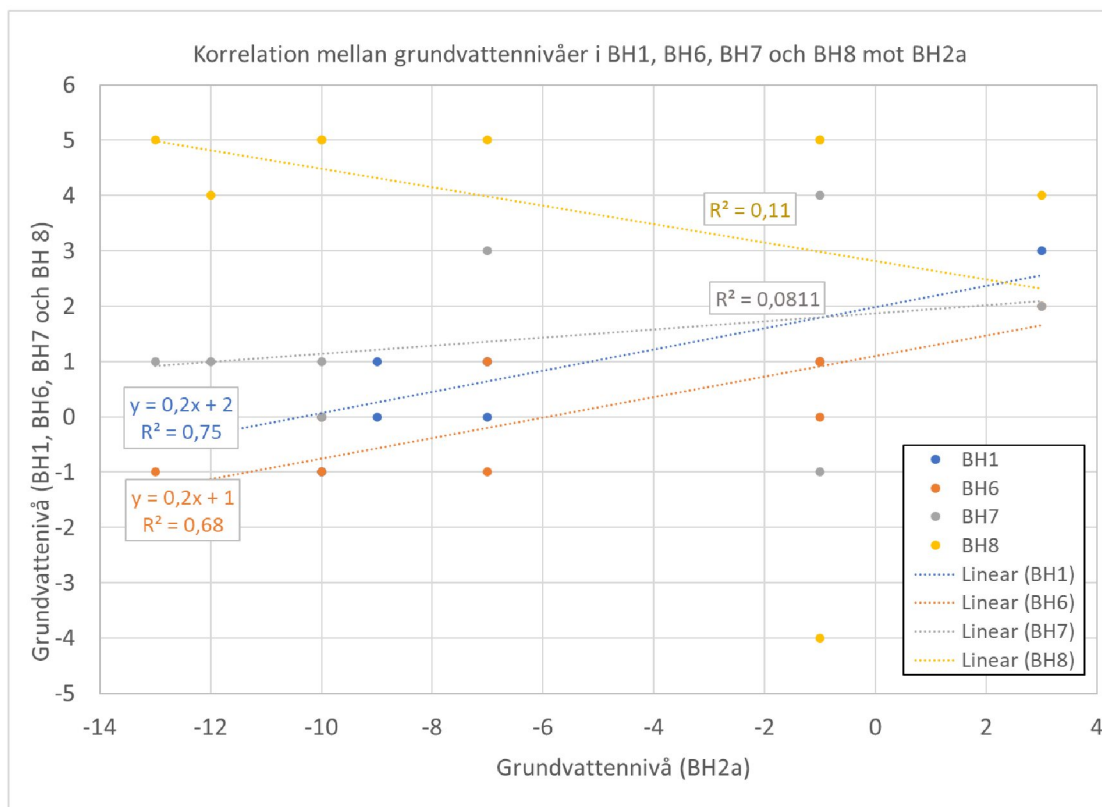
För ett oljelager utsprängt i berget, där det sker ett inläckage av grundvatten, sänks grundvattentrycket i berget runt bergrummet. Avsänkningen medför en ökad infiltration till berggrunden och en sänkning av grundvattennivån. Trycksänkningens storlek i berg är direkt knuten till bergrummets geometri. I direkt anslutning till bergrummet antas att det ursprungliga grundvattentrycket i berg sänks av till trycknivån inne i bergrummet. Trycksänkningen i berget kring bergrummen kommer att minska med ökande avstånd från bergrummet.

Generellt gäller att där djupet till bergrummet är stort så blir trycksänkningen lokalt stor medan trycksänkningen där djupet är mindre, exempelvis där transportorter ansluter till markytan. Horisontellt från ett bergrum minskar trycksänkningen i berg med avståndet.

Inför ansökan om tillstånd för bortledning av grundvatten från befintligt bergrum och blivande bergrumsgarage i Hjorthagsberget utfördes omfattande utredningar. Bland annat togs ett influensområde fram som beskriver det område inom vilket grundvattennivån kommer att påverkas till följd av länshållningen i bergrumsgaraget, Figur 6-4. Influensområdet visar den bedömda största utbredningen i berg under byggskede och drift av bergrumsgaraget. Nord och nordväst om bergrumsgaraget är närheten till ytvattenförekomsterna och berggrundstopografin styrande för influensområdets utbredning. Väster om bergrumsgaraget följer utbredningen den identifierade sprickzonen i nordvästlig-sydöstlig riktning. För att begränsa inläckande grundvatten och påverkan på omgivningen kommer förinjektering av berget att ske för nya anläggningsdelar, i befintliga bergrum kommer efterinjektering att ske. Vid förinjektering är det möjligt att uppnå en minskning av hydraulisk konduktivitet med 90%, vid systematisk efterinjektering bedöms inläckaget att kunna minska med 30% (Golder, 2018).

En enkel prognos av framtida grundvattennivåer inom planområdet vid avsänkt berggrund har utförts baserat på de tidserier av grundvattennivåmätningar som tidigare presenterats, Figur 3-8. Grundvattennivåerna i BH2a, som är i kontakt via en sprickzon med berggrunden, bedöms vara representativa för den maximala relativa påverkan som kan ske med avseende på förändringen av vattennivån i berggrunden. Genom att plotta tidserierna för nivåerna i BH2a mot övriga bergborrhål kan en bedömning göras i vilken grad de övriga bergborrhålen korrelerar med (beror av) nivåvariationerna i berggrundsgaraget, Figur 6-5.



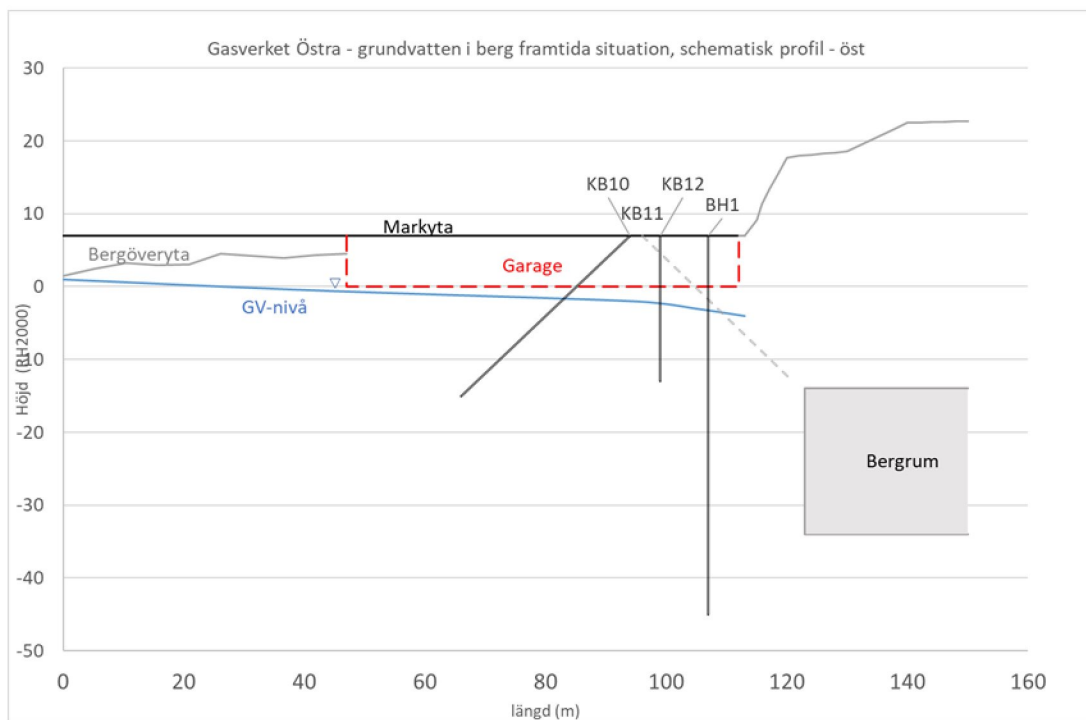


Figur 6-5 Korrelation mellan uppmätta grundvattennivåer i bergborrbål BH1, BH6, BH7 och BH 8 relativt BH2a.

