

PM

Åtgärdsutredning för panncentralen (hus 33) och intilliggande skorsten på Lövholmen 12

Stockholms stad

Skanska Sverige AB



Upprättad av:

Viken

Birgitta Sjödell

073- 067 07 88

birgitta@vikenmiljo.se

WSP

Torvald Bergström

070-280 20 40

torvald.bergstrom@wsp.com

Tyréns

Hossam Hedini

070-628 85 37

Hossam.Hedini@tyrens.se

Uppdragsledare:

Tobias Sjöstrand

070- 564 98 38

tobias@vikenmiljo.se

Datum: 2022-03-16

Rev 1: 2022-03-23

Rev 2: 2023-08-15

Sammanfattning

Detta dokument redovisar en åtgärdsutredning avseende den så kallade panncentralen och den intilliggande skorstenen, belägen på fastigheten Lövholmen 12 i Liljeholmen, Stockholm.

Åtgärdsutredningen behandlar tänkbara åtgärder avseende påvisad:

- oljeförorening i form av avfallsolja som fri fas på flertal ställen i byggnadens källardel,
- oljeförorening i mark och grundvatten under och kring den djupare källarens byggnadskropp,
- metallföroreningar i marklager kring byggnaden,
- dioxin-, PCB-, och metallförorening i skorsten,
- skorstenens bristfälliga fysiska skick.

Inom fastigheten Lövholmen 12, som är en del av Beckers gamla färgfabrik, utförs marksaneringsarbeten sedan början av oktober 2019. Saneringsarbetena utförs som ett led i en omställning från tidigare industrimark till en ny stadsdel med bostäder, kontor, centrumverksamheter och förskolor. Inom fastigheten finns fortfarande ett antal byggnader kvar som på olika sätt har använts i den historiska verksamheten. Den så kallade panncentralen (även benämnt hus 33) är en av de byggnader där miljötekniska undersökningar har genomförts stegvis under perioden 2014–2021.

Utförda undersökningar av hus 33 har påvisat en tydlig föroreningssituation kring främst panncentralens källardel. Resultaten från undersökningarna visar att det förekommer en oljeliknande blandning i fri fas med varierande sammansättning i jord och grundvatten under byggnaden och i direkt anslutning till byggnadens källarväggar. Denna oljeprodukt har bedömts utgöra en blandning av restprodukter från färgproduktionen som historiskt har förbränts i en avfallspanna i pannhuset. Oljeprodukt förekommer även som fri fas inträngande via sprickor i byggnadens djupare liggande betongväggar och golv samt i form av en större volym inuti en uppsamlingsbrunn i källarvåningen. Därutöver har saneringsbehov av marklagren bedömts föreligga med avseende på metaller, PAH och PCB kring huskroppen samt behov av sanering och renovering av skorstenen både ut och invändigt.

Denna åtgärdsutredning är framtagen genom ett samarbete mellan Viken, WSP och Tyréns med stöd av Skanska för underlag till kostnadskalkyler. Syftet har varit att utreda alternativa riskreducerande åtgärder för hus 33 och den intilliggande skorstenen med hänsyn till riskreduktion för människors hälsa och miljö.

I utvärderingen av presenterade åtgärdsförslag har problemreduktionen jämförts i relation med kostnad, tidsåtgång och osäkerheter. En viktig aspekt i utvärderingen av alternativen har varit vilken trygghet de olika alternativen ger i ett långsiktigt perspektiv. När stora investeringar görs för att åtgärda problembilden på området är det viktigt att osäkerheterna är så pass små att problembilden inte bara reduceras tillfälligt utan även i ett långsiktigt perspektiv. Om området ska kunna nyttjas för framtida verksamheter som en del i ett nytt bostadsområde måste åtgärderna resultera i en

riskreducering som är bestående. Det bästa sättet att uppnå det i ett förorenat område är att eliminera källan till föroreningen.

I utvärderingen har åtgärdsförslag 5 framkommit som det mest gynnsamma alternativet för att uppnå en god riskreduktion på kort tid som är långsiktigt hållbar. Osäkerheterna vid utförande enligt åtgärdsalternativ 5 är så pass små att förslaget öppnar upp för flertalet möjligheter vad gäller nyttjande av området framöver. Åtgärdsalternativ 5 innebär hantering av skorsten och föroreningarna i och kring hus 33 i form av:

Rivning av både skorsten och hela hus 33. Schaktsanering av all mark som blir tillgänglig under byggnad samt i anslutning till skorsten och innehåller halter över åtgärds målet. Förorenat grund- och markvatten som blir tillgängligt åtgärdas.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	6
1.1	Syfte	7
1.2	Avgränsningar	7
2.	Bakgrund	7
2.1	Omgivningsbeskrivning	7
2.2	Historik	8
2.3	Planerad markanvändning	9
2.4	Skyddsobjekt	9
2.5	Geologiska och hydrologiska förhållanden	9
2.6	Föroreningssituation, fysiskt skick och stabilitet - resultat från utförda undersökningar	10
3.	Konceptuell modell	16
4.	Åtgärds mål	19
4.1	Övergripande åtgärds mål	19
4.2	Mätbara åtgärds mål	19
5.	Åtgärdsutredning	20
5.1	Administrativa åtgärder	20
5.2	Tekniska skyddsåtgärder	21
5.3	Långtidsuppföljning och bevakning av naturlig nedbrytning	21
5.4	Inneslutning och avskärmning	21
5.5	Fysisk massreduktion	21
6.	Övervägda åtgärdsalternativ	24
6.1	Sammanfattning av platsspecifika förutsättningar	24
6.2	Presenterade åtgärdsförslag	25
6.3	Nollalternativ	28
6.4	Åtgärdsalternativ 1	31
6.5	Åtgärdsalternativ 2	35
6.6	Åtgärdsförslag 3	43
6.7	Åtgärdsförslag 4	46
6.8	Åtgärdsförslag 5	49
7.	Riskvärdering och rekommendation	51
8.	Slutsats	52
9.	Citerade verk	54



Bilagor

Bilaga 1 – Fotobilaga som illustrerar föroreningar och skorstenens skick

Bilaga 2 – Fotobilaga med ritningar och foton av byggnad och skorsten

1 Inledning

Tidigare industriverksamhet som har bedrivits på fastigheten har medfört föroreningar och oavsett framtida markanvändning (industri/kontor eller bostadsändamål) behöver marken åtgärdas för att säkerställa att ingen risk finns för miljön eller för de människor som bor eller arbetar i området. Inom fastigheten Lövholmen 12 utförs därför marksaneringsarbeten sedan början av oktober 2019. Två separata anmälningar om avhjälpandeåtgärder har lämnats in enligt 28 § förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (1998:899), daterade 2018-09-18 samt 2019-03-21. Efterbehandlingen av marken närmar sig nu sitt slutskede och pågår således i enighet med beslut på inlämnade anmälningar, daterade 2018-11-23 respektive 2019-05-10.

Inom fastigheten finns fortfarande ett antal byggnader kvar som i olika grad använts i den gamla industriverksamheten. Den så kallade panncentralen (hus 33) är en av de byggnader där miljötekniska undersökningar har genomförts stegvis under perioden 2014–2021. Utredningen har bestått av inventering av byggnadsmaterial, provtagning av byggnadsmaterial och inomhusluft i byggnad samt provtagning av mark och grundvatten under och intill byggnaden. Utredningarna som även omfattat den intilliggande skorstenen har utförts i samarbete mellan Viken miljökonsult (Viken), WSP, Tyréns samt av Miljöinvent där de olika företagen har ansvarat för olika delutredningar. Utredningsarbetena har sammanställts i ett gemensamt PM "Miljöteknisk undersökning av byggnaden hus 33 och angränsande mark inom Lövholmen 12" (Viken, 2021). Därutöver har även en övergripande utredning av detaljplaneområdet Lövholmen genomförts av Wescon med syfte att utvärdera områdets lämplighet för planerad markanvändning utifrån kända föroreningar i mark och grundvatten. Resultat från utförda undersökningar av ett flertal konsulter under perioden 2011-2021 har sammanställts och legat till grund för Wescons riskbedömning (Wescon, 2021). På närliggande fastighet, Lövholmen 15, finns ytterligare en skorsten av liknande karaktär som den i aktuell åtgärdsutredning. Skorstenen på Lövholmen 15 har även den ingått i en utredning, utförd av andra konsulter.

