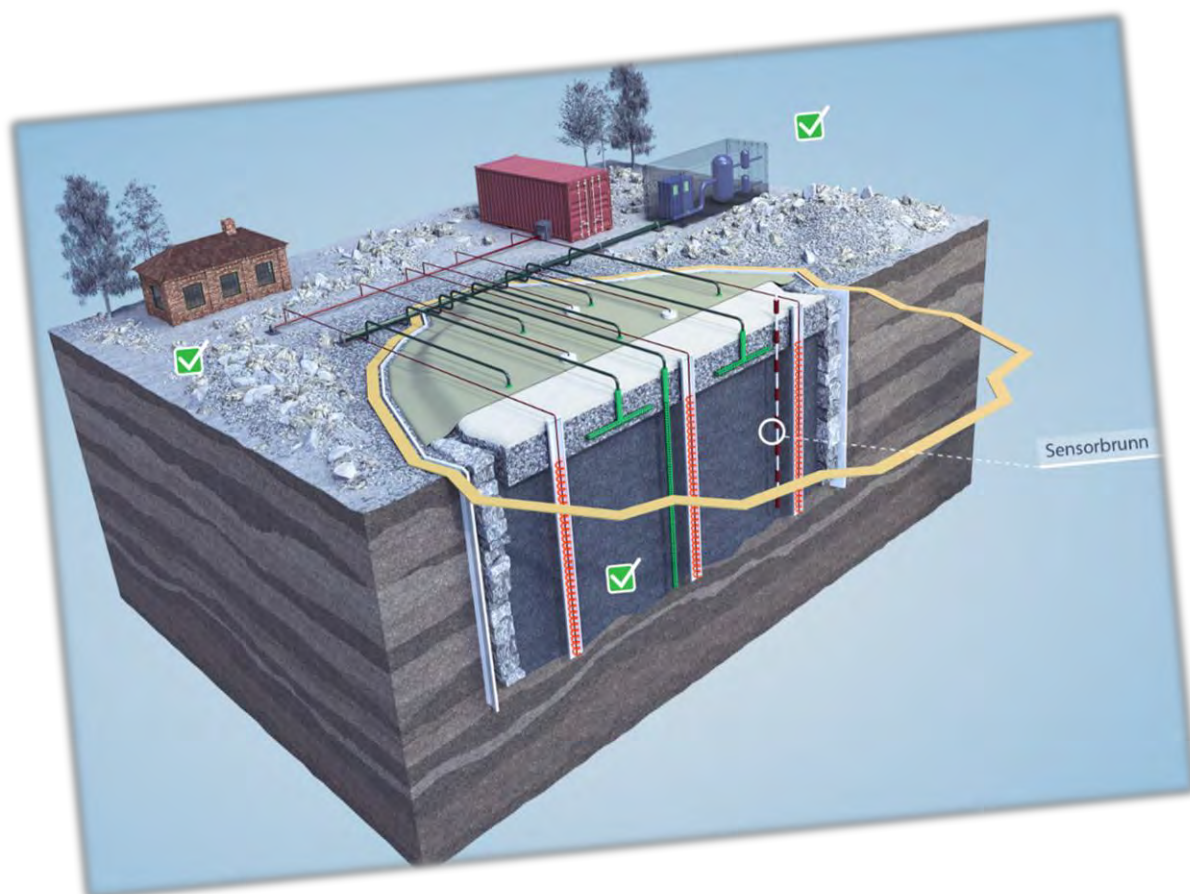


# Redovisning av miljökontrollen vid den termiska behandlingen, Inre hamnen, Norrköping

2022-03-31

Reviderad 2022-06-01



Elke Myrhede Norrköpings kommun

Författare: Susanne Karlsson, Structor  
Granskare: Håkan Jönsson, Lektus  
Upprättad, datum: 2022-03-31  
Reviderad, datum: 2022-06-01  
Beställare: Norrköpings kommun  
Uppdragsnamn: Miljökontroll Gasverket  
Uppdragsnummer: 18107  
Uppdragsledare: Ebba Wadstein, Structor  
Miljökontrollanter: Håkan Jönsson Lektus, Elin Lundqvist Lektus, Per Johansson Lektus  
Foto: Foton i rapporten tagna av miljökontrollanterna  
Framsida: *Markrening med värme - interaktiv applikation.*  
[wsdata.norrkoping.se/3dvista/saneringgasverket/](http://wsdata.norrkoping.se/3dvista/saneringgasverket/)  
Status: Skickad

**Structor**

**Lektus**

## SAMMANFATTNING

<b>Åtgärdsområde</b>	Delområde Termisk, Inre hamnen Norrköping
<b>Datum för Termisk behandling</b>	Start: 31 juli 2020 Slut: 28 juni 2021
<b>Fastighetsbeteckning</b>	Skeppsdockan 1
<b>Fastighetsägare och huvudman</b>	Norrköpings kommun
<b>Organisationsnummer</b>	212 000-0456
<b>Kontaktperson</b>	Elke Myrhede, Norrköpings kommun, elke.myrhede@norrkoping.se, Tel.011-15 30 88
<b>Entreprenör</b>	Geoserve AB
<b>Åtgärdsområde</b>	För den termisk behandling gällde särskilda åtgärdsområde för bensen och PAH vid olika djup. Åtgärdsområdena omfattade både maxvärden och medelhalter i jorden efter utförd termisk behandling. Åtgärdsområdena för medelhalten har tillämpats för en yta om 400 m <sup>2</sup> .
<b>Uppfyllande av åtgärdsområde för termisk behandling</b>	Efter avslutad behandling kontrollerades resthalterna av bensen och PAH i jorden. Samtliga åtgärdsområde bedöms vara uppfyllda.
<b>Energiförbrukning</b>	1 954 MWh (1 702 MWh till uppvärmning)
<b>Åtgärdad mängd PAH</b>	21,3 kg (20,4 kg uppmätt i förbrukad mängd kol vid rening av ånga och 0,9 kg genom rening av vätska)
<b>Åtgärdad mängd BTEX</b>	36,3 kg (36,2 kg genom rening av ånga och 0,06 kg genom rening av vätska)
<b>Mängder vattenrening</b>	4 000 m <sup>3</sup>
<b>Utförd omgivningskontroll</b>	I denna rapport redovisas främst por- och luftmätningar under genomförandeskedet. Övrig omgivningskontroll som pågått samtidigt, som nivåmätning av grundvattennivåer, miljöanalyser i grund- och ytvatten samt mätningar av vibrationer, sättningar och rörelser har redovisats i den tidigare rapporten av miljökontrollen för schakt av gasverkstomten
<b>Besiktning</b>	Slutbesiktning utfördes i oktober 2021.
<b>Föroreningsituation efter utförd sanering</b>	Slutsatsen för delområdet termisk behandling är att saneringsåtgärden uppfyller uppställda åtgärdsområde och inga restriktioner bedöms behövas för den framtida markanvändningen.  Som skyddsåtgärd har återfyllnadsmassorna, ovanför den del där den termisk behandlingen utförts, förstärkts med ett 10 cm tjockt lager av biokol.

# Innehåll

<b>Sammanfattning .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Inledning .....</b>	<b>6</b>
1.1. Bakgrund .....	6
1.2. Beslut om avhjälpandeåtgärderna .....	7
<b>2. Föroreningssituation inför åtgärd.....</b>	<b>7</b>
2.1. Gasverket och Lilla gasklockan .....	7
2.2. Mätbara åtgärds mål och platsspecifika riktvärden.....	9
<b>3. Genomförande av termisk behandling .....</b>	<b>11</b>
<b>4. Vattenrening .....</b>	<b>16</b>
4.1. Kontroll av vattenrening .....	16
<b>5. Kontroll av restföroreningar.....</b>	<b>18</b>
5.1. Provtagningsomgång 1 .....	18
5.2. Provtagningsomgång 2 .....	22
5.2.1. Provtagningsomgång 2a.....	22
5.2.2. Provtagningsomgång 2b.....	23
5.3. Bedömning efter provtagningsomgång 1 och 2.....	24
<b>6. Omgivningskontroll.....</b>	<b>24</b>
6.1. Porgasmätning.....	25
6.2. Utomhusluft .....	25
6.3. Efterkontrollprogram.....	25
<b>7. Avvikelse .....</b>	<b>26</b>
<b>8. Föroreningssituation efter genomförd åtgärd.....</b>	<b>26</b>
<b>9. Modellering av markföroreningar .....</b>	<b>27</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>28</b>