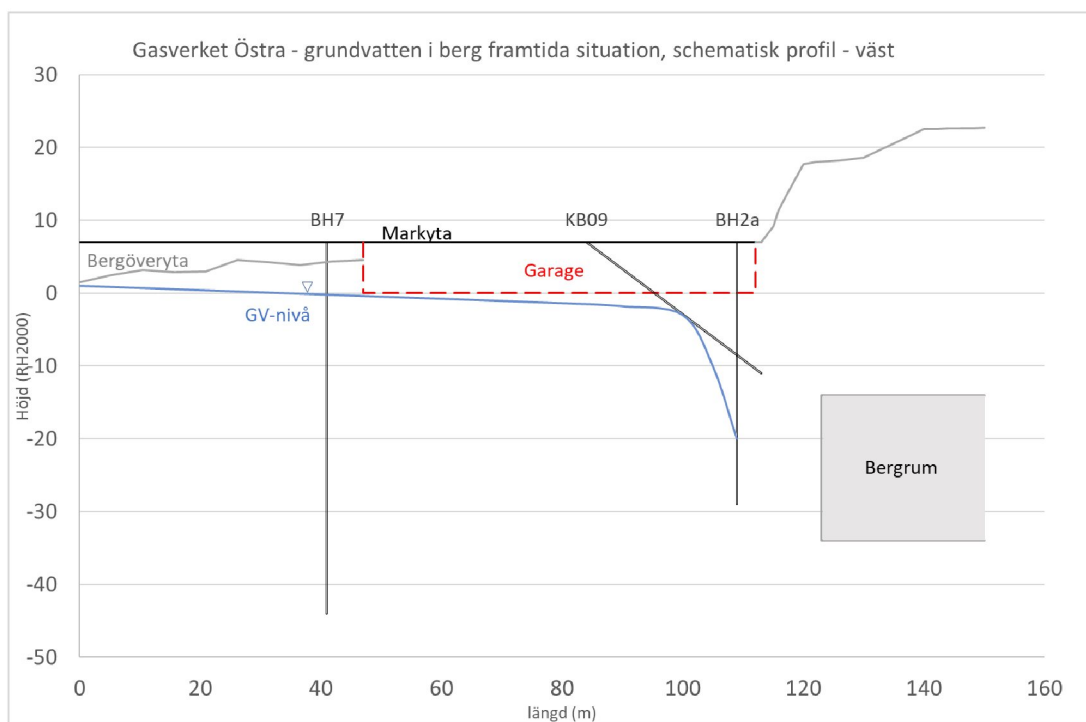
I Figur 6-5 observeras att BH1 och BH6 har en relativt tydlig korrelation med BH2a medan BH7 och BH8 inte har en korrelation. Detta utläses genom R^2 -värdet som erhålls genom en linjär regressionsanalys och är ett mått på hur väl den linjära regressionen korrelerar med de uppmätta värdena. Ett högt R^2 -värde innebär en god korrelation och ett lågt R^2 -värde en dålig korrelation. Baserat på formeln för regressionsanalysen kan nivåer i BH1 och BH6 beräknas för godtyckliga värden för BH2a. Det man kan utläsa ur analysen är att storleken på samvariationen är relativt måttfull, det vill säga en avsänkning på ca 0,2 meter i BH1 och BH6 per meter avsänkning i BH2a. Den utförda analysen är endast en grov uppskattning då korrelationen mellan nivåerna sannolikt inte är linjär. Dock indikeras att grundvattennivåerna inom delar av området kan komma att ligga relativt högt, trots en stor avsänkning i bergrumsgaraget,

I Figur 6-6 och Figur 6-7 redovisas schematiska profiler av garagebyggnaden i förhållande till markyta, bergöveryta och prognosticerade grundvattennivåer med avsänkt bergrumsgarage.

Det bedöms att avståndet till grundvattenytan från tvåvåningsgaragets botten kommer att variera beroende på närhet till bergrumsgaraget och sprickzoner. Det går således inte utesluta att vissa delar av tvåvåningsgaragets bottenkonstruktion kan komma att ligga i nivå och kontakt med grundvattenytan.



Figur 6-6 Schematisk profil (öst) över planområdet. Grundvattennivåns läge baseras på prognosticerade nivåer i bergborrhål vid avsänkt bergrumsgarage.



Figur 6-7 Schematisk profil (väst) över planområdet. Grundvattennivåns läge baseras på prognosticerade nivåer i bergborrhål vid avsänkt bergrumsgarage.

6.3 Ånginträngning i byggnader

När en förorening i porluft transporteras upp genom marken och tränger in i en byggnad sker en omblandning med icke-förorenad luft. Faktorer som påverkar omblandningen är markens egenskaper (markens porositet och vattenmättnad), avståndet från förorenat grundvatten till markytan, byggnadens konstruktion och täthet samt hur kraftig ventilationen är.

För att beskriva riskerna med ånginträngning har två beräkningsfall för framtida exploatering med tvåvåningsgarage med överbyggnad av centrum-, kontors- och bostadsändamål definierats:

- Låg grundvattennivå - Grundvattennivån understiger tvåvåningsgaragets bottenkonstruktion. Dvs transport av ångor från föroreningar från grundvattnet sker genom det omättade berget innan inträngning sker i byggnad.
- Hög grundvattennivå - Grundvattenytan är i kontakt med tvåvåningsgaragets bottenkonstruktion. Transport av ångor sker direkt från grundvattnet in i byggnaden.

Beräkningar har sedan utförts för de två fallen av vilka halter som teoretiskt skulle kunna uppkomma i inomhusluft i planerade byggnader med avseende på känd föroreningssituation i grundvattnet.

SPBI:s branschspecifika riktvärden vid förångning

För att bedöma riskerna med ångor i byggnader finns branschspecifika riktvärden framtagna för ämnen i grundvatten vid bensinstationer (SPBI, 2012). Beräkningarna av SPBIs riktvärden bygger på Naturvårdverkets riktvärdesmodell.

Beräkning av riktvärdet i grundvatten för inandning av ångor baseras på att jämvikts-halter som kan uppkomma i porluft ovanför grundvattenytan inte medför halter i inomhusluft över givna referenskoncentrationer.

Beräkningen av riktvärdet baseras på en teoretisk fördelning mellan förorenat grundvatten och porluft beräknat med Henrys konstant. Ingen hänsyn tas till omblandning i grundvatten, dock räknas med en omblandningsfaktor för porluft-inomhusluft vilken beror på djup till förorening, diffusion genom marklagret, inläckage av markluft samt luftomsättning i en byggnad.

Riktvärdena utgör endast ett underlag för miljö- och hälsoriskbedömningar och är inte ett åtgärds mål då de tekniska eller ekonomiska aspekterna inte är med vid framtagandet av riktvärden.

I föreliggande riskbedömning är inte de branschspecifika riktvärdena relevanta då förutsättningarna för spridning skiljer sig åt på många sätt. Dock redovisas de här för att ge indikationer på risknivå vid jämförelse med uppmätta halter. Det kan konstateras att uppmätta halter, för perioden 2020, av alifater >C8-C10, alifater >C10-C12, bensen, PAH L och PAH M överstiger de branschspecifika riktvärdena för grundvatten.

Tabell 6-1 Riktvärden för ämnen i grundvatten vid bensinstationer för inandning av ångor. Halter i µg/l (SPBI, 2012).

	Ångor	
	Hälsa	Lukt
Ombländning	5000 ggr	5000 ggr
Alifat >C5-C8	3 000	25 000
Alifat >C8-C10	100	1 500
Alifat >C10-C12	25	250
Alifat >C12-C16	_*	_*
Alifat >C16-C35	_*	_*
Aromat >C8-C10	2 300	800
Aromat >C10-C16	37 000	10 000
Aromater>C16-C35	25 000	25 000
PAH L	2 000	40 000
PAH M	10	107 000
PAH H	300	34·10 ⁶
Bensen	50	157 000
Toluen	7 000	16 000
Etylbensen	14 000	6 000
Xylen	3 000	18 000

*Inget riktvärde pga låg flyktighet

6.3.1 Låg grundvattennivå

Beroende på närhet till bergrumsgaraget och sprickzoner i kontakt med bergrumsgaraget sker en påverkan på grundvattennivån inom området för det planerade tvåvåningsgaraget. I vissa delar kommer grundvattennivån att understiga tvåvåningsgaragets bottenkonstruktion. Dvs transport av ångor från föroreningar från grundvattnet sker genom det omättade berget innan inträngning sker i byggnad. Berggrunden kommer således att utgöra en relativt tät naturlig barriär som begränsar föroreningstransporten.

Således har ett beräkningsfall definierats där grundvattenytan ligger under tvåvåningsgaragets bottenkonstruktion.

Bedömningen av hälsorisker baseras på underlaget till Naturvårdverkets riktvärdesmodell för beräkning av riktvärden för förorenad mark samt underlaget till storstadsspecifika riktvärden för jord i Stockholm (Naturvårdverket, 2016 och Stockholm stad, 2019). Då föroreningskällan i föreliggande fall förekommer i grundvatten är det dock halter i grundvattnet relativt halter i inomhusluft som är centrala för riskbedömningen.

För att bedöma riskerna med avseende på planerad markanvändning har beräkningar utförts av vilka halter som skulle kunna uppkomma i inomhusluft i planerade byggnader med avseende på känd föroreningssituation. Beräknad inomhuskoncentration i jämförs sedan med referenskoncentration (RfC/RISKinh) för respektive ämne, Tabell 6-2. Referenskoncentration är den nivå under vilken inga negativa hälsoeffekter förväntas

vid långtidsexponering. Referenskoncentrationen hämtas från underlaget till Naturvårdverkets riktvärdesmodell för förorenad mark (Naturvårdsverket, 2016).

Den platsspecifika transportmodellens parametrar antas delvis vara i enlighet med det scenario som används för Naturvårdverkets generella riktvärden och riktvärden för jord i Stockholm (husets geometri, ventilation och inläckage av markluft) förutom följande:

- Underliggande mark utgörs av berg. Detta då en stor del av byggnaderna i området kommer att utföras med undermarksbyggnation (tvåvåningsgarage) varför husgrundläggning till största delen kommer att göras i plansprängda bergschakt. I underlaget till de generella riktvärdena antas jorden utgöras av normaltät jord (ex morän).
- Djup till förorening beror på grundvattennivåns läge då påträffade föroreningarna förkommer i grundvattnet. Grundvattennivåns läge påverkas av naturliga variationer men till största delen av det avsänkta bergrummet. Prognostisering av hur omfattande påverkan på den framtida grundvattensituationen blir inom enskilda delar av området medför vissa osäkerheter. Därför utförs en känslighetsanalys av hur olika grundvattennivåer (djup till förorening) påverkar beräknade halter i inomhusluft. Beräkningarna har utförts för ett djup till förorening som varierar mellan 0,1 och 1,5 meter. I underlaget till de generella riktvärdena antas djup till förorening vara 0,35 m.
- Då transportförutsättningarna skiljer sig mellan beräkningarna av de generella riktvärdena och de platsspecifika förhållandena medför det att omblandningsfaktorerna porluft-inomhusluft även skiljer sig åt.