Utförda undersökningar av hus 33 har påvisat en tydlig föroreningsituation kring främst panncentralens källardel. Resultaten från undersökningarna visar att det förekommer en oljeliknande blandning i fri fas med varierande sammansättning i grundvattnet under byggnaden och i direkt anslutning till byggnadens källarväggar. Begreppet fri fas innebär att föroreningen förekommer rent i sin ursprungsform (i detta fall ren avfallsolja), och inte bunden till partiklar eller löst i vatten. En förorening i fri fas kan dock förekomma i ett annat medium, precis som i detta fall då oljan ligger i grundvattnet. Oljeprodukt finns även som fri fas, inträngande i sprickor i byggnadens djupare liggande betongväggar och golv samt i form av en större volym i och kring en uppsamlingsbrunn i källarvåningen. Det har därutöver uppmätts förhöjda halter av PAH-M i byggnadens inomhusluft, men orsaken eller källan till detta är ej fastställd. Utöver avfallsoljeförekomsten har saneringsbehov av marklagren bedömts föreligga med avseende på metaller, PAH och PCB kring huskroppen. För exploateringsområdet har platsspecifika riktvärden för jord tagits fram vilka överskrids punktvis under och runt om byggnaden. Vidare krävs även sanering och renovering av skorstenen både ut och

invändigt. Skorstenen har stått oanvänd och kall sedan en längre tid tillbaka, och har synliga skador i den översta tredjedelen av höjden. Dessa skador har uppkommit p g a kondens, regn, frostsprängning samt nedfallande tegelflis. Invändiga fysiska skador har ej kunnat undersökas p g a det trånga utrymmet, höjden och invändiga plåtkanaler. I skorstenens rökgaskanaler och även på invändiga tegelytor finns rester från brända kemikalier i form av dioxiner, PCB och metaller. Utifrån dessa förutsättningar har beslut om genomförande av denna åtgärdsutredning fattats.

1.1 Syfte

Denna åtgärdsutredning är framtagen genom ett samarbete mellan Viken, WSP och Tyréns. Skanska har varit behjälpliga vid framtagning av kostnads kalkyler. Utredningen är tänkt att utgöra ett underlag för Stockholms Stad, som inom ramen för pågående detaljplanearbete, ska fatta ett väl underbyggt beslut avseende vilka byggnader som är lämpliga att bevara i området. Utredningen kan även utgöra del av beslutsunderlag vid rivningslovsprövning. Det konkreta syftet med utredningen har varit att presentera alternativa efterbehandlingsåtgärder för hus 33 och den intilliggande skorstenen med hänsyn till riskreduktion för människors hälsa och miljö. De olika åtgärdsalternativen har jämförts med varandra med hänsyn till miljö- och hälsonyttan i relation till osäkerheter, riskfyllda arbetsmoment och tids- och kostnadsuppskattningar. Inom ramen för arbetet har även en rekommendation lämnats för det alternativ som bedöms mest lämpligt.

1.2 Avgränsningar

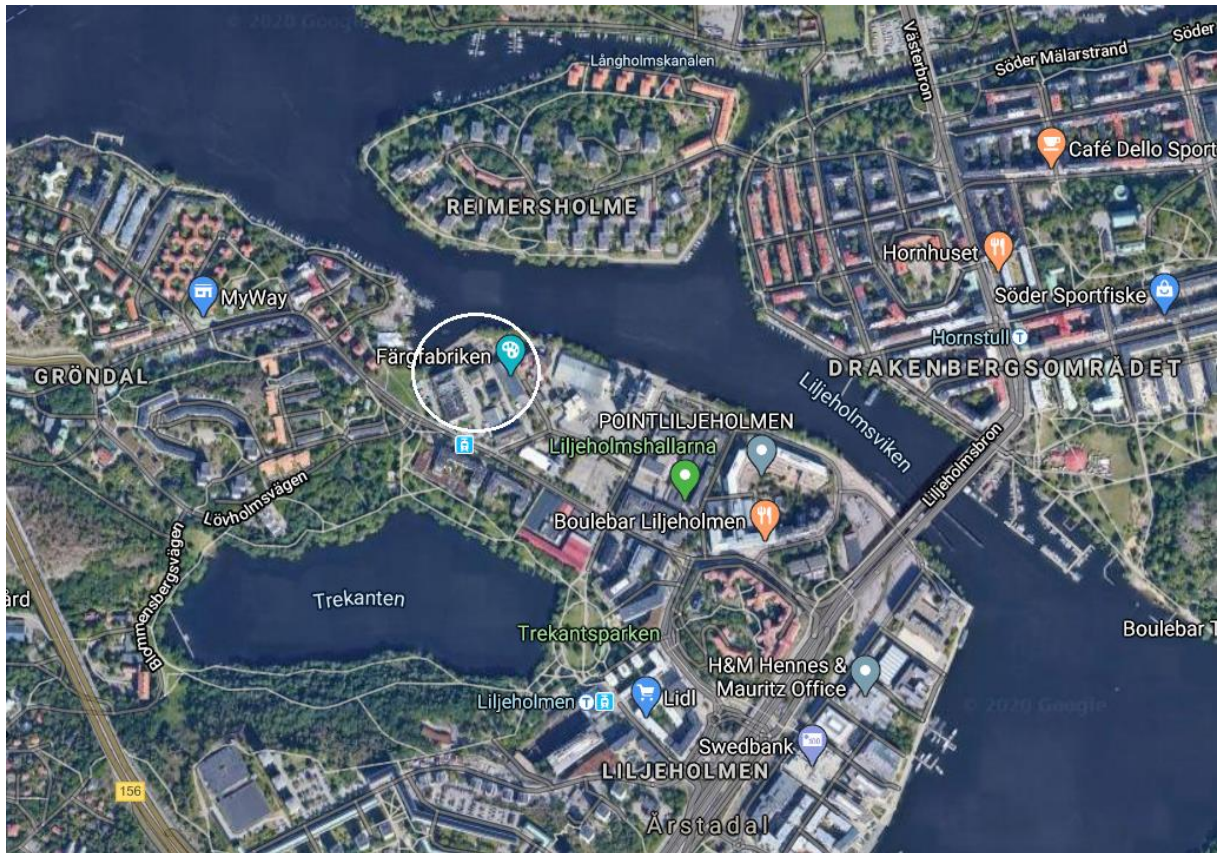
Denna utredning har avgränsats geografiskt till byggnaden panncentralen (hus 33) inklusive skorstenen samt omgivande mark och grundvatten. Åtgärdsutredningen har utförts med avseende på hälsa, miljö, tekniska aspekter samt kostnader. Övriga infallsvinklar har inte beaktats.

2 Bakgrund

I detta avsnitt beskrivs väsentlig bakgrundsinformation så som områdets historik, geografi, geologi och hydrologi. Även skyddsobjekten för området presenteras. Därutöver redogörs för föroreningsbilden i, under och kring panncentralen samt den intilliggande skorstenens fysiska tillstånd.

2.1 Omgivningsbeskrivning

Fastigheten Lövholmen 12 ligger i stadsdelen Liljeholmen, Stockholm Stad, se figur 1. Området består idag av ett inhägnat arbetsområde med till största delen sanerade och återfyllda markytor. På tomten finns även ett flertal byggnader från den industriverksamma tiden, däribland hus 33 som denna åtgärdsutredning omfattar. Fastighetens totala area är cirka 23 000 m² och den omgärdas av Liljeholmsviken i norr, mindre grönområde i väster, kontors- och industrifastighet i öster samt Lövholmsvägen med både biltrafik och tvärbana i söder.



FIGUR 1. FLYGFOTO MED DET AKTUELLA OMRÅDET MARKERAT (GOOGLE MAPS 2021).

2.2 Historik

Hus 33 med tillhörande skorsten uppfördes under kriget år 1945 och består av en djupare källardel som ligger i utsprängt berg och utgör ca 60 m² samt en övre källare/souterrängplan och ytterligare två våningsplan, med exteriöra mått 30x19 m. Byggnaden har en stomme av armerade betongbjälklag och väggar. Huset har genomgått flera ombyggnader. Skorstenen med höjd 37 m är byggd av radialtegel. Huset 33 med tillhörande skorsten utgör det som under fabriken verksamhetsperiod benämns panncentralen. För en illustrativ beskrivning hänvisas till Bilaga 3 där några ritningar och foton av byggnad och skorsten från ett par tidsperioder redovisas. Bakgrunden till uppförandet av panncentralen var ett ökat energibehov som uppstod i samband med byggnation av den nya fabriken för nitrolack (hus 27). Nitrolackfabriken slukade stora mängder energi samtidigt som de övriga lokalerna hade bristfälliga eller gamla värmesystem. Själva hjärtat i panncentralen var ångpannor som sedan flera decennier är borttagna. De kunde leverera stora mängder värme till hela området. Det var fler pannor som från början var kokseldade, men konverterades till oljedrift tidigt på 1950-talet. När denna modifiering utfördes tillkom det cisternhus som utgör norra delen av byggnaden mot skorstenen. Enligt WSPs utredning (WSP, 2021) skedde även förbränning av flytande avfall i en specifik panna. Avfallet hade genererats inom området och sågs som högvärdigt bränsle (lacker, akrylatfärger, lösningsmedel m.m.). Vid analys av funnen avfallsolja framkommer det att det

inte är en eldningsolja utan utgör en blandning av olika tunga kolväten som hartser, lacknaftor mm. vilket medför att det bedöms vara en avfallsolja (WSP, 2021).

2.3 Planerad markanvändning

Fastigheten Lövholmen 12 ingår i planeringen för en ny stadsdel med totalt omkring 1800 bostäder. Den tänkta markanvändningen inom Lövholmen 12 är således kvartersmark med bostäder och kontor men även verksamheter, service, förskolor, parker och torg planeras inom den nya stadsdelen. Detaljplanen är ännu inte fastlagd. Ett antal av de gamla industribyggnaderna kommer att vara kvar (bland andra den så kallade "Smedjan" inom Lövholmen 12 samt "Färgfabriken" på fastigheten Lövholmen 16).