## Bilagor

Uppfyllelse av beslut från Länsstyrelsen och Mark-och miljödomstolen	Bilaga 1
Fotodagbok	Bilaga 2
Geoserve och E-Mc2 rapport om den termiska behandlingen	Bilaga 3
Fältrapport kontroll av resthalter (provtagningssomgång 1) 2021-04-14	Bilaga 4
Fältrapport kontroll av resthalter (provtagningssomgång 2a och 2b) 2021-09-03	Bilaga 5
Karta över omgivningskontrollens provpunkter	Bilaga 6
Sammanställning analyser för porgasmätning och utomhusluft (excel-fil)	Bilaga 7
Modelling the transport of contaminants from the former gasworks site in Norrköping after thermal treatment and biochar stabilisaton. Afry, 2022-03-25.	Bilaga 8

## 1. INLEDNING

Stadsdelen Inre hamnen ligger i centrala Norrköping. Det som tidigare var ett småskaligt industriområde och hamnområde ska omvandlas till en ny stadsdel med bostäder och kontor. Omvandlingen sker etappvis och gasverket är en del av etapp 1 (detaljplan Kronomagasinet med flera). Etapp 1 är i sin tur indelad i olika delområden för de avhjälpandeåtgärder som måste göras innan bostäder kan byggas. Indelningen i de olika delområden framgår av Figur 1.



**Figur 1** Indelning av avhjälpandeåtgärderna för etapp 1 i Inre Hamnen. Denna redovisning omfattar sanering DO Termisk (del av röd streckat område).

Denna rapport redovisar avhjälpandeåtgärden som utförs i delområde Termisk på fastigheten Skeppsdockan 1. Norrköpings kommun har varit huvudman för saneringsprojektet avseende den Termiska behandlingen, som pågick från 31 juli 2020 till 28 juni 2021. Tabell 1 visar status för sanering övriga delområden.

**Tabell 1** Status för avhjälpandeåtgärderna för de övriga delområdena i etapp 1

Delområde (DO)	Status	Redovisats till tillsynsmyndighet
Kolkajen	Sanerad 2017-2018	Ja
Gator	Sanerad 2019-2020	Ja
Gasverket	Sanerad 2019-2020	Ja
Andreas kvarn	Sanerad 2019-2020	Ja
Kaj	Pågår fram till 2022	Nej

## 1.2. Beslut om avhjälpandeåtgärderna

Syftet med denna redovisning är att visa hur miljökontrollen bedrivits samt på vilket sätt Länsstyrelsens beslut för avhjälpandeåtgärden och Mark- och miljödomstolens beslut om tillstånd för vattenverksamhet har efterlevts.

Mark- och miljödomstolen lämnade den 5 oktober 2018, i dom M 2934-17 tillstånd till tillfällig sänkning av grundvattennivån och bortledning av grundvatten för gasverkstomten.

Norrköping kommun lämnade in en anmälan, daterad 2018-08-20, om avhjälpandeåtgärd enligt 28 § förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd till Länsstyrelsen. Då kommunen ville komma i gång med avhjälpandeåtgärden så fort det var möjligt så valde Länsstyrelsen att dela upp besluten i flera etapper. Den termiska behandlingen omfattas av Länsstyrelsens beslut om avhjälpandeåtgärd, etapp 2, daterad 2019-06-26 (Dnr 575-9657-2018).

Miljökontrollprogram för den Termiska behandlingen har ingått som Bilaga 10 till *Miljökontroll – Program för miljökontrollen vid efterbehandling av förorenad mark på gasverksområdet*. Miljökontrollprogram för den Termiska behandlingen har reviderats flera gånger. Den första versionen är daterad 2019-11-22 och den sista versionen, version 3 är daterad till 2020-06-08.

För uppfyllande av Länsstyrelsens försiktighetsmått och Mark- och miljödomstolens villkor, se bilaga 1.

## 2. FÖRORENINGSSITUATION INFÖR ÅTGÄRD

Gasverksområdet har en lång historia av industriella verksamheter som tillsammans med att området fylldes ut med olika massor gjorde att det fanns en komplex föroreningsbild inför åtgärden.

### 2.1. Gasverket och Lilla gasklockan

Föroreningsbilden på Gasverket i den ytliga fyllningen ner till 4 m bedömdes vara relativt komplex med allmänt höga halter av främst polycykliska aromatiska kolväten (PAH), aromatiska kolväten och bly. Halter av PAH över haltgräns för farligt avfall och även ytliga skikt med akuttoxiska halter av arsenik och cyanid hade påträffats.

Figur 2 är de områden markerade som bedömdes vara mest betydande för föroreningsituationen för hela gasverkstomten.



Figur 2 Gasverkstomten med markering för de tidigare äldre gasklockorna och tjärgroparna till vänster, lilla gasklockan i övre ringen, stora gasklockan i nedre ringen samt fd gamla skeppsdockan till höger.

Vid den lilla gasklockan var marken fylld med kolbottenaska, kolbottenslagg och tegelrester från spaltgasverket samt konstruktionsmaterial från lilla gasklockan i form av plåt annat skrot. Fyllning påträffades ner till 6,5 m djup från dåvarande markyta. I fyllningen fanns föroreningar av framför allt bensen men även PAH. Bensen påträffades också på åtta meters djup i den naturliga jorden som fanns under fyllningen.

Undersökningar och utredningar för gasverksområdet visade att det fanns ett åtgärdsbehov för området vad gäller att reducera hälsorisker, reducera risker för markmiljön samt för att minska föroreningsutbredning från området. Jord med höga halter hälsofarliga föroreningar hade påträffas i yttlig jord på delar av området vilket medför att det var angeläget med åtgärder relativt omgående oavsett markanvändning.

Utifrån riskbedömningen har det konstaterats åtgärdsbehov med avseende på:

1. hälsorisker med avseende på organiska ämnen (främst PAH och bensen)
2. hälsorisker med avseende på metaller (arsenik och bly) och cyanid
3. akuta hälsorisker med avseende på cyanid och arsenik
4. risk för negativa effekter i ytvatten (Motala Ström)
5. risk för negativa effekter på markmiljön

Efter utförd åtgärds- och riskvärdering förordades en termisk avdrivning vid den lilla gasklockan av de föroreningar som förekom i fyllningen och i leran ner till djupet 4-8 m.

## 2.2. Mätbara åtgärds mål och platsspecifika riktvärden

Mätbara åtgärds mål för olika markanvändning inom Inre Hamnen har tagits fram och det är samma som de platsspecifika riktvärden som togs fram i huvudstudiearbetet (Kemakta, 2015).

För den termiska behandlingen fanns särskilda åtgärds mål framtagna för bensen och PAH för olika djup. Åtgärds målen omfattade både maxvärden och medelhalter i jorden efter utförd termisk behandling, se Tabell 2. Åtgärds målen för medelhalt gällde för ett delområde om ca 400 m<sup>2</sup>.

**Tabell 2 Åtgärds mål för delområde om 400 m<sup>2</sup> och entreprenörskrav dvs maxhalter i jord efter utförd termisk behandling.**