Avseende porositet skiljer sig kristallint berg i förhållande till porositet i jord som riktvärdesmodellen är utvecklad för.

I Naturvårdverkets riktvärdesmodell antas att föroreningarna transporteras genom marken genom diffusion i luftfyllda porer eller diffusion av lösta ämnen i vattenfyllda porer. Båda processerna antas sker parallellt. Vidare antas att jämvikt råder mellan porluft och porvatten vilket medför att en effektiv diffusion kan beräknas utifrån diffusiviteten i gasfas, diffusiviteten i vattenfas och Henrys konstant. Porositeten i jord baseras konceptuellt på en homogen blandning av korn, ett ekvivalent poröst medium, där porositeten är volymandelen hålrum fördelat mellan kornen. I Naturvårdsverkets riktvärdesmodell antas porositeten för en normaltät jord till ca 40%.

Som beskrivits i föregående kapitel delas berggrundens porositet, volymandelen hålrum, in i primär porositet (det ospruckna berget) och sekundär porositet (sprickporositet). Sprickporositeten är heterogent fördelat i bergmassan och beror på sprickfrekvens, sprickorientering, sprickvidd och mineralfyllnad. I föreliggande riskbedömning antas, baserat på borrhälskartering och vattenförlustmätningar en sprickporositet på 0,5 %.

Vidare antas i beräkningarna av de generella riktvärdena en vattenhalt i jorden på 32 %, dvs en mättnadsgrad på 80%. För omättat berg antas i föreliggande beräkningar en mättnadsgrad på 10% då området till stor del kommer att utgöras av hårdgjorda ytor vilket begränsar infiltrationen.

I enlighet med Naturvårdverkets riktvärdesmodell kan förhållandet mellan halten i porluft (C_a) och halten i inomhusluft (C_{ia}), dvs omblandningsfaktorn beskrivas med följande uttryck (1):

$$DF_{ia} = \frac{C_{ia}}{C_a} = \frac{L_a}{V_{house} \cdot l_{house}} \cdot \frac{A_{house} \cdot D_e}{L_a \cdot Z + A_{house} \cdot D_e} \quad (1)$$

DF_{ia} – är omblandningsfaktorn mellan inomhusluft och porluft

C_{ia} – koncentration i inomhusluft (mg/m^3)

C_a – koncentration i porluft (mg/m^3)

L_a – är läckage av markluft in i huset (m^3/d)

V_{house} – är husets inre volym (m^3)

l_{house} – är luftomsättningen i huset (omsättning per dygn)

A_{house} – är yta under huset (m^2)

D_e – är effektiv diffusivitet för ånga i marken, en funktion av porositet och vattenhalt (m^2/d). D_e beräknas i enlighet med Naturvårdsverkets modell för generella riktvärden.

Z – djup till förorening (m)

Halt i porluft beräknas baserat på uppmätt halt i förorenat grundvatten i berg enligt ekvation 2:

$$C_a = C_w \cdot H \quad (2)$$

där

C_w – koncentration i grundvatten ($\mu\text{g}/\text{l}$)

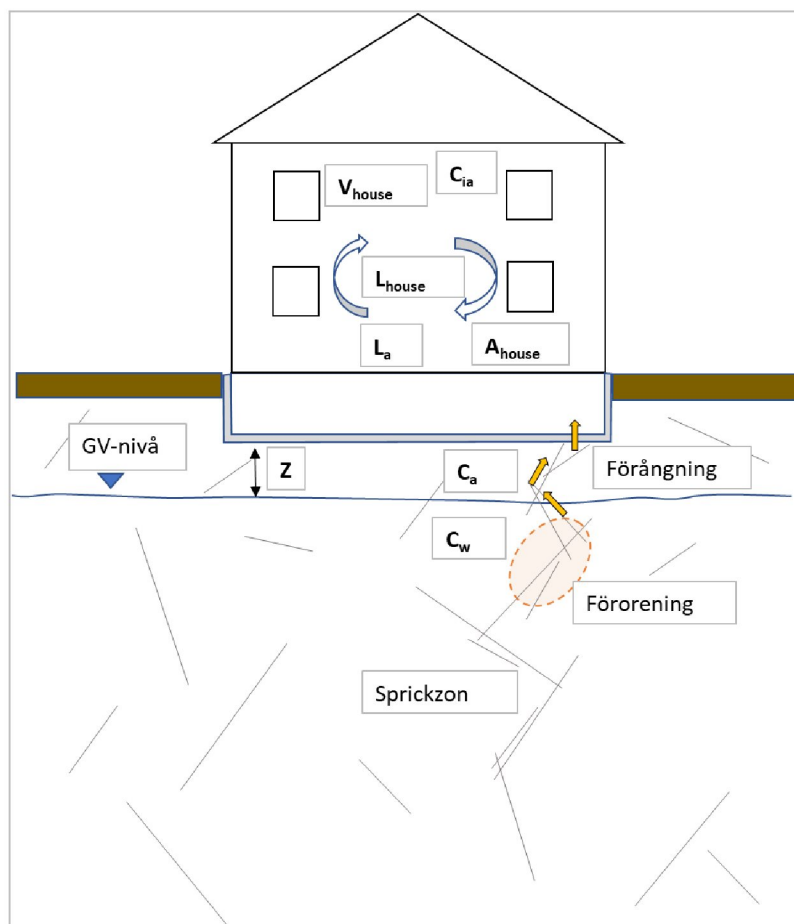
H – Henrys konstant (enhetslös)

Beräkning av halt i inomhusluft (C_{ia}) beräknas baserat på ekvation 3 enligt:

$$C_{ia} = \frac{C_a}{\frac{V_{house} \cdot l_{house}}{L_a} \cdot \frac{L_a \cdot Z + A_{house} \cdot D_e}{A_{house} \cdot D_e}} \quad (3)$$

I Figur 6-8 visas en schematisk figur av transportmodellen för spridning av ångor.

Avseende ämnesspecifika data används data från SPBI:s underlag till rekommendation och riktvärden för efterbehandling av förorenade bensinstationer och dieselanläggningar (SPBI, 2012), Tabell 6-2.



Figur 6-8 Schematisk bild av transportmodell för spridning av ångor från berg till byggnad.

Tabell 6-2 Henrys konstant (H) och referenskoncentration (RfC/RISKinh)

Ämne	H	RfC/RISKinh mg/m ³
	-	
Alifater >C5-C8	10	6
Alifater >C8-C10	50	1
Alifater >C10-C12	200	1
Alifater >C12-C16	160	**
Alifater >C16-C35	110	**
Bensen	0,16	0,0017
Toluen	0,19	0,26
Etylbensen	0,27	0,77
Xylen	0,17	0,1
Aromater >C8-C10	0,43	0,2
Aromater >C10-C16	0,027	0,2
Aromater >C16-C35	0,01	0,05
PAH L	0,0099	0,003
PAH M	0,0028	0,000006
PAH H	8,80E-06	0,0000006

**Inget RfC på grund av låg flyktighet

I Naturvårdverkets generella riktvärden och storstadsspecifika riktvärden baseras beräkningar avseende exponeringsvägen inandning av ångor på ett inflöde av markluft på ca 2,4 m³/d via husgrunden. Hur mycket markluft som läcker i ett hus beror på lyfttrycksskillnader mellan huset och marken, sprickor och otätheter i grunden samt luftgenomsläppligheten i marken. Inläckaget av markluft baseras på data från undersökningar som har gjorts av intränging av radon i hus.

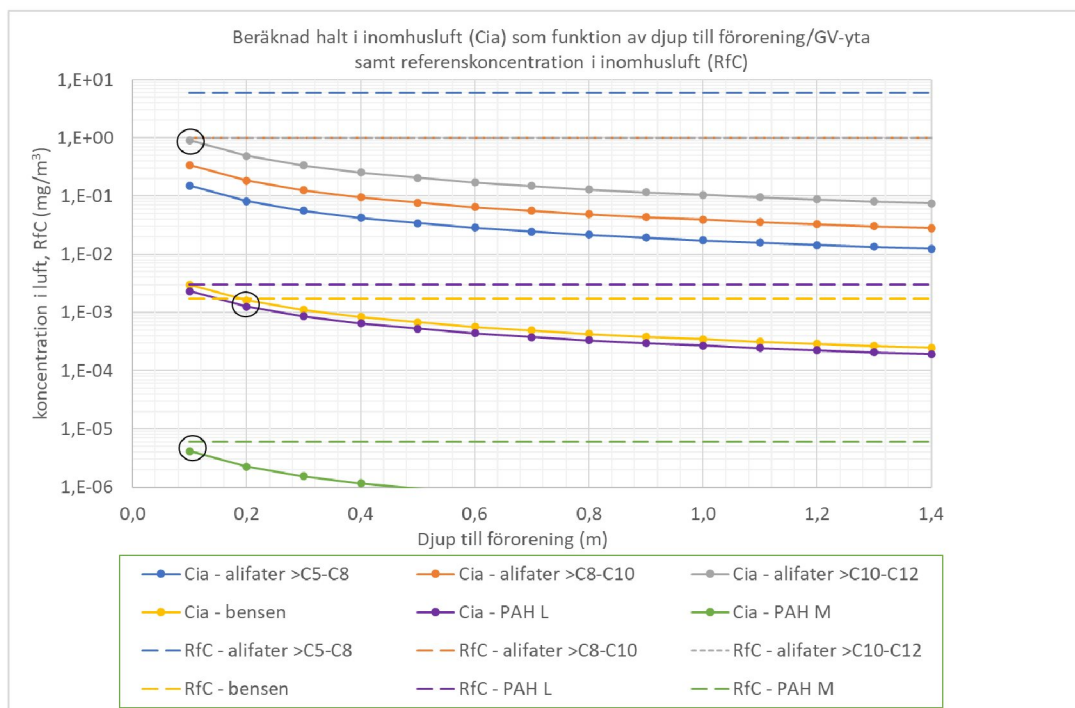
Utspädning av markluften sker genom luftomsättningen i huset. För byggnader utan källare/underliggande garage antas en luftomsättning på 12 gånger per dygn. För de storstadsspecifika riktvärdena finns även ett scenario avseende byggnader med källare/underliggande garage där det antas att en byggnad med ventilerad källare kan medföra en extra utspädning avseende inandningsluften i ovanliggande bostäder. För detta scenario antas en luftomsättning på 36 gånger per dygn, dvs 3 gånger större än för byggnad utan källare/underliggande garage. Vidare har i modellerna en byggnadsarea och en byggnadsvolym på 100 m² respektive 240 m³ antagits.