2.4 Skyddsobjekt

De skyddsobjekt som beaktas med utgångspunkt av den planerade markanvändningen omfattar skydd av människa, miljö och naturresurser. Vad gäller skydd av människa skall samtliga människor som dagligen vistas i området skyddas med avseende på hälsorisker och olycksrisker. Hälsorisker avser både kortsiktiga och långsiktiga risker kopplade till föroreningsbilden, medan olycksrisker avser plötsliga händelser och/eller olyckor. Skyddsobjektet innefattar boende i form av barn och vuxna samt personer som arbetar eller går i skolan i området (inklusive byggnaderna) samt alla människor som någon gång befinner sig i området eller i närheten av skorstenen. De skyddsobjekt som kopplas till miljö är "skydd av markekosystemet inom projektområdet" samt "akvatiska ekosystem i närliggande ytvattenrecipienter", i detta fall Riddarfjärden som Liljeholmsviken är en del av. Skyddet av markekosystemet syftar till att upprätthålla ett välfungerande markekosystem som förmår att utföra de ekologiska funktioner som kan förväntas med hänsyn till områdets historia och planerad markanvändning. Skyddet av akvatiska ekosystem innefattar att närliggande ytvattenrecipienter inte ska bli negativt påverkade av föroreningssituationen i området. Skyddsobjektet avseende naturresurser omfattar skydd av grundvatten och ytvatten i syfte att hindra en ökad spridning av föroreningar till grundvatten samt hindra en ökad belastning på Riddarfjärden. Delar av Mälaren figurerar som dricksvattentäkt och recipienten Riddarfjärden skall därför skyddas så att vattenkvaliteten inte riskerar att försämrats. Något skyddsvärde för grundvatten som dricksvattenresurs bedöms dock inte föreligga. Detta stöds även i Wescons riskbedömning avseende detaljplaneområdets lämplighet för planerad markanvändning. Där grundas resonemanget på att dricksvattenresursen är oanvändbar av flera skäl, däribland att uttagsmöjligheterna är små, det finns risk för negativ påverkan från saltade vägar i området samt för spridning av bakterier till grundvatten från spillvattenledningar i området och slutligen att fyllnadsmassor i kajområdet riskerar att ytvatten sköljer in och då tar med sig alger och bakterier (Wescon, 2021).

2.5 Geologiska och hydrologiska förhållanden

Jordmassor i området utgörs idag i huvudsak av fyllnadsmassor. Inom stora delar av fastigheten är det urharpade stenar (utsorterade från tidigare fyllnadsmaterial) tillsammans med inköpta massor som har återfyllts efter färdigställd schaktsanering. I norra delen av fastigheten har fyllnadsmassorna

en mäktighet på cirka 2 meter. Schaktsanering i norra delen av området har generellt gjorts ner till grundvattenytan, på cirka +0,8-0,9 meter över havet (m.ö.h), eller grundare vid förekomst av bergövertyta. I fastighetens centrala och södra del har schaktsanering utförts till varierande djup beroende på föroreningsituationen. Det nya fyllnadsmaterialet utgörs därmed av varierande mäktighet, vanligen omkring 0–3 meter, och underlagras av berg, naturlig lera eller gamla fyllnadsmassor.

Grundvattennivån är högst i de södra delarna av fastigheten och ligger där cirka 1,4 m.ö.h. Grundvattennivån sjunker mot områdets norra del (mot kajen och Liljeholmsviken) och ligger där i enlighet med vad som nämnts ovan omkring 0,8–0,9 m.ö.h. I de norra delarna innanför kajen samvarierar grundvattnet i hög grad med nivåvariationerna i Liljeholmsviken.

Uppgifter om grundvattenmagasin saknas för aktuellt område i SGU:s grundvattenkarta. Enligt Wescons grundvattenutredning utförd inom ramen för riskbedömningen avseende Lövholmen bedöms det inte finnas något sammanhängande grundvattenmagasin inom området med avseende på det ytligt förekommande berget, närheten till sjön och stora mängden fyllnadsmassor. Grundvattnet har främst påträffats i moränen under leran. Enligt Wescon utgörs detta vatten troligen av främst infiltrerande regnvatten som rinner av längs bergytter (Wescon, 2021).

Enligt VISS (2021) avvattnas området till Mälaren/Riddarfjärden som Liljeholmsviken är en del av. Viss grundvattenströmning kan även ske till sjön Trekanten strax söder om projektområdet, men även där sker avrinningen ut till Riddarfjärden. Totala ytan för Riddarfjärdens tillrinningsområde är 111 ha (Wescon, 2021), vilket kan jämföras med detaljplaneområdets totala yta på 7,2 ha och ytan för Lövholmen 12 vilken omfattar ca 2,3 ha.

2.6 Föroreningsituation, fysiskt skick och stabilitet - resultat från utförda undersökningar

I detta avsnitt beskrivs kända föroreningar utifrån flertalet undersökningar som Sandström, Viken, Tyréns, WSP och Wescon har genomfört under perioden 2014–2021. Sandström har genomfört provtagning för förklassificering inför det pågående saneringsarbetet (Sandström, 2014). Viken har utfört miljötekniska undersökningar av mark och grundvatten. Tyréns har undersökt skorstenens fysiska skick samt skorstenens och byggnadens stabilitet medan WSP har stått för undersökningar av skorstenens invändiga skick samt den synliga oljan i pannrummet. Wescon har haft en annan infallsvinkel och mer övergripande utrett föroreningsituationen i grundvatten i hela området med Lövholmen 12 inklusive angränsande fastigheter. Inför de pågående saneringsinsatserna inom Lövholmen 12 har plats specifika riktvärden (PSRV) för jord upprättats för tre olika marktyper inom projektområdet;

- A mark under byggnad (PSRV A)
- B gårds- och parkområden (PSRV B)
- C mark under grundvattenyta (PSRV C)

I de fall de har varit appliceringsbara har uppmätta halter jämförts med dessa. Det skall dock nämnas att jordmassor ovan grundvattenytan inom Lövholmen 12 saneras till målbilden att avlägsna samtlig jord med halter över Naturvårdsverkets generella riktvärden för markanvändningsscenario "känslig markanvändning" (KM), vilket är ett hårdare krav än de plats specifika riktvärden.

2.6.1 Uppsamlingsbrunn och väggar med olja i fri fas

I pannrummet belägen i byggnadens djupare källardel förekommer en uppsamlingsbrunn fylld med en trögflytande avfallsolja i fri fas, d.v.s. inte löst i vatten utan i form av ren olja (se detaljerad förklaring i avsnitt 1). Brunnen nås via en manlucka placerad på en avsats i källarutrymmet. Från oljans yta till brunnens botten bedömdes det vid första platsbesöket (våren 2021) vara ca. 30–50 cm. Brunnen är uppbyggd med cementringar (figur 2) vilket medför tillrinning från omkringliggande material. Brunns botten är öppen och består av grus och fyllnadsmassor (WSP, 2021).



Figur 2. Uppsamlingsbrunn, på upphöjd del i den djupare källaren, med inflödade avfallsolja (foto från februari 2022).

Oljeskiktets mäktighet kan troligen variera över tid. Åtgärder för att avlägsna olja har gjorts sommaren 2021 genom att suga upp oljan med sugbil. Vid det tillfället sögs ca. 6 m³ olja och oljeskadat vatten ur brunnen vilket bedömdes vara väsentligt mer än volymen i brunnen initialt, men tillrinningen av ytterligare olja och vatten var god. Brunnen bedöms utifrån detta kommunicera med omgivande mark. Vartefter pumpningen pågick upplevdes dock att andelen olja i vattnet minskade. Vid ett platsbesök ett par månader efter utsugningen (november 2021) konstaterades oljan i brunnen ha en mäktighet om ca. 25 cm och då helt bestå av oljeprodukt i fri fas utan en underliggande vattenfas. Vid ytterligare ett platsbesök (februari 2022) uppmättes ca 40 cm ren olja i uppsamlingsbrunnen, även denna gång utan underliggande vattenfas. Kompletterande

undersökningar i form av två kärnprover på var sin sida av manhålsluckan visade på ytligt grus under betongen vilket tyder på utfyllnad. Vidare så har WSP i pannrummet noterat förekomst av vad som bedöms vara en avfallsolja rinnandes eller s.k. "blödande" från sprickor i betongväggen. Detta noterades vid fyra platser där väggen vid alla platser var täckt med plywoodskivor (figur 3). WSP redovisar (WSP, 2021) att den framträngande avfallsolja som noterats i sprickor i betongväggarna indikerar att betongväggarna är mättade med olja. Vid det senaste platsbesöket i februari 2022 noterades "färsk" olja som inte hunnit torka och därför måste ha trängt in relativt nyligen. Inträngningen av oljan genom väggar tycks således vara en pågående process. Oljeföroreningen på väggar och i uppsamlingsbrunnen illustreras med ytterligare foton i Bilaga 2.