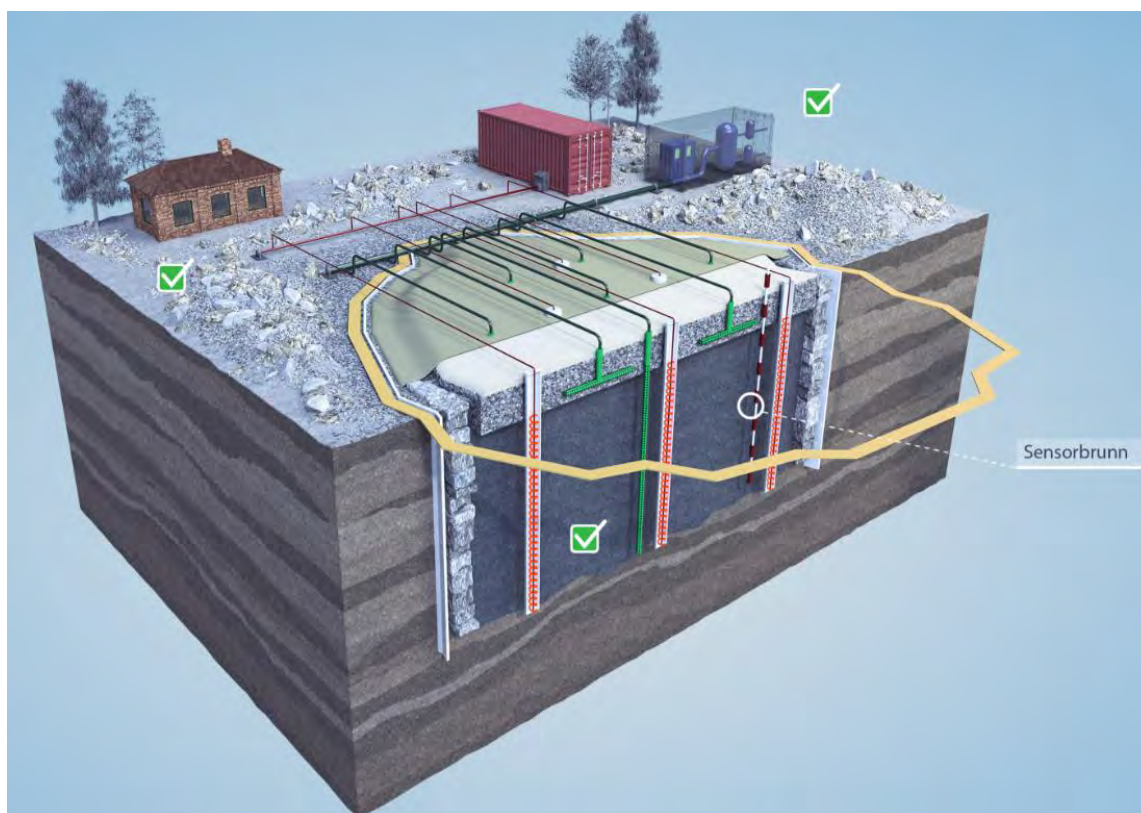
Nivå		Bensen	PAH-L	PAH-M	PAH-H
RH 2000					
-2/-1,75-(-2,5)	Aritmetiskt medelvärde för samtliga prover i delytan.	8	150	66	35
	Maxvärde i enskilt prov	12	225	100	50
-2,5-(-3,5)	Aritmetiskt medelvärde för samtliga prover i delytan.	10	150	80	35
	Maxvärde i enskilt prov	15	225	120	50
-3,5-(-4,5)	Aritmetiskt medelvärde för samtliga prover i delytan.	12	150	80	35
	Maxvärde i enskilt prov	18	225	120	50
-4,5-(-5,5)	Aritmetiskt medelvärde för samtliga prover i delytan.	12	150	80	35
	Maxvärde i enskilt prov	18	225	120	50
-5,5-(-7)	Aritmetiskt medelvärde för samtliga prover i delytan.	12	150	80	35
	Maxvärde i enskilt prov	30	375	200	88



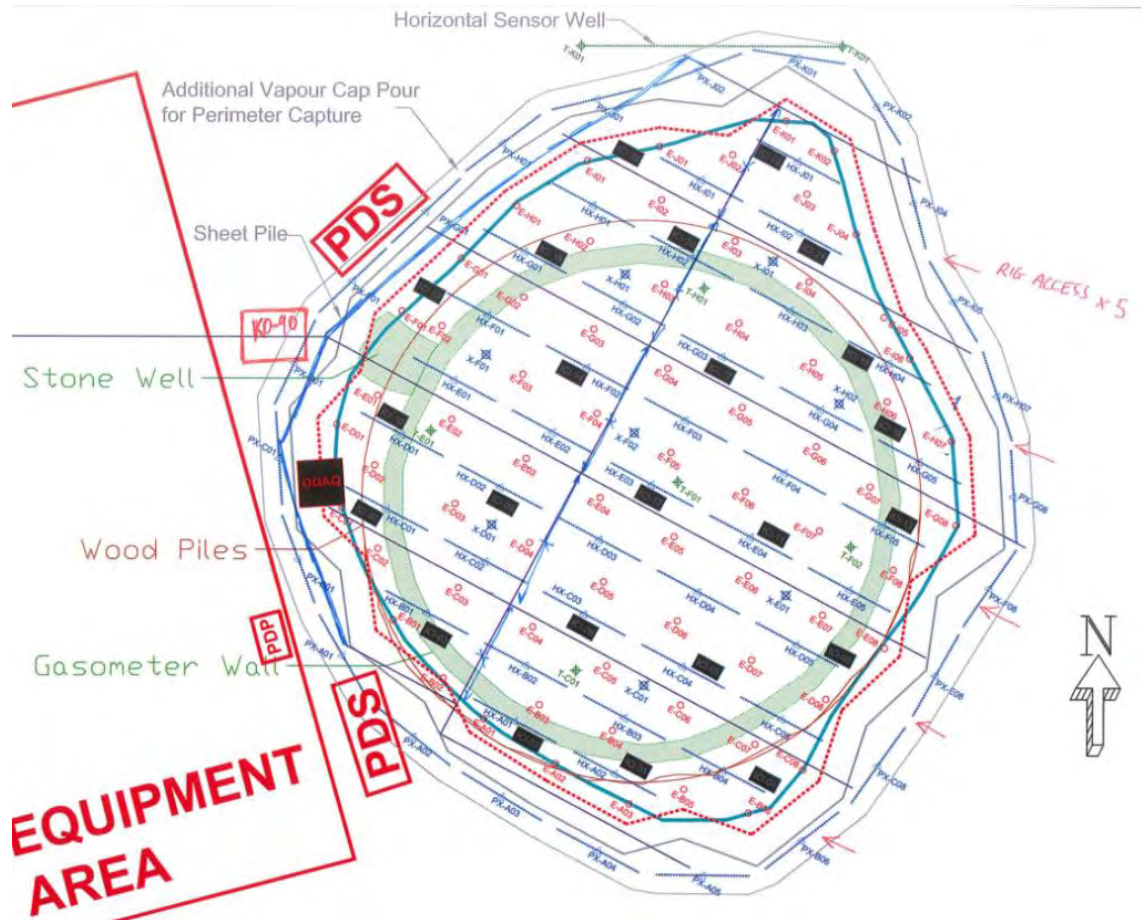
## 3. GENOMFÖRANDE AV TERMISK BEHANDLING

Den termiska behandlingen upphandlades som en totalentreprenör och upphandlad entreprenör var Geoserve AB. Geoserve AB har utfört behandlingen i samarbete med Euremtech-Mc<sup>2</sup>.

Entreprenören har haft ansvar för driften och kontrollen av den termiska behandlingen. Principen för den termiska behandlingen illustreras i Figur 4 och Figur 5.



**Figur 4 Markrening med värme. Marken värms upp genom värmare i rör som installerats i marken (värmebrunnarna markerade i rött i figuren). När marken upphetas bildas ånga och gas och föroreningarna sugts upp till markytan via extraktionsrör (extraktionsrör markerade i grönt i figuren). Gas och vatten samlas upp och kyls och leds därefter till en reningsanläggning (Norrköpings kommun, 2022)**



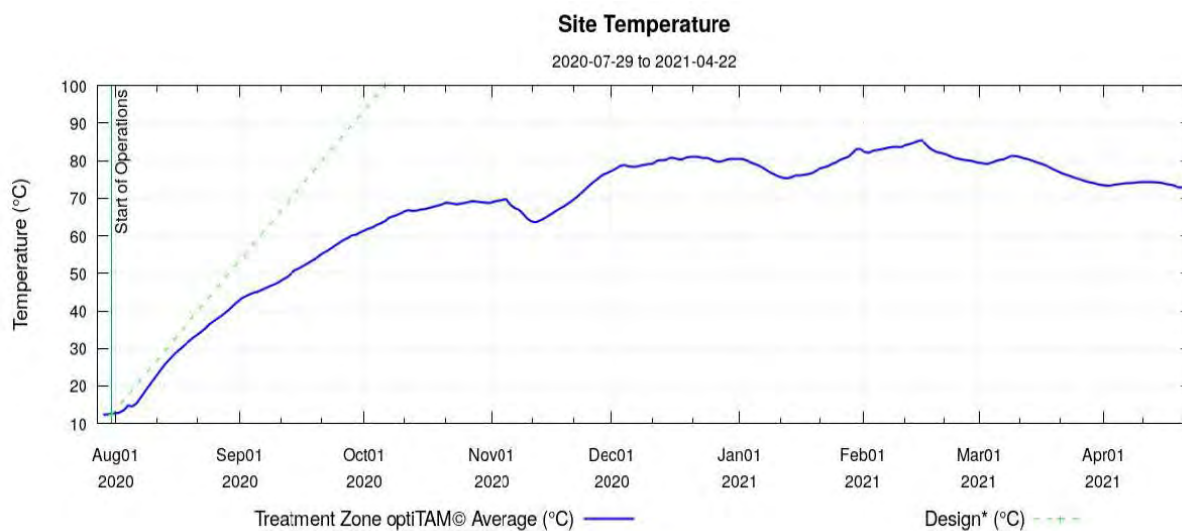
Figur 5 Entreprenörens beskrivning av den termiska siten. Jorden värms upp med värmeelement (röda punkter) varvid föroreningar förångas och förs upp i extraktionsrör (blåa punkter) för rening av gas och vatten. Gröna punkter mäter temperatur. Bild hämtad från entreprenörens projekteringsplan.