I enlighet med ovanstående antas för tvåvåningsgaraget, med överbyggnad omfattande bostäder, motsvarande data för inandning av ångor, dvs ett inflöde av markluft på 2,4 m³ per dygn och en luftomsättning på 36 gånger per dag. Geometrier på byggnaden har även antagits motsvara data i underlaget för beräkning av storstadsspecifika riktvärden.

Föreliggande beräkningar beaktar inte eventuella effekter av att det för markplan endast planeras för utrymmen avsedda för centrum- och kontorsändamål. Det vill säga effekten av anpassade exponeringstider för centrum- och kontorsändamål samt eventuell utspädning till överliggande våningsplan avsedda för bostadsändamål beaktas ej.

I Figur 6-9 redovisas beräknad halt i inomhusluft för ett antal ämnen baserat på uppmätta föroreningshalter i grundvatten, Tabell 4-1. Halterna visas som en funktion av djup till förorening. I figuren är även referenskoncentrationerna (RfC/RISKinh) inlagda, Tabell 6-2. Erforderligt teoretisk djup för att innehålla referenskoncentrationen för ett visst ämne är markerat med en cirkel. Exempelvis konstateras att för uppmätt halt av PAH M är det erforderliga djupet till förorening ca 0,1 m medan ett erforderligt djup för uppmätt halt av bensen är ca 0,2 m. För övriga ämnen understiger erforderligt teoretisk djup 0,1 m.

I Tabell 6-3 redovisas beräknad halt i inomhusluft för samtliga ämnen för två olika djup till förorening (0,1 eller 0,3 meter). Vidare görs en jämförelse mot referenskoncentrationerna (RfC) för inomhusluft. Inga av de beräknade inomhuskoncentrationerna för 0,2 till 0,3 meters djup överskrider referenskoncentrationerna. För djupet 0,1 till 0,2 meter riskerar dock referenskoncentrationen för alifater >C10-C12, bensen och PAH M att överskridas. Halterna i inomhusluft beräknas baserat på uppmätta maxhalter i grundvatten för 2020. Maxhalterna har uteslutande uppmätts i KB11/KB12 varför risk för överskridande av referenskoncentration föreligger i den sydöstra delen av det planerade schaktet för tvåvåningsgaraget. Detta förutsätter dock att avståndet mellan bottenkonstruktion och grundvattennivån understiger ca 0,2 meter.



Figur 6-9 Beräknade halter i inomhusluft som funktion av djup till förorening. I figuren är även referenskoncentrationer (RfC) inlagda. Erforderligt teoretisk djup för att innehålla referenskoncentrationen för ett visst ämne är markerat med en cirkel.

Tabell 6-3 Beräknad halt i inomhusluft för två olika djup samt jämförelse mot referenskoncentration i luft (RfC). Halter som överskrider eller ligger nära RfC är markerade.

Ämne	RfC	Beräknad halt i inomhusluft - djup till förorening (Z)	
		0,1 m	0,3 m
	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Alifater >C5-C8	6	0,1	0,06
Alifater >C8-C10	1	0,3	0,13
Alifater >C10-C12	1	0,9	0,3
Alifater >C12-C16*	1		
Alifater >C16-C35*	**		
Bensen	0,0017	0,003	0,0011
Toluen	0,26	0,001	0,0005
Etylbensen	0,77	0,0002	0,0001
Xylen	0,1	0,002	0,0008
Aromater >C8-C10	0,2	0,007	0,0025
Aromater >C10-C16	0,2	0,003	0,0010
Aromater >C16-C35	0,05	0,000001	3,8E-07
PAH L	0,003	0,002	0,0009
PAH M	0,000006	0,000004	1,5E-06
PAH H	0,0000006	4,7E-10	1,8E-10

6.3.2 Hög grundvattennivå

Det går inte utesluta att vissa delar av tvåvåningsgaragetets bottenkonstruktion kan komma att ligga i nivå och kontakt med grundvattenytan. Avståndet till grundvattenytan från tvåvåningsgaragetets botten kommer att variera beroende på närhet till bergrumsgaraget och sprickzoner.

Således har ett beräkningsfall definierats där grundvattenytan är i kontakt med tvåvåningsgaragetets bottenkonstruktion. Transport av ångor sker direkt från grundvattnet in i byggnaden. Ingen markluft kan tränga in underifrån då marken är mättad direkt under betongplattan.

Beräkningsfallet förutsätter att föroreningstransport sker genom diffusion från grundvattnet genom betongplattan och in i byggnaden. Diffusivitet för ämnen i fritt vatten eller fri luft återfinns i litteraturen. I ett annat medie, exempelvis jord eller betong, måste dock molekylerna följa en längre transportväg runt mineralkornen och i porerna vilket medför att diffusionen inte blir lika snabb. Den effektiva diffusiviteten är därför mindre än diffusiviteten för fritt vatten och fri luft. Sambandet mellan diffusiviteten i fritt vatten eller luft och den effektiva diffusiviteten kan beskrivas med en faktor kallad tortuositet som är relationen mellan den slingrande flödessträckan och raka vägen i mediet.

Den effektiva diffusionen genom betongplattan baseras på fri diffusion i ren luft, dvs vattenmättnad beaktas ej. I verkligheten kommer troligen en del fukt att tränga in i betongen. Då diffusion i luft är betydligt större än diffusion i vatten bedöms antagandet därför som försiktigt.

Det finns begränsat med data avseende diffusion av petroleumkolväten genom betong. I beräkningarna antas således en tortuositetsfaktor på mellan 0,001 och 0,01, ekvation 4. En lägre faktor bedöms representera betong i nya bottenkonstruktioner medan en högre faktor representerar betong med en sämre kvalitet. Uppskattningen av tortuositetsfaktor baseras på en studie av uppmätta diffusiviteteter i betong av flyktiga kolväten (VOC), bla hexan (Golder, 2019b).

$$D_{ec} = \tau_c \cdot D_{0,g} \quad (4)$$

där

D_{ec} – effektiv diffusivitet i betong (m^2/d)

τ_c – tortuositetsfaktor i betong

$D_{0,g}$ – ämnets diffusivitet i luft

Diffusivitet av föroreningar i luft antas vara $0,7 m^2/dygn$. Diffusiviteten är vald som representativ för flyktiga organiska ämnen som hexan, bensen, toluen, xylen och klorbensen. Diffusiviteten är lägre för ämnen med högre molekylvikt och är således ett försiktigt antagande (Naturvårdverket, 2016).

Den mängd förorening som kan diffundera in i inomhusluften från betongplattan per tidsenhet (Q_{platta}) kan beskrivas enligt (5):

$$Q_{platta} = Q_{house} = (A_{house} \cdot D_{ec}) \cdot \left(\frac{c_a}{z_{platta}} \right) \quad (5)$$

där

Q_{house} – mängd förorening som kan ta sig in i huset (mg/d)

A_{house} – är betongplattans yta (m^2)

D_{ec} – är effektiv diffusivitet för ånga i betong (m^2/d)

C_a – koncentration i porluft i jämvikt med grundvatten (mg/m^3)

Z_{platta} – betongplattans tjocklek (m)

Halten av förorening inne i huset (C_{ia}) beräknas enligt (6):

$$C_{ia} = \frac{Q_{house}}{V_{house} \cdot l_{house}} = A_{house} \cdot D_{ec} \cdot \frac{\frac{C_a}{Z_{platta}}}{V_{house} \cdot l_{house}} \quad (6)$$

där

V_{house} – är husets inre volym (m^3)

l_{house} – är luftomsättningen i huset (omsättning per dygn)

Baserat på ovanstående kan följande uttryck härledas för hur halten i porluft i gränssnittet mellan grundvattnet och underkant betongplatta förhåller sig till halten i inomhusluften (7 och 8):

$$\frac{C_{ia}}{C_a} = \frac{A_{house} \cdot D_{ec}}{V_{house} \cdot l_{house} \cdot Z_{platta}} \quad (7)$$

$$C_{ia} = C_a \cdot \frac{A_{house} \cdot D_{ec}}{V_{house} \cdot l_{house} \cdot Z_{platta}} \quad (8)$$