Figur 3. Inträngande avfallsolja (i fri fas) genom sprickor i pannrummet (djupare källardelen), februari 2022. (WSP 2021)

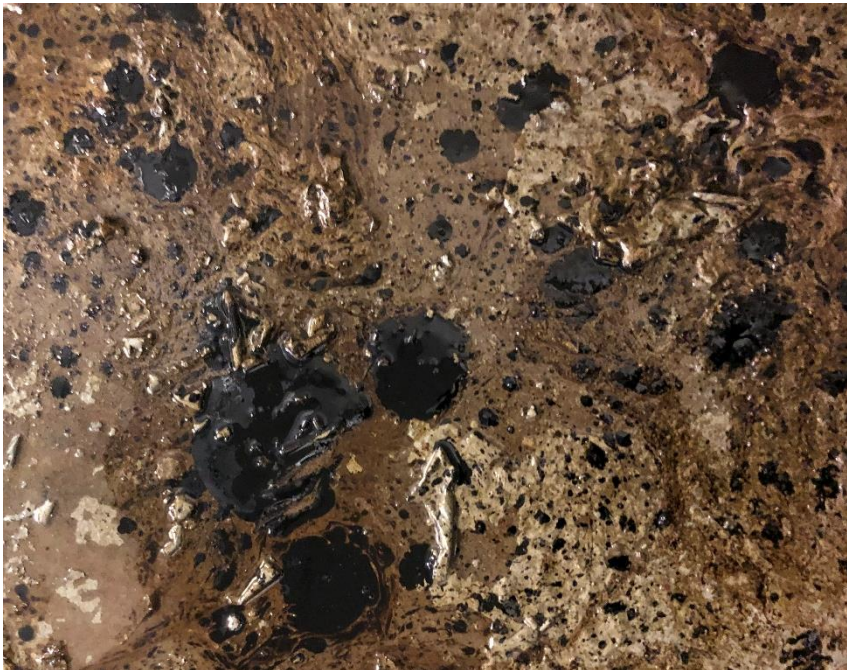
Avfallsoljan i brunnen och på väggarna har provtagits, analyserats och jämförts genom kromatografi vilket indikerat på att det är samma typ av avfallsolja från alla fyra olika väggar, samt i samlingsbrunnen. Analysresultaten visar att det är någon form av avfallsolja som troligen innehåller en blandning av flytande brandfarligt avfall och eldningsolja som har genererats från den tidigare färgproduktionen. Oljan upplevs relativt luktfri, men "kletig" och inte viskös som eldningsolja.

2.6.2 Förorenad jord under och intill byggnad

Provtagning under och kring byggnaden har i 3 av 5 provpunkter visat på oljekletiga sten och jordmassor, vilka redovisas med foton i Bilaga 2. Utöver de oljekletiga sten- och jordmassorna visar resultaten förekomst av PCB vars halter ligger över Naturvårdsverkets generella riktvärde för mindre känslig markanvändning (MKM) men under de platsspecifika riktvärden för mark under byggnad. Övriga föroreningsämnen uppmättes i förhållandevis låga föroreningshalter (Viken, 2021). I provtagningspunkter i direkt anslutning till byggnaden påvisades halter av alifatiska- och aromatiska kolväten och bly över de platsspecifika riktvärdena för jord under grundvattenyta på ett djup på mellan 1–2 meter under markytan. Dessa angränsande prover tillsammans med iakttagelser om det oljekletiga stenmaterialet indikerar att föroreningshalter över de platsspecifika riktvärdena (mark under byggnad) sannolikt förekommer under och kring en stor del av byggnadens källarplan. Utöver det förekommer även ett flertal metaller i mark runtomkring byggnaden i halter mellan >KM- <MKM.

2.6.3 Grundvatten med olja i fri fas

Provtagningar och utredningar av Viken (2020-2021) har påvisat förekomst av olja i fri fas i grundvattnet kring byggnadens djupare källardel. De utförda undersökningarna visar att det finns en oljeförening i fri fas ansamlad i jord och grundvatten i utrymmet som sprängts ur berget för grundläggning av huset. Hur spridning av den påvisade oljeförekomsten ser ut är ej klarlagt. Sannolikt sker en viss spridning kontinuerligt via sprickor i det omkringliggande berget och via VA-ledningsstråk. Oljan är svart/mörkt brun, trögflytande och förekommer som "klumpar" i grundvattnet, se figur 4 samt foton i Bilaga 2. Oljan som har påträffats söder om den djupaste källardelen har en stark lukt liknande lösningsmedel. Vid provtagningen spreds lukten i rummet.



Figur 4. Grundvatten med olja i fri fas, juli 2021 (Viken, 2021).

Utförda grundvattenanalyser har påvisat förekomst av alifater, aromater och PAH:er i halter över både Svenska Petroleum och Biodrivmedel Institutets branschspecifika riktvärden för grundvatten (SPBI) samt Wescons platsspecifika riktvärden för ytligt grundvatten avseende risk för ånginträngning i byggnad, se tabell 1 för mer detaljerad redovisning (Viken, 2021). Det bör poängteras att laboratorieanalyserna alltid utfördes på vattenfasen i proverna, men att ett flertal grundvattenprover samtidigt var övermättade med olja. Vidare indikerar utförda laboratorieanalyser på oljan, söder om den djupaste källardelen, att denna olja troligen inte utgörs av samma typ som avfallsoljan i uppsamlingsbrunnen och på väggarna i pannrummet.

TABELL 1. ANALYSRESULTAT FRÅN UTFÖRDA GRUNDVATTENANALYSER OCH JÄMFÖRELSE MED SPBI:S RIKTVÄRDEN SAMT WESCONS PLATSSPECIFIKA RIKTVÄRDEN AVSEENDE RISK FÖR ÅNGINTRÄNGNING I BYGGNAD. HALTER SOM ÖVERSKRIDER JÄMFÖRELSEVÄRDEN ÄR FÄRGMARKERADE.

Laboratoriets provnummer		177-2020-10100251	177-2020-12170626	177-2020-12170627	177-2021-07070150	177-2021-07070151	177-2021-09010537				
Provtagningsdatum		2020-10-08	2020-12-15	2020-12-15	2021-07-05	2021-07-05	2021-08-31				
Provbeteckning		Hus 33 A	20VM2	20VM3	Hus 33 källarvägg	Hus 33 D	Hus 33 D				
Parameter	Riktvärden SPBI		PSRV Wescon		Enhet						
	Exponeringsvägar		Grundvatten beläget								
	Ångor i byggnader	Miljörisker Ytvatten	...1 m från grundläggning	...2 m från grundläggning							
Utspädningsfaktor	1/5000	1/100									
Alifater >C5-C8	3	0,3	0,5	0,55	mg/l	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	-
Alifater >C8-C10	0,1	0,15	0,02	0,025	mg/l	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,10
Alifater >C10-C12	0,025	0,3	0,015	0,02	mg/l	0,12	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,10
Alifater >C12-C16	.. ⁽²⁾	3	0,03	0,04	mg/l	0,71	0,036	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,23
Alifater >C16-C35	.. ⁽²⁾	3	-	-	mg/l	1,5	0,65	< 0,050	0,073	0,12	3
Aromater >C8-C10	0,8	0,5	1	1,4	mg/l	0,016	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,25
Aromater >C10-C16	10	0,12	9	9	mg/l	0,5	0,023	< 0,010	0,021	0,038	< 0,25
Aromater >C16-C35	25	0,005	1,5	1,5	mg/l	< 0,025	0,023	< 0,0050	< 0,0050	0,0082	-
Bensen	0,05	0,5	0,05	0,07	mg/l	0,0011	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	<0,0002
Toluen	7	0,5	-	-	mg/l	0,0031	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	<0,0001
Etylbensen	6	0,5	-	-	mg/l	0,0042	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	<0,0001
Xylener, summa	3	0,5	1,3	1,8	mg/l	0,0088	0,0042	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	<0,0001
PAH-L	2	0,12	-	-	mg/l	0,2	0,00089	0,0086	0,0093	0,0036	0,0021
PAH-M	0,01	0,005	0,009	0,013	mg/l	0,1	0,0071	0,00092	0,0017	0,0025	0,0076
PAH-H	0,3	0,0005	-	-	mg/l	0,0021	< 0,01	< 0,0003	0,0003	0,0051	0,0072

2.6.4 Förhöjda halter av PAH i inomhusluft

Förhöjda halter av PAH-M har kunnat konstaterats genom flertalet luftkvalitetsmätningar i hus 33 utförda av Viken (2020–2021). De PAH:er som har påvisats i förhöjda halter är fenantren och fluoranten, båda tillhörande ämnesgruppen PAH:er med medelhög molekylvikt (PAH-M). Fluoranten har uppmätts i halter som överskrider Naturvårdsverkets ämnesspecifika risknivå i fyra av åtta provtagningar. Halten är högst i pannrummet (djupare källardelen) där fluoranten har uppmätts i en halt av 0,004 µg/m³ vilket är nästan tre gånger högre än den näst högsta halten och kan jämföras med risknivån på 0,00022 µg/m³. Halterna av fenantren överstiger Naturvårdsverkets riksnivå för ämnesgruppen PAH-M i inomhusluft för 7 av 8 provtagningar, men understiger däremot den ämnesspecifika risknivån i de utrymmen som används för kontorsändamål i dagsläget.