Installationen av anläggningen påbörjades i oktober 2019. Saneringsområdet avgränsades av en 9 m djup stålspons runt området och av ett 15 cm tjockt tätskikt av skumbetong ovanpå området. Totalt installerades 67 st värmebrunnar med syfte att värma jordvolymen till en medeltemperatur på 90 °C. Arbetet med att installera anläggningen fortgick över vintern men fick avbrytas tillfälligt i februari på grund av att vattnet rann över saneringssponsen. Installationen av den termiska behandlingen, se Figur 6 var i stort sett klar i slutet av mars men på grund av Covid-19 så kunde det kanadensiska företagets personal inte vara på plats varför den termiska behandlingen kunde påbörjas först den 31 juli 2020.

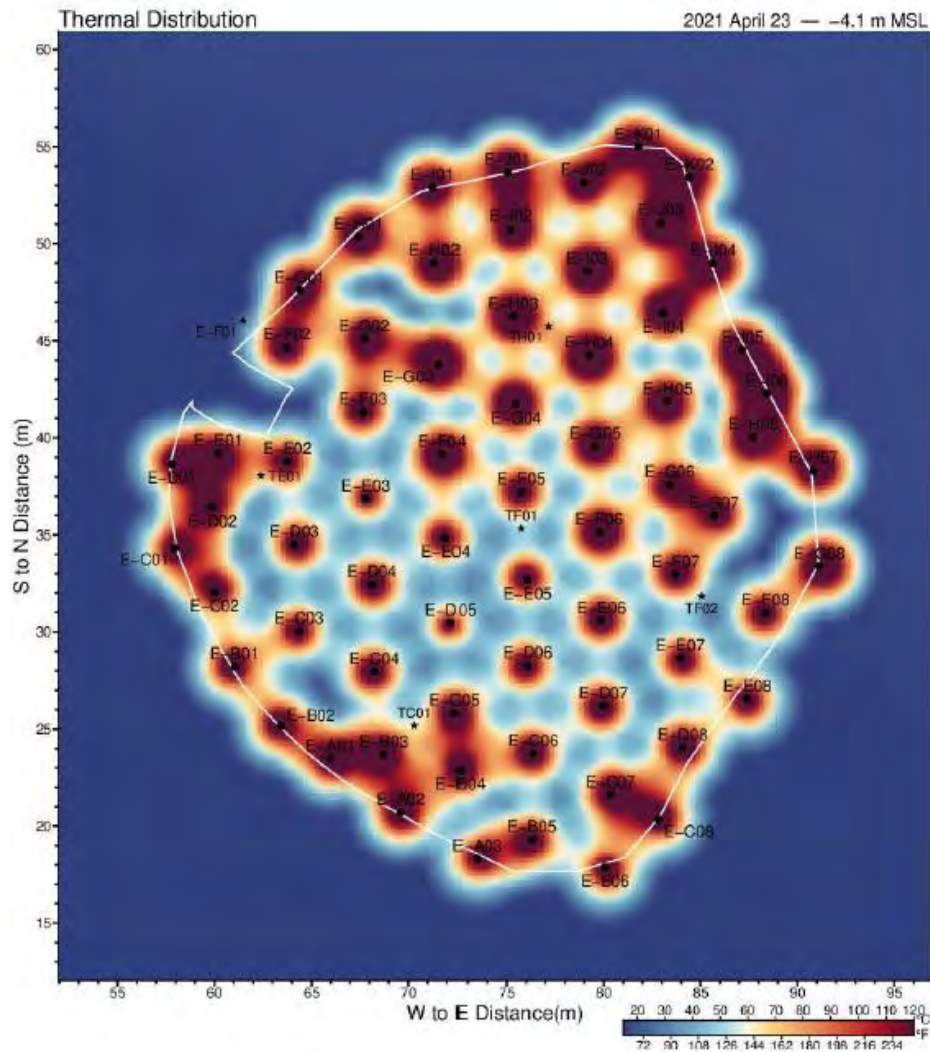


Figur 6 Installation av den termisk termiska behandlingen på plats och redo att driftsättas.

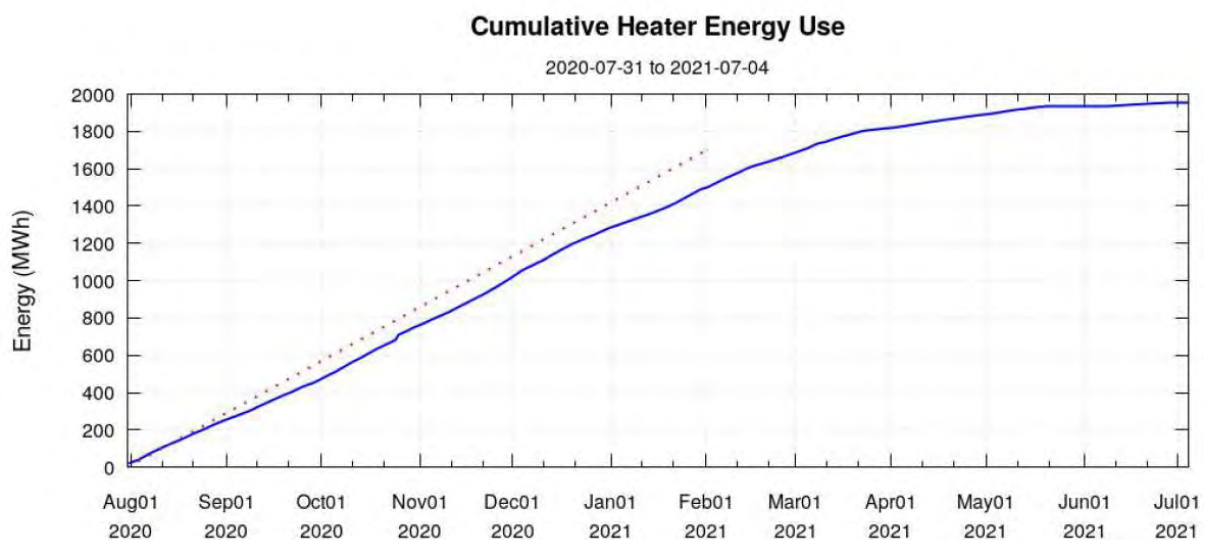
Under behandlingen värmdes marken succesivt upp och under pågående drift kunde man följa värmens utbredning på ett visst djup vid en viss tidpunkt, se Figur 8. Medeltemperaturen uppnåddes som mest 85,4 °C (februari 2021), se Figur 7. Den totala energitillförseln var 1 954 MWh, se Figur 9.



Figur 7 Medeltemperaturen i den jordvolymen som behandlats termiskt vid lilla gasklockan i Norrköping



Figur 8 Exempel på hur temperaturen för behandlingsytan vid ett visst djup och vid en viss tidpunkt synliggjordes on-line under driftsperioden.



Figur 9 Totalt förbrukad energi under behandlingsperioden.