Halt i porluft beräknas baserat på uppmätt halt i förorenat grundvatten i berg enligt (9):

$$C_a = C_w \cdot H \quad (9)$$

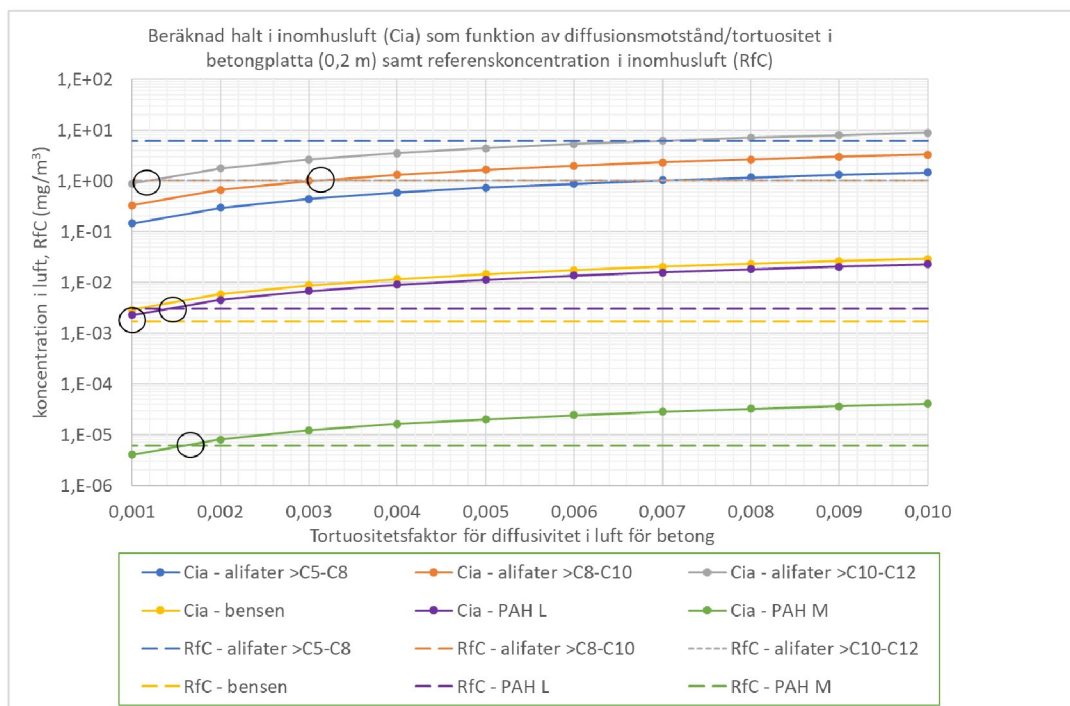
där

C_w – koncentration i grundvatten ($\mu g/l$)

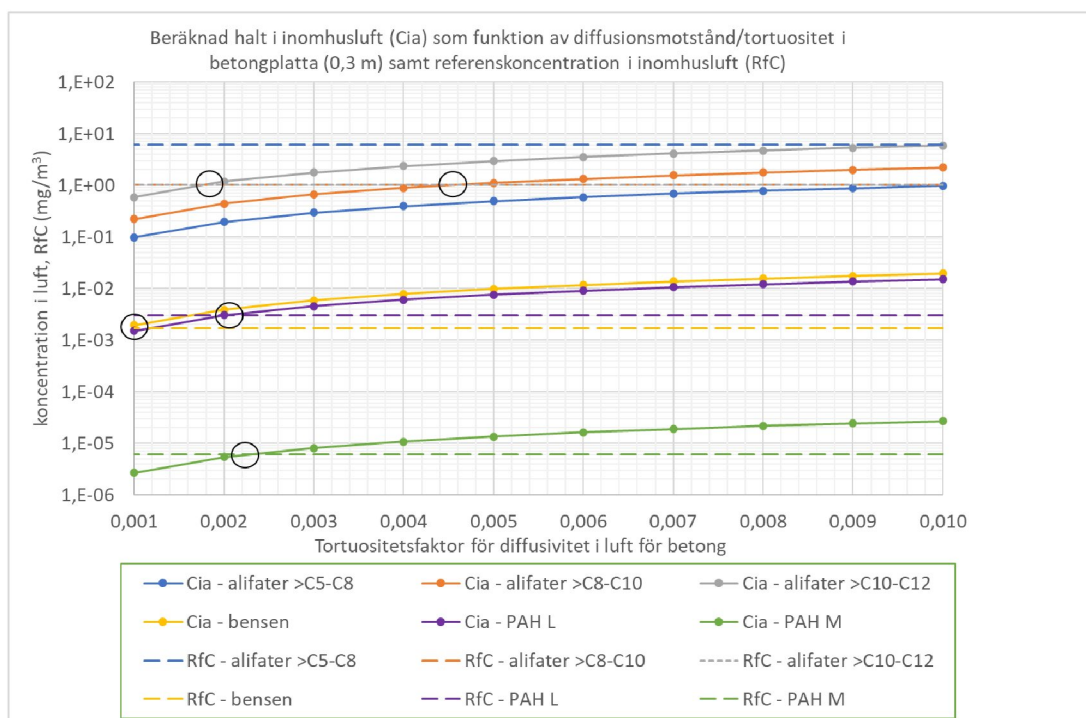
H – Henrys konstant (enhetslös)

Samma värden på luftomsättning och geometrier som beräkningsfallet med en låg grundvattennivå har antagits.

I Figur 6-10 och Figur 6-11 redovisas beräknade halter i inomhusluft för ett antal ämnen baserat på uppmätta föroreningshalter i grundvatten. Halterna visas som en funktion av diffusionsmotstånd/turtuositet. Betongplattan förutsatt motsvara en vattentät konstruktion med en uppskattad tjocklek på 250 mm (Golder, 2019b). För att bedöma tjocklekens påverkan på halter i inomhusluft har beräkningar utförts för två tjocklekar på betongplatta, 0,2 m respektive 0,3 m. I figurerna är även referenskoncentrationerna (RfC) inlagda.



Figur 6-10 Beräknade halter i inomhusluft som funktion av diffusionsmotstånd/tortuositet för en betongplatta med 0,2 m mäktighet. Överskridande av referenskoncentrationen markeras med en cirkel.

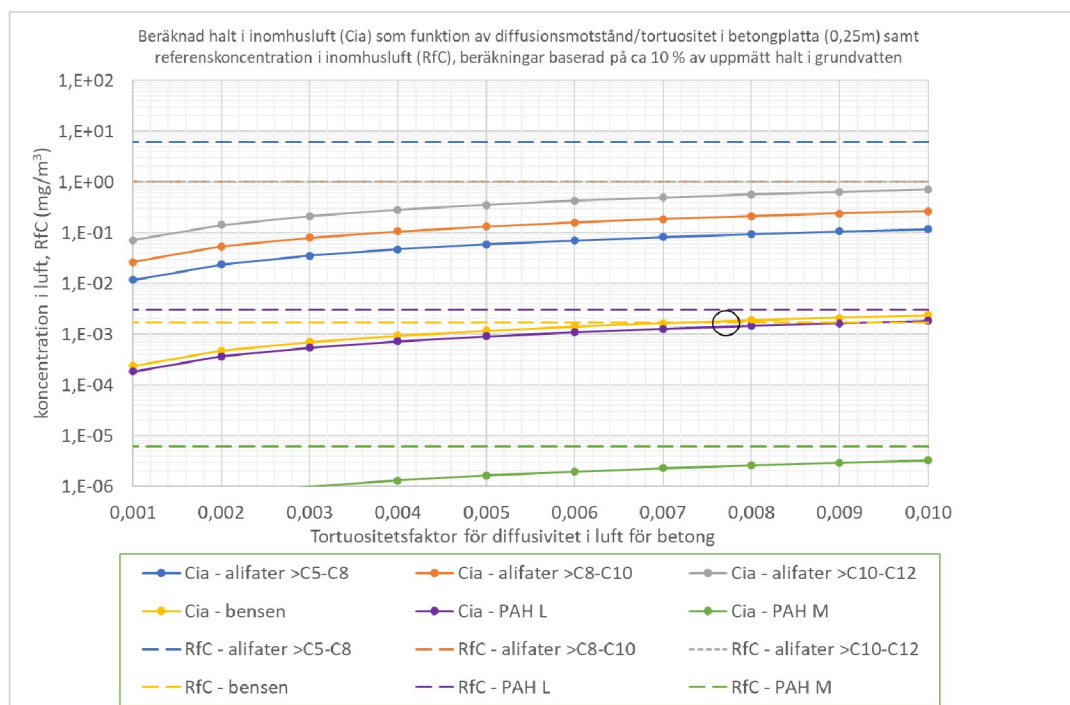


Figur 6-11 Beräknade halter i inomhusluft som funktion av diffusionsmotstånd/tortuositet för en betongplatta med 0,3 m mäktighet. Överskridande av referenskoncentrationen markeras med en cirkel.

I Figur 6-10 och Figur 6-11 observeras att referenskoncentrationen underskrids för de flesta ämnen inom antaget intervall för diffusionsmotstånd/tortuositet. Avvikande är

bensen som riskerar att överskrida referenskoncentrationen. Beräkningar av halt i inomhusluft är utförda för uppmätt maxhalt på ca 450 µg/l (2020) av bensen som påträffades i bergborrhål KB11 i den sydöstra delen av planområdet. Det kan dock konstateras att en 50% reduktion av bensenhalten medför att referenskoncentrationen underskrids i inomhusluft för betong av bra kvalitet. I övriga bergborrhål är bensenhalten betydligt lägre än i KB11.