Eftersom de uppmätta halterna av fluoranten överstiger den ämnesspecifika risknivån för ämnet även i kontorslokalerna på markplanet kan en eventuell risk för hälsoeffekter inte uteslutas. Det skall dock nämnas att dessa risknivåer (RISK_{inh}) är framtagna under antagandet att en människa exponeras av halten under en hel livstid. Eftersom hus 33 idag används som kontorslokal spenderas en mindre del av de exponerade personernas livstid i luften. Efter korrigeringen att endast en tredjedel av dygnet spenderas i kontorslokalen överskrider dock de uppmätta halterna av fluoranten fortfarande risknivån för ämnet (Viken, 2021). De något förhöjda halterna av PAH-M i inomhusluften i byggnadens olika delar är inte helt oväntade. I stadsmiljöer är det vanligt att PAH-ämnen förekommer i luft i nivå med uppmätta halter. Det kan i nuläget inte fastställas att halterna har ett

samband med oljeföroreningarna i pannrummet. Halterna i inomhusluften riskerar dock att förvärras med tiden så länge föroreningen i marklagren och grundvattnet finns kvar.

2.6.5 Skorstenens konstruktionstekniska skick och stabilitet

Skorstenen är uppbyggd av murad tegelsten och är 37 m hög ovan markyta enligt originalritningarna. Skorstenens konstruktion har undersökts med utgångspunkten att säkerställa dess stabilitet utifrån nuvarande tillstånd och rådande förutsättningar. I Tyréns PM konstateras att skorstenen och hus 33 kan ses som två skilda konstruktioner, där byggnaden inte har någon funktion för skorstenens stabilitet. Enligt Tyréns senaste undersökning (december 2021) finns ingen kontakt mellan byggnaden och skorstenen bortsett från rökgaskanalen. Detta möjliggör att åtgärder för skorsten och byggnad kan hanteras separat.

I utredningen har utvändiga skador på skorstenens tegel observerats på den översta tredjedelen av skorstenshöjden från toppen, ca 12–15 m, vilket bedöms vara en konsekvens av pågående frostsprängningar. Foton av skadorna presenteras i Bilaga 2. När Beckers hade sin industri på fastigheten, värmdes byggnaderna upp med hjälp av kol-, olje- eller avfallsförbränning. Det innebar visserligen skadliga utsläpp, men den varma röken i skorstenen höll teglet tillräckligt varmt för att undvika skador i den omfattning som idag är aktuell då uppvärmningen av de kvarvarande byggnaderna idag sker med fjärrvärme. Bortfallna tegelbitar försämrar dels skorstens skick och dels utgör nya nedfallande tegelbitar en skaderisk för människor som vistas i närheten av skorstenen. För att behålla skorstenen, så anger Tyréns att rivning av skorstensdelen med de skadade tegelytorna neråt till den friska delen behöver utföras. Nedtagning av skadat yttertegel i skorstenen medför att rökgaskanalerna också behöver tas bort då det annars kan medföra instabilitet eftersom kanalerna sträcker sig ända till toppen av skorstenen.

Vid återställning av skorstenen till befintlig höjd så ska återuppbyggnaden utföras med nytt specialtegel. För att minimera risken för framtida frostsprängningar så bedöms ny uppvärmning behövas med aggregat för varmluft som skall cirkulära inne i skorstenen. Aggregatet placeras i ett utrymme i en närstående byggnad. Även nytt topplock av galvaniserat stålplåt med värmeisolering och tät ingångsdörr vid marknivån med avväxling skall installeras. Detta för att erhålla en min. temperatur på + 10 C inne i skorstenen.

2.6.6 Skorstenens skick ur föroreningsperspektiv

Provtagningar i skorstenen och rökgaskanalerna utförda av WSP visar att det finns förhöjda halter av dioxin, PCB och ett flertal metaller. Dessa parametrar överensstämmer med avfallsförbränning av dålig förbränningsgrad som ofta förekommer i liknande pannor och tidsperiod. Halterna har jämförts med Naturvårdsverkets generella riktvärden för jord då det inte finns anpassade riktvärden för byggnadsmaterial. Metallhalterna är framför allt höga i proverna från de två rökgaskanalerna där nästan samtliga analyserade metaller överskrider haltgränserna för MKM eller KM. Kvicksilver förekommer i halter över MKM i samtliga provpunkter, både i skorstenens huvudkonstruktion och i

de två rökgaskanalerna. Tunga dioxiner har påvisats, vilket tyder på att det har varit en låg förbränningstemperatur under förbränningen.

Det bedöms att rökgaskanaler har installerats senare och att det från början endast var en öppen skorsten. Föroreningar har hittats dels i löst material i de två rökgaskanalerna samt i ett ytskikt på teglet inne i skorstenen.

Om åtgärder för att förhindra framtida frostsprängningar ska utföras och de medför installation av uppvärmningsenheter inne i kvarvarande skorsten måste rökgaskanalerna tas bort av utrymmesskäl. Ur arbetsmiljöaspekt behöver då utrymmet inne skorstenen saneras för framtida arbete med installerade uppvärmningsenheter.

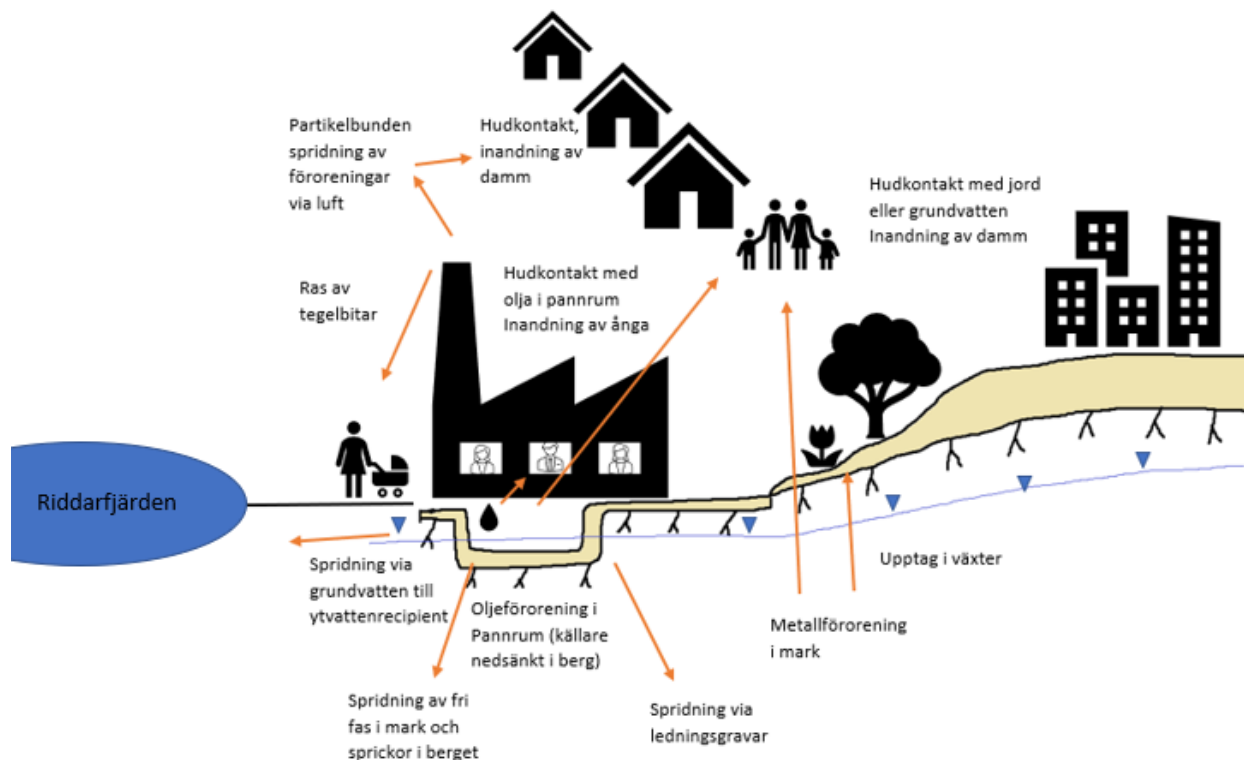
3 Konceptuell modell

En konceptuell modell (tabell 2) har tagits fram i syfte att överskådligt redogöra för de riskfaktorer och föroreningskällor som förekommer och omfattas av denna åtgärdsutredning. Vidare redogörs för respektive riskfaktor/föroreningskälla tänkbara spridningsmekanismer, exponeringsvägar/risker och skyddsobjekt med utgångspunkt av den planerade markanvändningen.

TABELL 2. KONCEPTUELL MODELL.