Gasen som fördes upp från marken genom extraktionsrör renades via filter. Totalt omhändertogs 36,3 kg BTEX och 12,7 kg PAH föroreningar från marken, se Tabell 3

**Tabell 3 Åtgärdad mängd förorening med den termisk behandling**

Ämne	Renat från ångan	Renat från vattnet <sup>4</sup>	Totalt
PAH	20,4 <sup>1</sup> kg	0,9 kg	21,3 kg
BTEX	36,2 <sup>2</sup> kg	0,06 kg	36,3 kg
Oljeprodukter (TPH C10-C40)	32,4 <sup>3</sup> kg		32,4 kg

- 1) Utifrån laboratorieanalyser av förbrukat kol från reningsanläggningen har mängden PAH:er beräknats till 20,4 kg varav naftalen står för 14,1 kg av dessa. Mängden som uppmätts i det förbrukade kolet korrelerar inte helt med det som uppmätts i luftproverna. Utifrån laboratorieanalyser av luftproverna så är renad mängd av PAH 11,8 kg, dvs ungefär hälften av vad som beräknats i det förbrukade kolet.
- 2) Utifrån laboratorieanalyser av luftprover har mängden BTEX beräknats till 36,2 kg, varav bensen står för 29,3 kg av dessa.
- 3) Uppmätt mängd oljeprodukter utifrån laboratorieanalyser av förbrukat kol från reningsanläggningen.
- 4) Uppmätt mängd utifrån laboratorieanalyser av vattenprover.

Efter kontroll av resthalter i jorden, se kapitel 5, så avslutades den termiska behandlingen den 28 juni 2021 och därefter togs samtliga installationer bort från området. Slutbesiktningen ägde rum i oktober 2021.



**Figur 10 Pågående drift av den termiska behandlingen vid gasverkstomten**

Installation, drift och avveckling illustreras i fotodagboken, se bilaga 2, medan tekniska detaljer om driften av den termiska behandlingen redogörs för i bilaga 3.

## 4. VATTENRENING

### 4.1. Kontroll av vattenrening

I samband med termisk behandling har en sänkning av grundvattnet och läns-pumpning utförts. Det förorenade vattnet som då uppstod har i enlighet med vattendomen renats i en vattenreningsanläggning innan avledning gjorts till Motala Ström. Reningsanläggningen har baserats på membran- och kolfilter. Prover på utgående vatten från vattenreningsanläggningen har följt vad som angetts i miljökontrollplanen men har tagits ut på olika sätt beroende på förutsättningarna.

Samtliga vattenprover har analyserats på ALS Scandinavia avseende metaller, alifater, aromater, BTEX, oljeindex, cyanid, suspenderat material och pH. De prover som har analyserats avseende bensen har tagits ut som stickprov då risken för avgång till luft är stor vid hantering av samlingsprov.

Vattenreningsanläggningen i anslutning till den termiska behandlingen upphörde april 2021. Då hade totalt ca 4 000 m<sup>3</sup> vatten renats i anläggningen under de 9 månader som reningsanläggningen varit i drift. Den totala mängden metaller som efter rening släppts ut till Motala Ström framgår av Tabell 4. Mängden av respektive ämne har beräknats genom att flödet som passerat reningsanläggningen multiplicerats med halten per provtagning.

**Tabell 4 Totalt utsläppt mängd metaller till Motala Ström i utgående vatten efter reningsanläggningen under schaktsaneringen av gasverkstomten 2019-2020.**

Ämne	Totalt utsläppt mängd metaller i vattnet efter reningsanläggningen	Beräknad årlig spridning från området innan sanering <sup>1)</sup>
Arsenik	40 g	13 g
Kadmium	1,1 g	4 g
Krom	5,2 g	
Koppar	43 g	1 080 g
Kvicksilver	0,2 g	0,2 g
Nickel	123 g	
Bly	6,5 g	30 g
Zink	363 g	1 200 g

1) Uppgiften hämtad från huvudstudien (Sweco, 2017).

Vattnet som renades i reningsanläggningen ska, enligt miljödomen från Mark- och miljödomstolen i Växjö, i medeltal per månad inte överskrida en viss halt, se Figur 11.

b) Utgående vatten från behandlingsanläggningen ska i medeltal per månad inte överskrida följande nivåer:

Arsenik (As)	15 µg/l
Kadmium (Cd)	0,5 µg/l
Krom (Cr)	25 µg/l
Koppar (Cu)	40 µg/l
Kvicksilver (Hg)	0,1 µg/l
Nickel (Ni)	30 µg/l
Bly (Pb)	15 µg/l
Zink (Zn)	150 µg/l
Benso(a)pyren	1,0 µg/l
Antracen	1,0 µg/l
Susp (n=5)	100 mg/l
Oljeindex (Olja)	1 mg/l
Bensen	10 µg/l
Naftalen	6 µg/l
Cyanid; lättillg.	5 µg/l

Villkoret är uppfyllt om 10 av 12 månadsmedelvärden under kalenderåret inte överskrider värdet.

**Figur 11 Villkor 2b i Mark- och miljöstolens dom M 2934-17 angående tillåtna utsläppshalter från reningsanläggningen. Tillståndet omfattar att släppa ut 64 m<sup>3</sup> vatten/ dygn.**

Vid jämförelse med villkoren i domen har halterna justerats utifrån domens maxflöde på 64 m<sup>3</sup>/ dygn. Beräkningarna visar då att inga värden överskrider villkor 2b i miljödomen för metaller, se Tabell 5. För bensen och benso(a)pyren uppmättes inga halter över laboratoriets rapporteringsgräns. Antracen, naftalen och oljeindex uppmättes i halter över laboratoriets rapporteringsgräns vid några tillfällen, dock överskreds inte halterna de tillåtna utsläppsvärdena i villkor 2b vid något tillfälle.

**Tabell 5 Utsläppshalt som medeltal per månad år 2020 till 2021, omräknad för ett flöde på 64 m<sup>3</sup>/dygn för jämförelse med miljödomens villkor. Inga värden överskrider villkor 2b i miljödomen, se Figur 11 . Enhet µg/l.**

Ämne	2020					2021			
	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mars	April
As	0,4	0,3	0,9	6,0	1,4	1,1	0,4	0,1	0,02
Cd	0,01	0,1	0,02	0,1	0,02	0,02	0,01	0,002	0,001
Cr	0,1	0,2	0,0	0,8	0,1	0,2	0,1	0,02	0,01
Cu	0,2	0,6	0,5	7,3	0,5	0,9	0,8	0,1	0,1
Hg	0,003	0,006	0,002	0,02	0,003	0,01	0,002	0,001	0,0004
Ni	1,0	17,1	0,6	12,0	1,1	0,4	0,5	0,1	0,02
Pb	0,03	0,1	0,1	1,1	0,1	0,3	0,1	0,01	0,005
Zn	3,9	42,9	2,3	40,1	3,2	1,4	2,5	0,4	0,6
Cn	0,0003	0,002	0,0002	0,002	0,0005	0,0004	0,0001	0,00005	0,00002

## 5. KONTROLL AV RESTFÖRORENINGAR

Efter den termiska behandlingen utfördes provtagning för att bekräfta att åtgärdsmålen är uppfyllda. Åtgärdsmålen framgår av Tabell 2.

### 5.1. Provtagningsomgång 1

En provtagningsplan, daterad 24 februari 2021, togs fram i samråd med Länsstyrelsen. Provtagningen utfördes den 9–10 mars 2021. Indelningen i olika delområden för placering av provpunkter framgår av Figur 12.



Figur 12 Inför kontroll av resthalter av PAH och bensen i jord delades behandlingsområdet in i två delar, delområde A och B, eftersom åtgärds målet för medelhalt gäller för ett delområde om ca 400 m<sup>2</sup>. I varje delområde placerades därefter ut fem provpunkter (en punkt i varje område som är markerat med rött).

Provtagning utfördes den 9 och 10 mars 2021. I varje provpunkt togs delprover ut för varje meter eller på avvikande skikt med spade och samlades i diffusionstät plastpåse till ett samlingsprov. I lera togs prover för bensen ut med terracore provtagare, se Figur 13.



Figur 13 Till vänster: Provtagning av borrhärlor med terracore provtagare vid provpunkt 21SA10 innehållande acceptabla föroreningshalter. Till höger: Borrhärlor vid provpunkt 21SA09 nivå -6(-7,5) m u my, som hade kraftigt förhöjd halt av PAH.

Uppmätta halter (max- och medelhalter) från provtagningen har sammanställts och jämförts med åtgärdskraven för entreprenaden, se Tabell 6 - Tabell 10.