I Figur 6-2 redovisas beräkningar av halt i inomhusluft baserat på halter i grundvatten motsvarande ca 10 % av uppmätt halt. Det kan konstateras att vid denna haltreduktion underskrids referenskoncentrationen för bensen även inom det intervallet för tortuositsfaktorn som representerar betong av sämre kvalitet.



Figur 6-12 Beräknade halter i inomhusluft som funktion av diffusionsmotstånd/tortuositet för en betongplatta med 0,25 m mäktighet. Beräkningarna baseras på en halt i grundvatten motsvarande 10 % av uppmätt halt. Överskridande av referenskoncentrationen markeras med en cirkel.

Inga andra egenskaper för gas- eller vattentäta materialskikt har medräknats. Vidare beaktas inte eventuella effekter av att det för markplan endast planeras för utrymmen avsedda för centrum- och kontorsändamål. Det vill säga effekten av anpassade exponeringstider för centrum- och kontorsändamål samt eventuell utspädning till överliggande våningsplan avsedda för bostadsändamål beaktas ej. Diffusionsberäkningarna genom betongplattan baseras på fri diffusion i ren luft, dvs vattenmättnad beaktas ej. Diffusion i luft är betydligt större än diffusion i vatten. I verkligheten kommer fukt att tränga in i betongen. Således bedöms beräkningsantagandena för ångtransport genom betongplattan som försiktiga.

6.4 Risk för fri fas

Förekomst av fri fas beror på en rad platsspecifika faktorer som typ och ålder av föroreningen. Geologiskt material och halten organiskt kol har även betydelse. För respektive ämne finns en löslighet, dvs det rena ämnets löslighet i vatten.

För en blandning av ämnen kommer dock lösligheten av enskilda ämnen påverkas av den totala sammansättningen av olika petroleumämnen i grundvattnet, sk teoretisk löslighet. Den teoretiska lösligheten kan användas som en indikation på fri fas.

Beräkning av den teoretiska lösligheten ($C_{prod,t}$) beräknas enligt ekvation 10 (SPBI, 2012):

$$C_{prod,t} = C_{sol} \cdot f_{prod} \quad (10)$$

där

$C_{prod,t}$ är lösligheten av ämnen i produkten (mg/l)

C_{sol} är det rena ämnets löslighet i vatten (mg/l)

f_{prod} är molfraktionen av ämnet i blandföreningen

Baserat på uppmätta halter i bergborrhål där höga föroreningshalter har uppmätts har den teoretiska lösligheten beräknats, Tabell 6-4. Det kan noteras att uppmätta halter för en del alifatfraktioner och PAH:er överstiger den teoretiska lösligheten.

Dock är den teoretiska lösligheten mycket låg för tyngre alifater och PAH, betydligt lägre än halter som uppmäts även när det inte finns fri fas närvarande. Detta beror på att ämnena förekommer som små kollodala droppar i vattenfasen eller binds till organiskt löst material.

För de mer lösliga ämnena, där den effektiva lösligheten är mer tillämplig för bedömning av risk för fri fas, konstateras att uppmätta halter understiger den teoretiska lösligheten. Detta indikerar att berget inte innehåller betydande mängder av fri fas. Det går dock inte utesluta att fri fas kan förekomma i enskilda sprickor. Speciellt i KB11 där en halt av PAH L på ca 90% av den teoretiska lösligheten uppmätts. I närliggande bergborrhål KB12 ligger däremot halten på 10% av den teoretiska lösligheten.

Tabell 6-4 Uppmätt koncentration, fraktion av enskilda ämnen i blandföroreningen samt beräknad teoretisk löslighet i BH7, KB11 och KB12.

	alifater >C5-C8	alifater >C8-C10	alifater >C10-C12	alifater >C12-C16	alifater >C16-C35	aromater >C8-C10	aromater >C10-C16	aromater >C16-C35	bensen	toluen	etyl- bensen	xylenor, summa	PAH L	PAH M	PAH H
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Molvikt (g/mol)	91	126	154	196	280	117	117	156	78	92	106	106	145	185	255
Löslighet (µg/l)	20000	430	34	0,76	0,0025	65000	15000	650	1800000	520000	169000	106000	12000	500	4
BH7	Provtagning 2020														
uppmätt halt (µg/l)	<20	<20	20	<20	130	<10	34	<5	<0,5	<1	<1	<1	870	10	0,8
molfraktion			2%		7%		4%						86%	0,8%	0,05%
viktsfraktion			2%		12%		3%						82%	0,9%	0,08%
Teoretisk lösl. (µg/l)			0,6		0,0002		628						10372	4	0,002
KB11															
uppmätt halt (µg/l)	110	<20	89	40	<50	380	2350	<5	455	165	22	325	5700	36	0,3
molfraktion	2%		0,8%	0,3%		4%	27%		8%	2%	0,3%	4%	52%	0,3%	0,002%
viktsfraktion	1%		0,9%	0,4%		4%	24%		5%	2%	0,2%	3%	59%	0,4%	0,003%
Teoretisk lösl. (µg/l)	319		0,3	0,002		2788	3979		138655	12315	463	4292	6229	1,3	0,0001
KB12															
uppmätt halt (µg/l)	365	165	110	165	73	17	52	<5	50	6,9	1,2	11	45	7,1	1,3
molfraktion	45%	15%	8%	9%	3%	2%	5%		7%	1%	0%	1%	3%	0,4%	0,06%
viktsfraktion	34%	15%	10%	15%	7%	2%	5%		5%	1%	0%	1%	4%	0,7%	0,1%
Teoretisk lösl. (µg/l)	9011	63	3	0,1	0,0001	1030	749		128309	4381	215	1275	418	2	0,002

7 Samlad riskbedömning och diskussion

Avseende beräkningsfall med låg grundvattennivå konstateras att inga av de beräknade inomhuskoncentrationerna för ett avstånd mellan bottenkonstruktionen och grundvattenytan på större än ca 0,3 meters djup överskrider referenskoncentrationerna. Detta beror till stor del på att berget utgör en barriär som på grund av låg porositet medför ett stort transportmotstånd för föroreningar. Kärnborringarna visar att berget generellt är massivt med få sprickor.

För ett mindre avstånd till grundvattennivån riskerar dock referenskoncentrationen för alifater >C10-C12, bensen och PAH M att överskridas. Halterna i inomhusluft beräknas baserat på uppmätta maxhalter i grundvatten. Risk för överskridande av referenskoncentrationen föreligger i den sydöstra delen av planområdet där de högsta halterna har uppmätts.

Avseende beräkningsfall med hög grundvattennivå konstateras att referenskoncentrationen underskrids för de flesta ämnen. Beräkningarna baseras på antagandet om transport av ångor genom en bottenplatta med egenskaper motsvarande en vattentät betongkonstruktion med en uppskattad tjocklek på 250 mm. Inga egenskaper för andra gas- eller vattentäta materialskikt, exempelvis bentonit, har medräknats. Avvikande förorening är bensen som riskerar att överskrida referenskoncentrationen i luft. Beräkningar av halt i inomhusluft är utförda för uppmätt maxhalt av bensen som påträffas i bergborrhål i den sydöstra delen av planområdet. Det kan dock konstateras att en halvering av bensenhalten skulle kunna medföra att referenskoncentrationen underskrids.

Beräkningarna beaktar låg vattenmättnad i den omättade zonen pga hårdgjorda ytor och begränsad infiltration. Dock utgörs berget av tunna sprickor med vattenhållande förmåga. Detta i kombination med underliggande grundvattenmagasin i berg medför att antagandet om 10% mättnad är ett försiktigt antagande.

Vidare baseras beräkningarna på att jämviktshalter uppkommer i porluft ovanför grundvattenytan. Detta uppnås sällan varför riktvärdesmodellen överskattar av de verkliga halterna.

Då förorening i berggrunden är heterogent fördelad kommer högre koncentrationer att blandas om med luft från områden med lägre koncentration vilket innebär en utjämning av föroreningshalten i luften som tränger in i byggnaden genom bottenplattan.

Det kan konstateras att störst risk för överskridande av referenskoncentrationen föreligger i den sydöstra delen av planområdet där de högsta halterna har uppmätts. Området ligger dock nära det planerade bergrumsgaraget där kommande avsänkning kan medföra att riskbilden förändras. Uppföljning av grundvattennivåer och föroreningshalter är således centralt innan och under exploateringen.

Byggnader kommer att utföras med gas- och vattentäta konstruktioner och ventilerade utrymmen vilket inte beaktas i föreliggande riskbedömning. Om vidare uppföljning av grundvattennivåer och föroreningshalter visar på ett behov av att begränsa ångtransporten skulle anläggande av bentonit under bottenplattan eller botteninjektering av schaktbotten för att minska genomsläppligheten/porositeten i berg kunna utföras.

Att sanera föroreningar in-situ i berg är komplicerat beroende på svårigheter att karakterisera flödessystemet i de diskreta sprickorna i berget, speciellt om föroreningen är utbredd. Dock har sanering av klorerade alifater i berg genomförts på några ställen i Sverige med bra resultat.

Då utbredningen av föroreningen i berg inom Gasverksområdet, baserat på utförda undersökningar, bedöms som relativt begränsad finns förutsättningar att genomföra haltreducerande åtgärder. Det planerade bergschaktet medför ökad tillgänglighet till den konstaterade föroreningen i berg, exempelvis inom den sydöstra delen av planområdet. Haltreduktion kan uppnås genom pumpning (och rening) av grundvatten i och under schaktbotten. Baserat på erfarenheter från utförd omsättningspumpning i bergborrhål konstateras att haltreduktion kan vara möjlig.