Riskfaktorer/ föroreningskällor	Frigörelse/ spridningsmekanismer	Exponeringsvägar /risker	Skyddsobjekt		
			Människor	Miljö	Naturresurser
Oljeförorening i mark och grundvatten	Spridning av fri fas i mark Spridning via grundvatten Spridning till ytvatten Inträngning av fri fas i byggnad Förångning och transport med markluft	Hudkontakt med jord eller grundvatten Hudkontakt med olja som trängt in i byggnad Inandning av ånga i närområdet och i byggnad	Barn och vuxna som bor och/eller arbetar på platsen	Mark-ekosystem inom projektområdet Akvatiska ekosystem i närliggande ytvattenrecipienter (Liljeholmsviken)	Grundvatten, ytvatten
Metallförorening i mark och grundvatten	Utlakning till ytvatten Spridning via grundvatten Upptag i växter	Hudkontakt med jord eller grundvatten Inandning av damm	Barn och vuxna som bor och/eller arbetar på platsen	Mark-ekosystem inom projektområdet Akvatiska ekosystem i närliggande ytvattenrecipienter (Liljeholmsviken)	Grundvatten, ytvatten
Avfallsoljaförorening i byggnaden (i uppsamlingsbrunn och på väggar och golv)	Förångning Läckage från brunn till underliggande mark och /eller in i till pannrum	Inandning av ånga i byggnad Hudkontakt med olja på väggar mm.	Människor som vistas i byggnaden	Mark-ekosystem inom projektområdet Akvatiska ekosystem i närliggande ytvattenrecipienter (Liljeholmsviken)	Grundvatten, ytvatten
Förbränningsrester i form av dioxin-, PCB- och metallförorening i skorsten	Partikelbunden spridning via luft till omgivande mark och ytvatten.	Hudkontakt Inandning av damm	Människor som vistas i och kring byggnaden	Mark-ekosystem inom projektområdet Akvatiska ekosystem i närliggande ytvattenrecipienter (Liljeholmsviken)	Grundvatten, ytvatten
Skorstenens fysiska skick i form av synliga utvändiga tegelskador.	Nya och befintliga sprickor genom pågående frostsprängning Fortsatt försämrad stabilitet	Fallande tegelbitar Ras	Människor som vistas på platsen (i närheten av skorsten), både dagligen och tillfälligt (barn och vuxna)		
Förhöjda halter av PAH-M i byggnadens inomhusluft.	Spridning till byggnadens övriga delar genom ventilation och/eller naturligt luftdrag.	Inandning av inomhusluft	Människor som vistas i byggnaden, främst en risk för regelbunden vistelse i byggnaden		

Den konceptuella modellen kan även beskrivas med illustrationen i figur 5. I figuren framgår vilka föroreningskällor/riskfaktorer som förekommer och dess spridningsvägar samt exponeringsvägar illustreras med pilar och förklarande text. Skyddsobjekt i form av människor (barn och vuxna som bor eller arbetar på platsen), miljö (markekosystem samt Riddarfjärden) och naturresurser (grundvatten och ytvatten i Riddarfjärden) illustreras med bildobjekt.



FIGUR 5. KONCEPTUELL MODELL I FORM AV EN ILLUSTRATION.

4 Åtgärds mål

4.1 Övergripande åtgärds mål

I enlighet med anmälan gäller de fastslagna övergripande åtgärds målen som baseras på den planerade framtida markanvändningen på fastigheten och näromgivningen. Den planerade markanvändningen inom aktuellt område är att betrakta som känslig markanvändning (KM).

De föreslagna övergripande åtgärds målen är följande:

- Barn och vuxna som bor, arbetar eller tillfälligt vistas utomhus i området ska inte riskera negativa hälsoeffekter till följd av exponering för mark- och grundvattenföroreningar.
- Barn och vuxna som bor, arbetar eller tillfälligt vistas i byggnaderna och på området ska inte riskera negativa hälsoeffekter till följd av exponering från föroreningar i mark, grundvatten eller i byggnad.
- Barn och vuxna som bor, arbetar eller tillfälligt vistas utomhus i området ska inte utsättas för olycksrisker orsakade av skorstenens fysiska skick.
- Markekosystemet ska vara välfungerande och förmå att utföra de ekologiska funktioner som kan förväntas med hänsyn till områdets historia och planerad markanvändning.
- Eventuell spridning av föroreningar från området ska inte medföra några negativa hälsoeffekter för människor som bor eller vistas i närområdet.
- Närliggande ytvattenrecipienter ska inte bli negativt påverkade av föroreningssituationen i området.
- Inomhusmiljön ska inte påverkas av inträngande avfallsolja genom sprickor i källarväggarna samt av olja i uppsamlingsbrunnen.

4.2 Mätbara åtgärds mål

Utifrån de övergripande åtgärds målen har mätbara åtgärds mål tagits fram för jord i samband med upprättade av två anmälningar om avhjälpandeåtgärder enligt 28 § förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (1998:899), daterade 2018-09-18 samt 2019-03-21. Dessa kompletteras med mätbara åtgärds mål för grundvatten framtagna av Wescon samt åtgärds mål avseende byggnadens skick och invändiga förorening. De mätbara åtgärds målen kan sammanfattas enligt:

- Hela området inom Lövhölen 12 skall saneras till platsspecifika riktvärden för att lämpa sig till framtida markanvändning i form av kontor, bostäder, centrumverksamhet och förskolor.
- Utöver detta har byggherren Skanska beslutat att avlägsna samtliga jordmassor över grundvattenytan innehållandes halter över KM (vilket är ett ambitiösare mål än det som är formulerat i anmälan).
- För grundvatten tillämpas förutom standardiserade riktvärden även platsspecifika riktvärden för ytligt grundvatten avseende skydd för ånginträngning.

- Det ska säkerställas att det inte förekommer några hälsoskadliga nivåer av petroleumkolväten och/eller PAHer i inomhusluft i byggnaden som konsekvens av oljeförekomsten i pannrummet.
- Inläckande avfallsolja på väggarna samt i uppsamlingsbrunnen skall åtgärdas.
- Det får inte föreligga någon risk att människor som vistas på området kan skadas av nedfallande tegelflisor från skorstenen. Därutöver skall det säkerställas att skorstenen åtgärdas så att det inte föreligger någon risk att skorstenens stabilitet försämras över tid och slutligen rasar.

5 Åtgärdsutredning

Med bakgrund av presenterad föroreningsproblematik i hus 33 och skorstenens skick utreds i detta avsnitt tänkbara åtgärder för att eliminera eller minska de miljö-, hälso- och olycksrisker som kan kopplas till känd föroreningsförekomst samt skorstenens tillstånd. En åtgärd kan röra sig om en riskreduktion (minskning av halterna), eller eliminering av den totala föroreningsmängden, men det kan även röra sig om att begränsa exponering eller spridning. För att komma fram till de åtgärdsförslag som presenteras i avsnitt 6 har en genomlysning och gallring gjorts av ett stort antal principiella åtgärdsmetoder. De metoder som genomlysts redovisas nedan i avsnitt 5.1 till 5.5. Vilka åtgärdsalternativ som kan vara aktuella för olika föroreningsförekomster är beroende av faktorer som:

- Föroreningstyp
- Exponeringsrisk
- Uppskattad mängd förorening
- Plats för förekomsten (ovan mark, djup i mark och grundvatten)
- Platsens geologiska och geohydrologiska egenskaper
- Andra platsspecifika förutsättningar och begränsningar (här beaktas exempelvis tillgängligheten att komma in i byggnaden med större maskiner och skorstens bristfälliga stabilitet)

Åtgärdsmetoder kan klassificeras enligt följande huvudområden vilka beskrivs närmare i avsnitt 5.1-5.5:

- Ingen åtgärd
- Administrativa åtgärder
- Tekniska skyddsåtgärder
- Långtidsuppföljning/övervakad naturlig reduktion av förorening
- Inneslutning och avskärmning
- Massreduktion (ex. konventionell schaktsanering, jordtvätt, biologisk behandling, termisk behandling, kemisk oxidation eller förbränning)

5.1 Administrativa åtgärder

Administrativa åtgärder innefattar inga faktiska åtgärder för att hantera föroreningen utan utgör istället åtgärder som begränsar nyttjandet av det förorenade området. Det kan handla om

instängsling eller avspärningar för att hindra människor från att vistas i området. Denna åtgärd kan verka billig vid första anblick men beroende på vad området hade kunnat nyttjas till vid en fullgod åtgärd kan stora intäkter utebli vid en avspärning. Även samhällsviktiga fördelar såsom rekreativsmöjligheter eller levande stadsmiljöer kan gå förlorade.

5.2 Tekniska skyddsåtgärder

I denna grupp ingår åtgärder som syftar till att skydda mot exponering. Skyddsåtgärderna innebär att riskerna för exponering minskas genom att exponeringsvägarna minimeras med tekniska åtgärder. Inga fysiska åtgärder görs för att reducera föroreningshalter i området. Det kan handla om skyddsåtgärder för inomhusmiljö eller avspärningar.

5.3 Långtidsuppföljning och bevakning av naturlig nedbrytning

Inom denna grupp ingår inga aktiva åtgärder för att åtgärda själva föroreningen, men strategin kan appliceras på föroreningar som bryts ned naturligt i marken och som är tekniskt svåra att åtgärda. Föroreningsituationen i exempelvis grundvatten följs i form av återkommande provtagningar som har som syfte att säkerställa avtagande/stabila halter.

5.4 Inneslutning och avskärmning

Denna grupp av åtgärder omfattar metoder för att förhindra att föroreningar i porgas eller i grundvatten ska nå skyddsobjekten. Metoderna kan vara aktiva eller passiva. Åtgärderna genomförs för att innesluta föroreningar eller förhindra spridning av dem. Exempelvis kan tätskikt användas för att förhindra spridning av förorenat grundvatten eller förorening på byggnadsskikt.