Tabell 6. Bensen - sammanställning av halter från provtagningsomgång 1 vid de olika nivåerna efter utförd termisk behandling. Grön siffra innebär att åtgärdskravet för max-halt är uppfyllt medan röda siffror anger att värdet inte uppfyller åtgärdskravet. Enhet mg/kg TS.

RH 2000 m u my	Krav	21SA 01	21SA 02	21SA 03	21SA 04	21SA 05	21SA 06	21SA 07	21SA 08	21SA 09	21SA 10
2-1,75(-2,5)	12	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-2,5(-3,5)	15	5,5	0	0	1	0	0	0	0	0	0,1
-3,5(-4,5)	18	11	0	0	1	0,2	0	2,3	1,1	-	0
-4,5(-5,5)	18	6,6	17,9	4,1	2,3	4,7	2,9	16,9	6,8	1,2	0
-5,5(-7,0)	30	12,5	12	4,1	0	2,6	9,3	6,0	6,7	7,9	0

Tabell 7 PAH-L - sammanställning av halter från provtagningsomgång 1 vid de olika nivåerna efter utförd termisk behandling. Grön siffra innebär att åtgärdskravet för max-halt är uppfyllt medan röda siffra anger att värdet inte uppfyller åtgärdskravet. Enhet mg/kg TS.

RH 2000 m u my	Krav	21SA 01	21SA 02	21SA 03	21SA 04	21SA 05	21SA 06	21SA 07	21SA 08	21SA 09	21SA 10
2-1,75-(-2,5)	225	0,2	4,9	3,3	0,2	0,2	0,9	0,3	0,2	0,3	0,4
-2,5-(-3,5)	225	0,2	4,9	3,3	0,4	0,2	0,9	0,3	0,2	0,3	0,2
-3,5-(-4,5)	225	0,5	4,9	3,3	0,4	5,3	0,9	77,9	173	-	0,2
-4,5-(-5,5)	225	0,2	301	190	0,1	3,1	21	49,9	2,8	330	0,2
-5,5-(-7,0)	375	0,2	0,8	1	0,2	0,15	0,5	0,2	6,6	2400	0,2

Tabell 8 PAH-M - sammanställning av halter från provtagningsomgång 1 vid de olika nivåerna efter utförd termisk behandling. Grön siffra innebär att åtgärdskravet för max-halt är uppfyllt medan röda siffra anger att värdet inte uppfyller åtgärdskravet. Enhet mg/kg TS.

RH 2000 m u my	Krav	21SA 01	21SA 02	21SA 03	21SA 04	21SA 05	21SA 06	21SA 07	21SA 08	21SA 09	21SA 10
2-1,75-(-2,5)	100	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3
-2,5-(-3,5)	120	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3
-3,5-(-4,5)	120	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,8	16	22,4	-	0,3
-4,5-(-5,5)	120	0,3	11,9	3,1	0,3	0,3	0,3	8,4	0,3	41,3	0,3
-5,5-(-7,0)	200	0,3	0,2	0,63	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	240	0,3

Tabell 9 PAH-H - sammanställning av halter från provtagningsomgång 1 vid de olika nivåerna efter utförd termisk behandling. Grön siffra innebär att åtgärdskravet för max-halt är uppfyllt medan röda siffra anger att värdet inte uppfyller åtgärdskravet. Enhet mg/kg TS.

RH 2000 m u my	Krav	21SA 01	21SA 02	21SA 03	21SA 04	21SA 05	21SA 06	21SA 07	21SA 08	21SA 09	21SA 10
2-1,75-(-2,5)	50	0,3	0,3	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
-2,5-(-3,5)	50	0,3	0,3	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
-3,5-(-4,5)	50	0,3	0,3	0	0,3	0,3	0,3	2,7	9,3	-	0,3
-4,5-(-5,5)	50	0,3	6,4	1,5	0,3	0,3	0,3	1,5	0,3	17,5	0,3
-5,5-(-7,0)	88	0,3	0,3	0,77	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	112	0,3

Tabell 10 Sammanställning av medelhalter från provtagningsomgång 1 vid de olika nivåerna efter utförd termisk behandling. Grön siffra innebär att åtgärdskravet för medelhalten är uppfyllt medan röda siffra anger att värdet inte uppfyller åtgärdskravet. Medelhaltsberäkning har gjorts för två områden, A och B. Enhet mg/kg TS.

RH 2000 m u my	Bensen Krav	Bensen A / B	PAH-L Krav	PAH-L A / B	PAH-M Krav	PAH-M A / B	PAH-H Krav	PAH-H A / B
2-1,75(-2,5)	8	0 / 0	150	1,8 / 0,4	66	0,3 / 0,4	35	0,2 / 0,3
-2,5(-3,5)	10	1,3 / 0	150	1,8 / 0,4	80	0,3 / 0,4	35	0,3 / 0,3
-3,5(-4,5)	12	2,4 / 3,6	150	2,9 / 81	80	2,1 / 9,8	35	2,1 / 4,0
-4,5(-5,5)	12	7,1 / 5,6	150	99 / 77	80	1,2 / 10,1	35	0,3 / 0,3
-5,5(-7,0)	12	4,5 / 6,0	150	0,5 / 382	80	0,4 / 48	35	0,6 / 27,3

Resultatet efter provtagningsomgång 1 visar att maxvärdet i enskilt prov i tre prover (två nivåer i punkt 21SA09 och en nivå i punkt 21SA02) och medelvärdet överskreds i en nivå för ett av de två delområdena:

- Maxvärde i 21SA02 nivå -4,5(-5,5) m u my; PAH-L 301 mg/kg TS
- Maxvärde i 21SA09 nivå -4,5(-5,5) m u my; PAH-L 330 mg/kg TS
- Maxvärde i 21SA09 nivå -5,5(-7,0) m u my; PAH-L 2 400 mg/kg TS, PAH-M 240 mg/kg TS och PAH-H 112 mg/kg TS
- Medelvärde delområde B nivå -5,5(-7,0) m u my; PAH-L 382 mg/kg TS.

I övriga prover uppfylldes åtgärdskravet för entreprenaden.

Resultatet från provtagningen finns sammanställt i fältrapporten daterad den 14 april 2021, se bilaga 4. Resultatet från provtagningen har anpassats med avseende på nivåerna för att kunna jämföra resultatet med uppställda åtgärdskrav. Tabell 6 -Tabell 10 visar de halter som använts för jämförelse med uppställda åtgärdskrav.

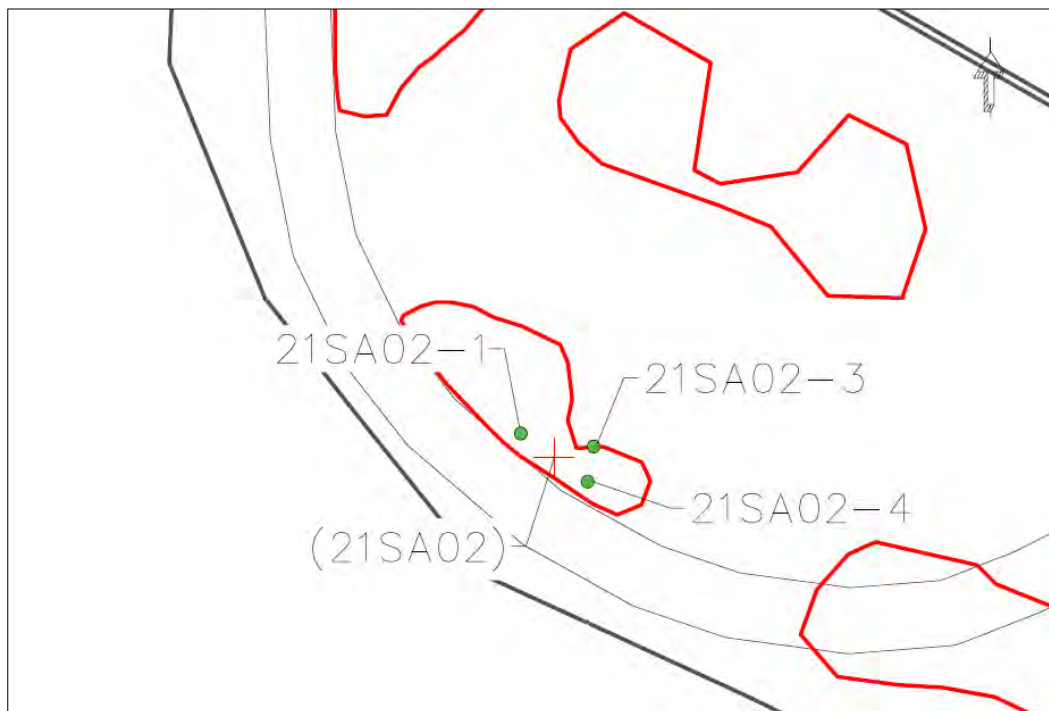
Eftersom åtgärdsmålen inte bedömdes vara uppfyllda efter provtagningsomgång 1 så återupptogs den termiska behandlingen i anslutning till de två områdena där åtgärdsmålen inte uppfyllts.