Innan efterbehandlingsåtgärder vidtas måste kontakt tas med tillsynsmyndigheten för att avgöra om en anmälan om efterbehandling enligt miljöbalken (28 § förordningen 1998:899 om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd) skall lämnas in eller ej. Vidare kan åtgärder som medför påverkan på grundvattennivån vara tillståndspliktiga enligt miljöbalken då det kan betraktas som vattenverksamhet.

8 Referenser

- Golder (2011). Riskbedömning av förorenad mark – Hjorthagen Norra 2, Östra och produktionsområdet
- Golder (2016). Strukturgeologi Hjorthagen. Norra Djurgårdsstaden. Rapport 2016-11-18, Golder Associates
- Golder (2018). PM Hydrogeologi. Tillståndsansökan vattenverksamhet Hjorthagsgaraget, Stockholm parkering. Rapport 2018-02-12, Golder Associates
- Golder (2019a). Geologisk utredning av kolväte i berg. Kärnbörning med vattenförlustmätning och kärnkartering. Rapport 2019-04-23. Golder Associates
- Golder (2019b). Literature studies aiming to reduce uncertainties in the assessment of vapour intrusion at Kolkajen-Ropsten site, 2019-10-23, Golder Associates
- Naturvårdsverket (2009): Riktvärden för förorenad mark, Modellbeskrivning och vägledning, Rapport 5976, september 2009, Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket (2016): Uppdaterat beräkningsverktyg och nya riktvärden för förorenad mark, revidering av Riktvärden för förorenad mark - Rapport 5976, Naturvårdsverket
- Nilson R. H., Peterson E. W. and Lie K. H. (1991): Atmospheric pumping, a mechanism causing vertical transport of contaminated gases through fractured permeable media, Journal of geophysical research, volume 96, number B13, pages 21933-21948
- SPBI (2012). SPI Rekommendation. Efterbehandling av förorenade bensinstationer och dieselanläggningar. uppdaterad 2012-01-29. Svenska petroleum och biodrivmedelinstitutet
- Stensudd T. (1990). Värtagasverket 1893-1972. Gasverket. 1990-11-30. Stockholms Energi AB
- Stockholms stad (2019a). Förslag, plankarta, Detaljplan för del av fastigheterna Hjorthagen 1:3 och 1:5, gasverket Östra, del av Norra Djurgårdstaden i stadsdelen Hjorthagen i Stockholm. S-Dp 2014-12741-54, Planavdelningen, Stockholms stadsbyggnadskontor, Stockholmsstad, 2019-06-04
- Stockholms stad (2019b). Förslag, Planbeskrivning, Detaljplan för del av fastigheterna Hjorthagen 1:3 och 1:5, gasverket Östra, del av Norra Djurgårdstaden i stadsdelen Hjorthagen i Stockholm. S-Dp 2014-12741-54, Planavdelningen, Stockholms stadsbyggnadskontor, Stockholmsstad, 2019-06-04
- Stockholm stad (2019). Storstadsspecifika riktvärden för jord i Stockholm, 2019-08-29, Stockholm stad
- Structor (2011). Markundersökningar och provtagningsplan. Gasverket, Hjorthagen, Norra Djurgårdstaden, 2011-08-26, Structor
- Structor (2019). Slutrapport av kontrollprogram för avveckling av naftalager, Hjorthagen, Stockholm. 2019-08-22. Structor
- SGU (1984): Beskrivning och bilagor till Hydrogeologiska kartan över Stockholms län, Serie Ah. Nr 6, Sveriges Geologiska undersökning

SOU (2001). Kunskapsläget på kärnavfallsområdet, del III. Grundvatten i hårt berg - en analys av kunskapsläget. Kärnavfallsrådet, SOU 2001:35. Statens offentliga utredningar

University of Calgary (2017). Energyeducation. Town gas.

https://energyeducation.ca/encyclopedia/Town_gas. University of Calgary

BILAGA 5.

Byggplaner från CA-fastigheter

Förutsättningar inför planerad byggnation i Gasverket område östra:

Sammanställning

Gällande kvartersmark så planeras följande byggnationer:

A. Hus som saneras och renoveras:

Hus 30, Hus 26/24/25 samt 21

B. Hus som demonteras och återmonteras:

Hus 29

C. Hus som rivs och ersätts med nytt:

Hus 15/16 samt 19

D. Nya hus som byggs:

Hus B, C, D, E och F

E. Nytt garage (inkluderar biutrymmen såsom cyklar, förråd, elnätsstationer etc) som byggs i 2-plan under följande byggnader:

Hus 29, 15/16 samt B-F

Bilaga: Tham&Videgård, ritningar daterade 2020-10-14

Stockholm 2020-12-10

Johan Frostberg

A. Planerad byggnation i Gasverket område östra, husvis:

Hus 30:

Övergripande:

Volymer i huset som finns idag planeras inte att utökas. Dagens +-nivå på källargolvet avses inte att förändras. Dock kommer bottenplattan rivas för att ersättas av en ny isolerad och gastät konstruktion. Denna konstruktion "bygger" uppskattningsvis 50 cm mer än dagens. Av de underlag som finns framme och med den erfarenhet som finns från intilliggande hus, där liknande arbete utförts, kommer den nya konstruktionen inte att gå ned i grundvatten med undantag för eventuell hissgröp. Möjligheterna att sänka bottenplattan begränsas av de befintliga källarväggarnas grundläggningsdjup vilket måste undersökas innan genomförande bestäms.

Miljö/Sanering:

Vid aktuella ombyggnation av husen ska hela bottenplattan tas bort i sin helhet. I exploateringsavtalet och miljöprogrammet för Lilla Gasverket framgår det att byggnader inom gasverksområdet ska anläggas gastätt och vattentät med avseende på grundläggning för att minimera ev. djupare belägna markföroreningar (Structor, 2016). Detta kommer att genomföras även för dessa byggnader. Borttagning av bottenplattan, som ses som det mest förorenade materialet i husen, samt installation av nya, gastäta golv bedöms sänka riskerna för föroreningshalter i inomhusluften avsevärt. Då ytskikt på övriga väggar saneras och golv ska bilas bort bedöms planerade åtgärder risker sänka bla. PAH, Kvicksilver, metaller, cyanider i inomhusluften avsevärt.

Provtagning av jord kommer att genomföras genom uttag av samlingsprov i schaktbotten under husen innan ny bottenplatta gjuts. m förorening uppkommer när plattan har tagits bort. Ifall höga föroreningshalter i jorden påvisas kommer massorna omhändertas och provtas avseende föroreningshalter och klassning. Om förorenad jord påvisas men inte kan schaktas ut av tekniska skäl, kommer tillsynsmyndigheten kontaktas för vidare diskussion.

Bilagor: Structor PM Byggnad 30, daterad 2010-10-28

Geotekniska utredningar:

Byggnad 30 antas vara grundlagt på berg.

Bilaga: WSP PM Geoteknik, daterat 2015-07-02

Antikvariska utredningar:

Tidigare kondensationshus.

Av utredningen framgår att huset är grundlagt på berg med minimala utfyllnader.

Bilaga: White , daterat 2015-03-27

A2. Planerad byggnation i Gasverket område östra, husvis:

Hus 26:

Övergripande:

Volym i huset som finns idag planeras inte att utökas. Dagens +-nivå på källargolvet avses inte att förändras. Dock kommer bottenplattan rivas för att ersättas av en ny isolerad och gastät konstruktion. Denna konstruktion "bygger" uppskattningsvis 50 cm mer än dagens. Av de underlag som finns framme och med den erfarenhet som finns från intilliggande hus, där liknande arbete utförts, kommer den nya konstruktionen inte att gå ned i grundvatten med undantag för eventuell hissgrop. Möjligheterna att sänka bottenplattan begränsas av de befintliga källarväggarnas grundläggningsdjup vilket måste undersökas innan genomförande bestäms.

Miljö/Sanering:

Vid aktuella ombyggnation av husen ska hela bottenplattan tas bort i sin helhet. I exploateringsavtalet och miljöprogrammet för Lilla Gasverket framgår det att byggnader inom gasverksområdet ska anläggas gastätt och vattentät med avseende på grundläggning för att minimera ev. djupare belägna markföroreningar (Structor, 2016). Detta kommer att genomföras även för dessa byggnader. Borttagning av bottenplattan, som ses som det mest förorenade materialet i husen, samt installation av nya, gastäta golv bedöms sänka riskerna för föroreningshalterna i inomhusluften avsevärt. Då ytskikt på övriga väggar saneras och golv ska bilas bort bedöms planerade åtgärder risker sänka bla. PAH, Kvicksilver, metaller, cyanider i inomhusluften avsevärt.

Provtagning av jord kommer att genomföras genom uttag av samlingsprov i schaktbotten under husen innan ny bottenplatta gjuts. m förorening uppkommer när plattan har tagits bort. Ifall höga föroreningshalter i jorden påvisas kommer massorna omhändertas och provtas avseende föroreningshalter och klassning. Om förorenad jord påvisas men inte kan schaktas ut av tekniska skäl, kommer tillsynsmyndigheten kontaktas för vidare diskussion.

Bilagor: Structor PM Byggnad 25, daterad 2010-10-28.