5.5 Fysisk massreduktion

Efterbehandlingsåtgärderna i gruppen massreduktion syftar till att minska *mängden* förorening i det medium föroreningen förekommer. Detta kan åstadkommas genom ex situ- eller in situ-metoder. Nedan redovisas kort de vanligaste metoderna.

5.5.1 Schaktsanering och behandling av jord ex situ

Vid sanering av ett förorenat markområde genomförs ofta schaktning av förorenade massor. Det är den efterbehandlingsmetod som är vanligast i Sverige. Vid schaktning under grundvattenytan bör avledning/bortpumpning av tillrinnande grundvatten utföras. Användning av grävsug med vakuumsug kan användas i stället för eller som komplement till konventionell schaktsanering med grävskopa.

Metoden är mest tillämplig för åtgärd av källtermen. Kostnaden för metoden varierar stort beroende på schaktdjup och närhet till byggnationer. Det ska även beaktas att länshållning och behandling-/omhändertagande av grundvatten är nödvändigt vid schakt under grundvattenytan.

Om det ställs krav på att efterbehandlingen ska ske under en kort tid eller i områden där schaktning ändå ska utföras är ofta urgrävning och borttransport det fördelaktigaste alternativet. En fullständig

urgrävning av förorenad jord medför att källan till förorening av recipienten upphör samt att markområdet kan användas utan begränsningar och restriktioner. Metoden i sig innebär dock ingen destruktion av föroreningarna.

I fall där stabilitetsproblem finns eller om djupare grävning behöver ske under grundvattenytan kan det krävas spontning, invallning eller grundvattensänkning innan urgrävning kan ske. Åtgärden kan behöva kombineras med avledning eller pumpning och rening av länsvatten för att hindra föroreningsspridning under gräventreprenaden.

Åtgärdsmetoden är en snabb mass- och riskreduktion och låga drift- och underhållskostnader, och att det är en välbeprövad och accepterad åtgärdsmetod som fungerar på samtliga jordarter. Metoden innebär små osäkerheter då måluppfyllelsen i de allra flesta fall är mycket god. Metoden kan dock vara problematisk i de fall föroreningen är svåråtkomlig, exempelvis förekommer under en byggnad som skall bevaras.

5.5.2 Pumpning och behandling

Metoden, som ofta namnges på engelska som "pump and treat", kan användas för massreduktion av grundvattenföroreningar i källområdet, men är ineffektiv för sanering av fri fas som hålls kvar i marken genom kapillära krafter. Det förorenade vattnet kan behandlas genom olika reningsmetoder som adsorption i aktivt kol, kemisk oxidation, bioreaktorbehandling eller air sparging. Kostnaderna och metod för behandling av det uppumpade vattnet är beroende på föroreningsgrad (källterm eller plym). Då föroreningen fortsätter diffundera under lång tid, kan behandlingstiden i vissa fall vara mycket tidskrävande. I en föroreningsplym där största delen av föroreningen är löst i vattnet kan pumpning och behandling vara en rekommenderad saneringsmetod. Behandlingen utförs ofta i kombination med andra behandlingsmetoder.

5.5.3 Jordtvätt on-site

Metoden innebär dels en fysisk och dels en kemisk process. Den förorenade jorden grävs upp och finpartiklarna, vilka oftast innehåller de högsta föroreningshalterna, separeras från övrig jord i ett antal olika processteg. I huvudsak används fysikaliska och mekaniska avskiljningsprocesser, men även lakning kan förekomma. Behandlingen utförs i en stationär eller mobil processanläggning. Denna separation kan göras antingen fysiskt via harpning/siktning eller kemiskt med vatten och kemikalier. Finfraktioner och de "urtvättade" föroreningarna transporteras sedan till lämplig behandlingsanläggning.

Jordtvätt är en etablerad teknik som passar för sandiga och grusiga jordar. Främst kan PAH:er, metaller, cyanider och tyngre oljor behandlas på detta sätt. Den jord som anses ren kan återanvändas inom fastigheten, vilket minskar behovet av transporter. Nackdelar är att siltiga och leriga jordar är svårbehandlade samt att metoden måste föregås av urgrävning (Naturvårdsverket, 2006b).

5.5.4 Termisk behandling in situ

Termisk behandling in situ innebär att föroreningen förångas genom uppvärmning av marken. Därefter drivs föroreningen ut genom porgasextraktion. Uppvärmningen kan exempelvis ske genom att vattenånga injekteras i jorden (ånguppvärmning), eller genom att värmeelement drivna av gas eller el installeras i behandlingsområdet (konduktiv uppvärmning). Fördelen med konduktiv uppvärmning är att metoden är relativt oberoende av jordens permeabilitet (vilket ånguppvärmning inte är) samt att uppvärmningen sker relativt snabbt. Efter utdrivning av föroreningen renas gasen eller den flytande fasen, exempelvis genom kolfilter.

Metoden används främst i källområden med begränsad storlek. Metoden är energikrävande och innebär att värme och vakuum tillförs till mark och grundvatten som värms upp till en temperatur om 100-500 °C. Metoden har erfarenhetsmässigt visat sig effektiv i att rena olika föroreningar samt jordartstyper såsom lågpermeabla jordar. Det krävs dock alltid en platsspecifik projektering som blir mer avancerad, tidskrävande och kostsam för verksamhetsunika föroreningar som entreprenören inte har erfarenhet av. Ytterligare nackdelar med metoden är att den innebär stora osäkerheter i hur väl den klarar att reducera föroreningen i det enskilda fallet samt att den är mycket energikrävande och kostsam.

5.5.5 Stimulerad biologisk nedbrytning

Genom tillsats av näring och syre till marken stimuleras befintlig bakterieflora att bryta ned föroreningar. Alternativt kan en, för den aktuella föroreningen, specifik framtagen bakteriekultur odlas fram och tillsättas. Näringsämnen och syre tillförs det förorenade området genom grundvattenpumpning eller direktinjektering genom tillförsel av syrgas eller syremättat vatten. Vid den biologiska nedbrytningen reduceras syret till vatten medan föroreningen oxideras till koldioxid och vatten. Metoden kan appliceras både i den omättade och mättade zonen. Biologisk behandling fungerar för alla biologiskt nedbrytbara föroreningsämnen, men har i praktiken främst tillämpats på lättare kolväten som monoaromater och lågmolekylära alifater (<C12) (SGF, 2019). Föroreningar av diesel och lätt eldningsolja betraktas i allmänhet som lätt till måttligt nedbrytbara, medan exempelvis föroreningar av tung eldningsolja och smörjoljor/basoljor ofta betraktas som svårnedbrytbara. Högmolekylära PAH, PCB, dioxin och perfluorerade alkylsubstanser betraktas som svårnedbrytbara eller persistenta mot biologisk behandling (SGF, 2019). Det krävs dock alltid en platsspecifik projektering som blir mer avancerad, tidskrävande och kostsam för verksamhetsunika föroreningar som entreprenören inte har erfarenhet av. Metoden kan med fördel även kombineras med flertalet andra in situ- metoder, bland andra termisk behandling och kemisk oxidation. Biologisk behandling i kombination med en annan in situ-åtgärd kan tillämpas i syfte att påskynda behandlingen eller som en sista finjustering för att eliminera eventuella restföroreningar efter den primära behandlingen. Efterbehandlingen kan med denna metod ske utan schaktning och för svåråtkomliga behandlingsområden. En nackdel med metoden är att den stora känsligheten för miljöfaktorer som temperatur och pH-värde. Nedbrytningshastigheten kan sänkas avsevärt med missgynnsamma

miljöfaktorer och därmed förlänga behandlingstiden eller resultera i att föroreningen inte kan avlägsnas.

5.5.6 Kemisk oxidation in situ

Metoden fungerar genom att kemiska oxidationsmedel tillförs jord och grundvatten genom injektionsbrunnar och omvandlar föroreningen till mindre farliga ämnen genom oxidation. Vid fullständig oxidation bildas koldioxid och vatten som slutprodukter. Oxidationsmedlet verkar nästan uteslutande på föroreningar som föreligger lösta i grundvattnet. Exempel på föroreningar där goda eller mycket goda behandlingsresultat kunnat verifieras i fältskala med ett eller flera av de vanligast förekommande oxidationsmedlen är: alifater/monoaromater, PAH, klorerade etener, klorerade aromater, explosivämnen (RDX, HMX, TNT) och pesticider (SGF, 2019). Metoden kan användas i både den omättade och mättade zonen. Det krävs dock alltid en platsspecifik projektering som blir mer avancerad, tidskrävande och kostsam för verksamhetsunika föroreningar som entreprenören inte har erfarenhet av. En nackdel med metoden är att betydande arbetsmiljörisker föreligger med vissa typer av oxidationsmedel som kan vara hälsoskadliga, och då krävs att åtgärden utförs med ett omfattande säkerhetsarrangemang. Ytterligare en problematik är att oxidationsmedel reagerar med allt organiskt material i jordmaterisen, inte bara föroreningen, vilket medför att stora mängder oxidationsmedel ofta behöver användas och därmed påverkar kostnadsbilden.