## 5.2. Provtagningsomgång 2

En ny provtagningsplan, daterad 23 april 2021, togs fram i samråd med Länsstyrelsen inför provtagningsomgång 2.

### 5.2.1. Provtagningsomgång 2a

Provtagningsomgång utfördes den 20 och 24 maj 2021. För provpunkt 21SA02 på den nivå där max-halt tidigare inte uppnått åtgärdskravet togs tre nya prov i närheten av tidigare provpunkt, se Figur 14.



Figur 14 Karta över provpunkter vid provtagningsomgång 2A samt den tidigare provpunkten 21SA02.

Resultatet från provtagningen visar att åtgärdskravet för maxhalten (medelvärdet av tre prover) uppfylls, se Tabell 11.

Tabell 11 Resultat från provtagningsomgång 2a vid provpunkt 21SA02. Grön siffra innebär att åtgärdskravet för max-halt är uppfyllt. Enhet mg/kg TS.

RH 2000 m u my	PAH-L Krav	PAH-L 21SA02	Kommentar
-4,5-(-5,5)	225	2,56	Medelvärdet av tre analyser.

Resultatet från provtagningen finns sammanställt i fältrapporten daterad den 3 september 2021, se bilaga 5.

## 5.2.2. Provtagningsomgång 2b

Provtagning utfördes den 29 juni 2021. För provpunkt 21SA09 på de nivåer där max-halt tidigare inte uppnått åtgärdskravet togs fyra nya prov i närheten av tidigare provpunkt, se Figur 15.



Figur 15 Karta över provpunkter vid provtagningsomgång 2B samt den tidigare provpunkten 21SA09.

Resultatet från provtagningen visar att åtgärdskravet för maxhalten (medelvärde av fyra prover) uppfylls för båda nivåerna, se Tabell 12. Vid beräkning av medelvärde för delområde B så uppfylls också åtgärdskravet med avseende på PAH-L på nivån -5,5(-7,0) m u my, se Tabell 13.

Tabell 12 Resultat från provtagningsomgång 2b vid provpunkt 21SA09. Grön siffra innebär att åtgärdskravet för max-halt är uppfyllt. Enhet mg/kg TS.

RH 2000 m u my	PAH-L Krav	PAH-L 21SA09	PAH-M Krav	PAH-M 21SA09	PAH-H Krav	PAH-H 21SA09	Kommentar
-4,5(-5,5)	225	25,6	120	Uppfyllt tidigare	50	Uppfyllt tidigare	Medelvärde av fyra analyser
-5,5(-7,0)	375	12,9	200	8,1	88	3,7	Medelvärde av fyra analyser

Tabell 13 Beräknad medelhalt av PAH-L efter provtagningsomgång 2b för delområde B. Grön siffra innebär att åtgärdskravet för max-halt är uppfyllt. Enhet mg/kg TS.

RH 2000 m u my	PAH-L Krav	PAH-L Delområde B	Kommentar
-5,5-(-7,0)	150	4,0	Medelhalt beräknad utifrån uppmätt halt i provtagningsomgång 2 vid 21SA09 (=12.9 mg PAH-L /kg TS) tillsammans med tidigare uppmätta halter i provtagningsomgång 1 för övriga provpunkter inom delområde B.

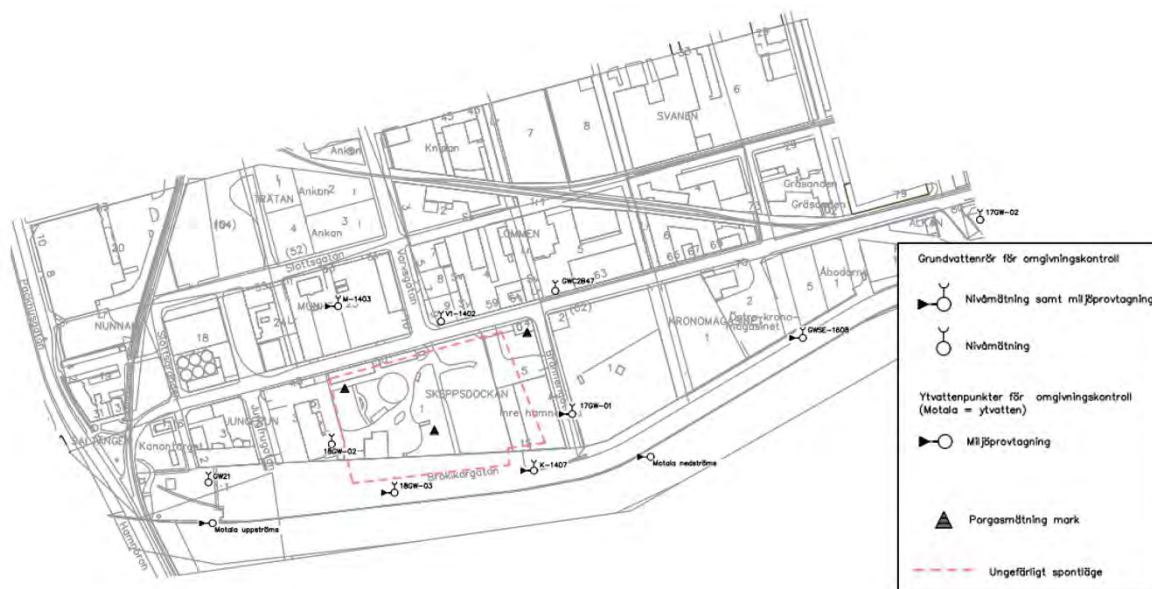
Resultatet från provtagningen finns sammanställt i fältrapporten daterad den 3 september 2021, se bilaga 5.

### 5.3. Bedömning efter provtagningsomgång 1 och 2

Efter förlängd termisk behandling i områden med förhöjda resthalter bedöms samtliga åtgärds mål, enligt Tabell 2, vara uppfyllda för den termiska behandlingen.

## 6. OMGIVNINGSKONTROLL

Omgivningskontroll under genomförandet av den termiska behandlingen har utförts genom miljöprovtagning och nivåmätning av yt- och grundvatten samt porgasmätning. Provpunkterna är placerade både inom och utanför arbetsområdet, se Figur 16.



Figur 16 Provtagningsplatserna för omgivningskontrollen. Kartan hämtad från kontrollprogrammet. Svarta trianglar visar var porgasmätningarna i mark ägt rum. För större kartbild se bilaga 6.

I denna redovisning redovisas enbart resultatet av omgivningskontrollen för porgasmätningarna och mätningar av utomhusluft, innan och under genomförandet eftersom den har en tydlig koppling till den termiska behandlingen. Resultat från övrig omgivningskontroll fram till augusti 2020 redovisas i rapporten av miljökontrollen för schakt av gasverkstomten (Structor Miljö Öst / Lektus, 2021). Omgivningskontrollen av bl.a. yt- och grundvatten i Inre Hamnen har fortsatt även efter augusti 2020 och kommer att redovisas i samband med slutredovisningen av delområde Kaj.

## 6.1. Porgasmätning

För kontroll av porgas utanför det termiska behandlingsområdet installerades två kontrollbrunnar, E2 och H2, ca 10 - 20 meter utanför området. Porgas har provtagits vid 13 tillfällen i de två brunnarna. Samtliga BTEX-värden har varit under laboratoriets detektionsgräns utom för toluen som vid ett mättillfälle uppmätts till 0,00618 mg/m<sup>3</sup>, vilket är betydligt lägre än Naturvårdsverkets RfC-värde som är på 0,26 mg/m<sup>3</sup>. För övriga provtagna ämnen har naftalen vid flertal provtagningstillfällen detekterats. Högsta uppmätta värde av naftalen var 0,54 µg/m<sup>3</sup> vilket är lägre än Naturvårdsverkets RfC-värde som för naftalen är på 4 µg/m<sup>3</sup>. En sammanställning av resultatet från utomhusluftmätningarna finns i bilaga 7.