Geotekniska utredningar:

Byggnad 26 antas vara grundlagd på berg.

Bilaga: WSP PM Geoteknik, daterat 2015-07-02

Antikvariska utredningar:

Tidigare Ångcentral.

Av utredningen framgår att huset är grundlagt på berg med minimala utfyllnader.

Bilaga: White, daterat 2017-10-24

A3. Planerad byggnation i Gasverket område östra, husvis:

Hus 24:

Övergripande:

Volymen i huset som finns idag planeras att utökas. Huset är ursprungligen byggt med källare men har fyllts med massor med okänt innehåll. Dessa massor kommer att schaktas bort så att husets källare återställs. Ny bottenplatta i källare kommer att utföras och kommer enligt bedömning inte hamna under dagens grundvattennivå med undantag av eventuell hissgröp.

Miljö/Sanering:

I exploateringsavtalet och miljöprogrammet för Lilla Gasverket framgår det att byggnader inom gasverksområdet ska anläggas gastätt och vattentät med avseende på grundläggning för att minimera ev. djupare belägna markföroreningar (Structor, 2016). Detta kommer att genomföras även för dessa byggnader. Borttagning av massor, som ses som det mest förorenade materialet i husen, samt installation av nya, gastäta golv bedöms sänka riskerna för föroreningshalterna i inomhusluften avsevärt. Då ytskikt på övriga väggar saneras och golv ska bilas bort bedöms planerade åtgärder risker sänka bl.a. PAH, Kvicksilver, metaller, cyanider i inomhusluften avsevärt.

Provtagning av jord kommer att genomföras genom uttag av samlingsprov i schaktbotten under husen innan ny bottenplatta gjuts. m förorening uppkommer när plattan har tagits bort. Ifall höga föroreningshalter i jorden påvisas kommer massorna omhändertas och provtas avseende föroreningshalter och klassning. Om förorenad jord påvisas men inte kan schaktas ut av tekniska skäl, kommer tillsynsmyndigheten kontaktas för vidare diskussion.

Bilagor: Structor PM Byggnad 26/24/25, daterad 2010-10-28.

Geotekniska utredningar:

Byggnad 24 antas vara grundlagd på berg.

Bilaga: WSP PM Geoteknik, daterat 2015-07-02

Antikvariska utredningar:

Tidigare Retorthus.

Av utredningen framgår att huset är grundlagt på berg med minimala utfyllnader.

Bilaga: White, daterat 2017-10-24

A4. Planerad byggnation i Gasverket område östra, husvis:

Hus 25:

Övergripande:

Volymen i huset som finns idag planeras att utökas. Huset är ursprungligen byggt med platta på mark med diverse kulvertar. Plattan med kulvertar kommer att rivas samt att massorna under plattan kommer att schaktas bort för att kunna genomföra en ramp som går från dagens marknivå på +7,0m till cirka +3,0m. Ny bottenplatta/ramp i källare kommer att utföras och kommer enligt bedömning inte hamna under dagens grundvattennivå.

Miljö/Sanering:

I exploateringsavtalet och miljöprogrammet för Lilla Gasverket framgår det att byggnader inom gasverksområdet ska anläggas gastätt och vattentät med avseende på grundläggning för att minimera ev. djupare belägna markföroreningar (Structor, 2016). Detta kommer att genomföras även för dessa byggnader. Borttagning av massor, som ses som det mest förorenade materialet i husen, samt installation av nya, gastäta golv bedöms sänka riskerna för föroreningshalterna i inomhusluften avsevärt. Då ytskikt på övriga väggar saneras och golv ska bilas bort bedöms planerade åtgärder risker sänka bl.a. PAH, Kvicksilver, metaller, cyanider i inomhusluften avsevärt.

Provtagning av jord kommer att genomföras genom uttag av samlingsprov i schaktbotten under husen innan ny bottenplatta gjuts. m förorening uppkommer när plattan har tagits bort. Ifall höga föroreningshalter i jorden påvisas kommer massorna omhändertas och provtas avseende föroreningshalter och klassning. Om förorenad jord påvisas men inte kan schaktas ut av tekniska skäl, kommer tillsynsmyndigheten kontaktas för vidare diskussion.

Bilagor: Structor PM Byggnad 25, daterad 2010-10-28.

Geotekniska utredningar:

Byggnad 25 grundläggningskonstruktion är idag okänd.

Bilaga: WSP PM Geoteknik, daterat 2015-07-02

Antikvariska utredningar:

Tidigare Maskinhus.

Av utredningen framgår att huset är grundlagt på berg med minimala utfyllnader.

Bilaga: White, daterat 2017-10-24

A5. Planerad byggnation i Gasverket område östra, husvis:

Hus 21:

Övergripande:

Volymen i huset som finns idag planeras att utökas något. Huset är ursprungligen byggt med platta på mark men där en liten del består av källare. Bottenplattorna kommer att rivas. Ny bottenplatta/ källargolv kommer att utföras men den kommer inte hamna under dagens grundvattennivå.

Miljö/Sanering:

I exploateringsavtalet och miljöprogrammet för Lilla Gasverket framgår det att byggnader inom gasverksområdet ska anläggas gastätt och vattentät med avseende på grundläggning för att minimera ev. djupare belägna markföroreningar (Structor, 2016). Detta kommer att genomföras även för dessa byggnader. Borttagning av massor, som ses som det mest förorenade materialet i husen, samt installation av nya, gastäta golv bedöms sänka riskerna för föroreningshalterna i inomhusluften avsevärt. Då ytskikt på övriga väggar saneras och golv ska bilas bort bedöms planerade åtgärder risker sänka bl.a. PAH, Kvicksilver, metaller, cyanider i inomhusluften avsevärt.

Provtagning av jord kommer att genomföras genom uttag av samlingsprov i schaktbotten under husen innan ny bottenplatta gjuts. m förorening uppkommer när plattan har tagits bort. Ifall höga föroreningshalter i jorden påvisas kommer massorna omhändertas och provtas avseende föroreningshalter och klassning. Om förorenad jord påvisas men inte kan schaktas ut av tekniska skäl, kommer tillsynsmyndigheten kontaktas för vidare diskussion.

Bilagor: Structor PM Byggnad 21, daterad 2010-10-28.

Geotekniska utredningar:

Byggnad 21 är grundlagd på berg.

Bilaga: WSP PM Geoteknik, daterat 2015-07-02

Antikvariska utredningar:

Tidigare Ångkraftscentral.

Av utredningen framgår att huset är grundlagt på berg med minimala utfyllnader.

Bilaga: White, daterat 2017-10-29

B. Planerad byggnation i Gasverket område östra, husvis:

Hus 29:

Övergripande:

Hus 29's stål- och takkonstruktioner demonteras för att återanvändas. Husets bottenplatta rivs. Husets nya grundkonstruktion kommer att bestå av ett nybyggt garage.

Miljö/Sanering:

Då garaget som ska byggas ligger under hus 29 grundläggs på berg så kommer det inte att återstå några föroreningar under hus 29.

Bilagor: Structor PM Byggnad 29, daterad 2010-10-28.

Geotekniska utredningar:

Byggnad 29 grundläggningskonstruktion är idag okänd.

Bilaga: WSP PM Geoteknik, daterat 2015-07-02

Antikvariska utredningar:

Tidigare Kolhus.

Bilaga: White, daterat 2016-07-01

C1. Planerad byggnation i Gasverket område östra, husvis:

Hus 15/16:

Övergripande:

Hus 15/16 rivs och ersätts med en ny byggnad. Det nya husets grundkonstruktion kommer att bestå av ett nybyggt garage.

Miljö/Sanering:

Då garaget som ligger under hus 15/16 grundläggs på berg så kommer det inte att återstå några föroreningar under hus 15/16.

Geotekniska utredningar:

Byggnad 15/16's grundläggningskonstruktion består idag av en sämre kvalitativ platta på mark med en liten del källare.

Antikvariska utredningar:

Tidigare marketenteri.

Bilaga: White, daterat 2016-07-01

C2. Planerad byggnation i Gasverket område östra, husvis:

Hus 19:

Övergripande:

Hus 19 rivs och ersätts med en ny byggnad troligtvis med källare under mark.

Miljö/Sanering:

Massorna som finns under byggnaden idag samt under där den nya byggnaden kommer kontrolleras med avseende på föroreningar, sorteras och borttransporteras.

Geotekniska utredningar:

Byggnad 19's grundläggningskonstruktion består idag av platta på mark på utfyllnad.

Antikvariska utredningar:

Tidigare kontorshus från 60/70-tal.

D. Planerad byggnation i Gasverket område östra, husvis:

Hus C, D, E och F:

Övergripande:

Nya hus som byggs ovanpå ett nytt garage.

Miljö/Sanering:

Inget förekommande

Geotekniska utredningar:

Se garage.

Antikvariska utredningar:

Inga

E. Planerad byggnation i Gasverket område östra, husvis:

Garage:

Övergripande:

Nytt garage som byggs och som grundläggs på berg. Vatten- och gastäta konstruktioner utförs.

Miljö/Sanering:

Massor ovan berg provtas, sorteras och körs till sedan till senare beslutad plats. Påträffade föroreningar i berggrundvattnet i den sydöstra delen av garaget kommer beaktas i samband med planering och byggnation för att säkerställa att ingen risk för människors hälsa eller miljön föreligger.

Geotekniska utredningar:

WSP har utfört övergripande utredningar.

Bilaga: WSP PM Geoteknik, daterat 2015-07-02

Antikvariska utredningar:

Inga