## 6.2. Utomhusluft

Luftmätningar med avseende på flyktiga kolväten, BTEX (passiv provtagare, Radiello) och PAH-16 (pumpad provtagning med XAD2) har utförts innan entreprenadstart, vid ett tillfälle under schaktsaneringen och sen vid tre tillfällen under den termiska behandlingen. Provtagningspunkterna har varit i anslutning till schakten, vid den termiska behandlingen samt en referenspunkt väster om EON:s anläggning.

I resultatet från luftmätningarna har naftalen detekterats innan och under den termiska behandlingen och bensen och toluen under behandlingstiden. Uppmätta halter är dock långt under gränsvärden. En sammanställning av resultatet från utomhusluftmätningarna finns i bilaga 7.

## 6.3. Efterkontrollprogram

Ett efterkontrollprogram, *Uppföljning efter utförd schaktsanering och termiska behandling vid Gasverksområdet* daterat 2021-05-10 och reviderat 2021-06-08 har upprättats och ersatt det tidigare miljökontrollprogrammet.

Syftet med efterkontrollen efter utförd schaktsanering är följande:

- att kontrollera grundvattnets kvalitet och dess återhämtning
- att kontrollera markens porluft efter den termiska behandlingen
- att kontrollera förutsättningarna för biokolets skyddsvärde.

Efterkontrollen påbörjades hösten 2021 och pågår under 2022. Därefter görs en utvärdering för bedömning om och på vilket sätt miljökontrollen ska fortsätta.

## 7. AVVIKELSER

Några avvikelser som skulle kunna gett upphov till betydande miljö- eller hälsorisker har inte uppkommit. Händelser som inträffat under genomförandeskedet har rapporterats till Länsstyrelsen. Detta har gjorts antingen på telefon, på möten eller via de månads- och kvartalsrapporter som skickats in till Länsstyrelsen.

## 8. FÖRORENINGSSITUATION EFTER GENOMFÖRD ÅTGÄRD

För den termiska behandlingen fanns särskilda åtgärds mål framtagna för bensen och PAH i jorden för olika djup. Åtgärds målen omfattade både maxvärden och medelhalter av föroreningarna.

Slutsatsen för delområdet termisk behandling är att saneringsåtgärden uppfyller uppställda åtgärds mål och att inga restriktioner bedöms behövas för den framtida markanvändningen.

Som ytterligare en skyddsåtgärd har återfyllnadsmassorna ovanför där den termiska behandlingen utförts, förstärkts med biokol, se Figur 17. Biokol används för att minska eventuell spridning av föroreningarna. Kolet ska fungera som en barriär och medför ökad fastläggning, fördröjning och möjliggör nedbrytning av föroreningarna. Ett 10 cm tjockt lager av biokol har lagts ut på nivån  $-0,1$  meter till  $\pm 0$  meter, dvs precis under grundvattenytan. Utförd modellering visar att detta är bästa sättet att lägga ut biokol för att förhindra spridning av föroreningar i gasform till byggnader se bilaga 8.



Figur 17 Utläggning av biokol ovanför ytor där den termiska behandlingen utförts.

## 9. MODELLERING AV MARKFÖRORENINGAR

Även om åtgärds mål uppnåtts så finns det efter saneringen små mängder av föroreningar kvar på djupet. En modellering har utförts för att se vilka risker som finns med de kvarvarande halterna i marken av bensen och naftalen, dels för föroreningsspridningen till inomhusluften i de byggnader som ska uppföras på platsen, dels för föroreningsspridningen till Motala ström.

Transportmodellen Ecolego har anpassats till att simulera rörelsen av föroreningarna bensen och naftalen över tid och utifrån olika scenarier, både utifrån förväntat händelseförlopp och utifrån andra identifierade händelser som skulle kunna ge en ökad risk t.ex. ökad nedbrytning eller att befintliga barriär försämras. Utöver ovanstående gav också modellen vägledning inför beslut om hur biokolen skulle placeras i återfyllningen, se kap 8.

Utifrån det förväntade scenariot så visar modellen att den högsta mängden och därmed också de högsta halterna i inomhusluften inträffar om 25 år för bensen och 70 år för naftalen. Maximum är då för bensen ca 1/840 000:de del av det acceptabla värdet och för naftalen ca 1/40 000 000:de del av det acceptabla värdet, se Tabell 14.

**Tabell 14 Högsta mängden av bensen och naftalen i inomhusluften, som utifrån modelleringen kan inträffa i framtiden**

Ämne	Acceptabel mängd <sup>1)</sup> mg/dag	Max mängd enligt modellering mg/dag	Kommentar
Bensen	4,9	0,00000584	Maximum inträffar om 25 år och är ca 1/840 000:de del av acceptabla mängden.
Naftalen	8,7	0,000000214	Maximum inträffar om ca 70 år och är ca 1/40 000 000:de del av den acceptabla mängden.

1) Acceptabel mängd utgår från den kritiska tillåtna koncentrationen i inomhusluften ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) av bensen och naftalen baserat på värden från huvudstudien (Sweco, 2017).

Vidare visar modellen att den högsta föroreningsmängden och därmed också de högsta halterna till Motala Ström (via grundvattnet) vid det förväntade scenariot inträffar om ca 100 år för bensen och ca 1 000 år för naftalen. Maximum är då för bensen ca 1/11 000:de del av det acceptabla värdet och för naftalen 1/18 000:de del av det acceptabla värdet, se Tabell 15.

Tabell 15. Högsta mängden av bensen och naftalen i grundvattnet, som utifrån modelleringen kan inträffa i framtiden

Ämne	Acceptabel mängd <sup>1)</sup> mg/dag	Max mängd enligt modellering mg/dag	Kommentar
Bensen	850 000	75,8	Maximum inträffar om 100 år och är ca 1/11 000:de del av den acceptabla mängden.
Naftalen	170 000	9,4	Maximum inträffar om ca 1 000 år och är ca 1/18 000:de del av den acceptabla mängden.

1) Acceptabel mängd utgår från den kritiska tillåtna koncentrationen i grundvatten (mg/l) av bensen och naftalen baserat på värden från huvudstudien (Sweco, 2017).

Modellering utfördes också utifrån ett antal andra scenarier där vi identifierat olika typer av händelser som skulle kunna inträffa på platsen och som skulle kunna innebära en ökad risk. Inga av dessa scenarier visade på något maximum som översteg de acceptabla värdena.

Modelleringen visar att halterna i luft och i grundvatten är långt under de värden som kan innebära någon risk både vid det förväntade scenariot och vid alla de förutsägbara händelser/omständigheter som identifierats både idag och i framtiden.

De olika parametrarna som använts vid modelleringen och de olika scenarierna beskrivs i en modelleringsrapporten, se bilaga 8.

## REFERENSER

Havs- och vattenmyndigheten. (2013). *Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten. Uppdaterad 2017-01-01.*

Kemakta, S. (2015). *Riskbedömning Inre hamnen Norrköping.*

Lektus. (2021). *Fältrapport avseende kontroll av resthalter Termiska behandling. Inre Hamnen, Norrköping.*

Naturvårdsverket. (2010). *Återvinning av avfall i anläggningsarbeten 2010:1.*

Norrköpings kommun. (2018). *Anmälan om avhjälpandeåtgärd, F d gasverksområde i Inre Hamnen.*

Norrköpings kommun. (2022). *Markrening med värme - interaktiv applikation.* Hämtat från [wsdata.norrkoping.se/3dvista/saneringgasverket/](https://wsdata.norrkoping.se/3dvista/saneringgasverket/)

Structor Miljö Öst / Lektus. (2021). *Redovisning av miljökontrollen för schakt av gasverkstomten, Inre hamnen Norrköping.*

Sweco. (2016). *Utvärdering av föroreningshalter i jord och grundvatten, riskbedömning och bedömt åtgärdsbehov inom området Kolkajen i Inre hamnen.*

Sweco. (2017). *Reviderad huvudstudierapport omfattande gasverksområdet (fastigheterna.*