5.5.7 Rivning av byggnadskonstruktion

Rivning av byggnadskonstruktioner är en vanlig åtgärd vad gäller fysisk massreduktion. Det kan syfta till att avlägsna förorenat byggnadsmaterial eller att avlägsna byggnadsmaterial för att frigöra en annan förorening, till exempel en förorening i underliggande mark och/eller grundvatten, och möjliggöra vidare hantering av den. Vid rivningsarbeten krävs sortering av olika typer av konstruktionsmaterial och i de fall förorenat byggnadsmaterial förekommer krävs sortering och okulära bedömningar och/eller provtagningar för att säkerställa korrekt hantering. Rivningsmaterialet fraktas med lastbilar till, av myndigheterna godkända, mottagare för återanvändning, materialåtervinning, energiåtervinning, destruktion eller deponi. Metoden är effektiv, välbeprövad och säker vad gäller målpuppfyllelse.

6 Övervägda åtgärdsalternativ

I detta avsnitt sammanfattas först de platsspecifika förutsättningarna vad gäller föroreningsbild i, under och kring panncentralen samt skorstenens tillstånd. Därefter presenteras de sex föreslagna åtgärdsalternativen översiktligt i punktlista och tabellform, för att därefter beskrivas detaljerat var för sig tillsammans med kostnads- och tidsuppskattningar.

6.1 Sammanfattning av platsspecifika förutsättningar

Det aktuella behandlingsområdet utgörs av dels synlig avfallsolja i fri fas som förekommer i uppsamlingsbrunn och på väggar i pannrummet, dels av en oljeförorening i mark och grundvatten som uppskattas finnas i en avgränsad jordvolym mellan pannrummets golv/ytterväggar och det

utsprängda berget. Jorden består av sandig/grusig fyllning som avjämning på utsprängt berg och fyllning mot källarvägg. Avfallsoljan består av tyngre oljekolväten som varken är särskilt vattenlösliga eller flyktiga, även om en viss del av den påträffade oljan avger en lukt. Avfallsoljan måste behandlas för att vara extraerbar från marklagren. Det finns dessutom två sanerade och sandfyllda oljecisterner i mark strax utanför pannrummet. Det finns risk att fyllningen runt dessa cisterner innehåller oljeföreningar som står i kontakt med fyllningen runtom pannrummet.

Källan till den inträngande avfallsoljan i uppsamlingsbrunnen och på väggar/golv är ej känd men den antas förekomma mellan den utsprängda berggrunden och byggnadens fundament och källarväggar och möjligen härstamma från spill/läckage som skett längre bak i tiden. Då uppsamlingsbrunnen har fyllts på med olja sedan tömningen i form av slamsugning sker det en pågående tillströmning från en okänd källa. Ingen nu aktiv tank/cistern har hittats.

Utöver detta finns en skorsten som är i ett bristfälligt fysiskt skick med skadat och vittrat tegel som på lång sikt kan urholka och försvaga skorstenens väggar och påverka stabiliteten negativt. Därutöver förekommer p g a frostskaadorna nedfallande tegelbitar som utgör en skaderisk för människor som vistas på området. Skorstenen med de uppkomna skadorna är i behov av ombyggnation, minst i form av rivning av de skadade tegelytorna. I skorstenens installerade rökgaskanaler samt i tegelytan finns dessutom föroreningar i form av dioxiner, metaller och PCB.

6.2 Presenterade åtgärdsförslag

Utifrån rådande föroreningssituation och förutsättningar har följande sex principiella alternativ till åtgärder tagits fram:

Nollalternativ – Töm samlingsbrunn och sanera synlig olja i pannrum, riv övre frostsprängningsskadad del av skorstenen och sanera återstående del av skorstenen invändigt avseende dioxiner mm. Nytt uppvärmningsaggregat installeras i separat utrymme. Schaktsanering av omkringliggande mark utförs.

Åtgärdsförslag 1 - Åtgärda den skadade delen av skorsten och sanera skorstenen invändigt avseende dioxiner mm. Bygg sedan upp skorstenen till, med Staden, överenskommen skorstenshöjd med nytt specialtegel. Nytt uppvärmningsaggregat installeras i separat utrymme. Utför invändiga sanerings- och exponeringsreducerande insatser avseende oljeföreningen, såsom tätskikt, ventilationsåtgärder mm. Schaktsanering av omkringliggande mark utförs.

Åtgärdsförslag 2 - Åtgärda den skadade delen av skorsten och sanera skorstenen invändigt avseende dioxiner mm. Bygg sedan upp skorstenen till, med Staden, överenskommen skorstenshöjd med nytt specialtegel. Nytt uppvärmningsaggregat i separat rum. Åtgärda oljeförening i pannrum samt sanera oljan i mark och grundvatten med en av följande in situ- metoder: A. kemisk oxidation tillsammans med biologisk behandling, eller B. termisk behandling. Schaktsanering av omkringliggande mark utförs.

Åtgärdsförslag 3 - Riv hela skorstenen och norra delen av byggnaden samt schaktsanera samtlig mark som blir tillgänglig och innehåller halter över åtgärds målet. Förorenat grund- och markvatten som blir tillgängligt åtgärdas. Schaktsanering av övrig omkringliggande mark utförs.

Åtgärdsförslag 4 – Åtgärda den skadade delen av skorsten och sanera skorstenen invändigt avseende dioxiner mm. Bygg sedan upp skorstenen till, med Staden, överenskommen skorstenshöjd med nytt specialtegel. Nytt uppvärmningsaggregat i separat externt utrymme som behöver byggas. Riv hela hus 33 och schaktsanera all mark med halter över åtgärds målet som blir tillgänglig runt och under byggnad. Restförorening på djupet närmast skorstenen lämnas. Förorenat grund- och markvatten som blir tillgängligt åtgärdas.

Åtgärdsförslag 5 – Riv både skorsten och hela hus 33. Schaktsanera mark med halter över åtgärds målet som blir tillgänglig runt och under byggnad samt direkt intill skorsten. Förorenat grund- och markvatten som blir tillgängligt åtgärdas.

Samtliga alternativ beskrivs detaljerat tillsammans med bedömning av kostnader, tidsåtgång och bedömd problemreduktion i avsnitt 6.3-6.8. För respektive alternativ redovisas även för- och nackdelar samt osäkerheter. För en överblick av de olika åtgärdsförslagen med kortfattad presentation vad de innehåller hänvisas till tabell 3 nedan.

TABELL 3. ÅTGÄRDSALTERNATIV MED KORTFATTAD BESKRIVNING AV DE ÅTGÄRDER SOM INGÅR FÖR RESPEKTIVE DELOMRÅDE; SKORSTEN, PANNRUM OCH ÖVRIGA BYGGNADEN SAMT MARKSANERING.

Åtgärdsalternativ	Åtgärder för respektive delområde		
	Skorsten	Pannrum & övriga byggnaden	Marksanering
Alt 0	Övre skadad del rivs och resterande del saneras. Ingen återuppbyggnad. Uppvärmning installeras.	Tömning av samlingsbrunn och yttlig sanering av golv och väggar. Kontrollprogram införs där samlingsbrunnen fortsättningsvis sugs ur ca. 1 gång/år	Schaktsanering av omkringliggande mark, så nära byggnad och skorsten som möjligt med hänsyn till geotekniska begränsningar.
Alt 1	Övre skadad del rivs och resterande del saneras. Återuppbyggnad till, med Staden, överenskommen höjd. Uppvärmning installeras.	Tömning av samlingsbrunn och yttlig sanering av golv och väggar samt installation av tätskikt och ventilationsåtgärder. Kontrollprogram införs där samlingsbrunnen fortsättningsvis sugs ur ca. 1 gång/år	Schaktsanering av omkringliggande mark, så nära byggnad och skorsten som möjligt med hänsyn till geotekniska begränsningar.
Alt 2	Övre skadad del rivs och resterande del saneras. Återuppbyggnad till, med Staden, överenskommen höjd. Uppvärmning installeras.	Tömning av samlingsbrunn och yttlig sanering av golv och väggar	Schaktsanering av omkringliggande mark samt in situ-sanering av mark under och kring byggnad (pannrum)
Alt 3	Rivs	Norra delen av byggnaden inkl. pannrum rivs	Schaktsanering av omkringliggande mark samt under norra delen av byggnad
Alt 4	Övre skadad del rivs och resterande del saneras. Återuppbyggnad till, med Staden, överenskommen höjd. Uppvärmning installeras.	Hela hus 33 rivs	Schaktsanering av omkringliggande mark samt under hela hus 33
Alt 5	Rivs	Hela hus 33 rivs	Schaktsanering av omkringliggande mark samt under hela hus 33 och skorsten

6.3 Nollalternativ

Synlig olja i pannrum saneras och del av skorsten åtgärdas för att erhålla ett godtagbart byggnadsskick. Alternativet innebär att användningen av byggnaden begränsas p.g.a. föroreningarna. Schaktsanering av omkringliggande mark utförs.

6.3.1 Beskrivning

I nollalternativet åtgärdas enligt förslag den synliga oljan i pannrummet genom yttlig tvättning av väggar och golv med högtryckstvätt vid tre (3) tillfällen med en månads mellanrum under förutsättning att ingen mer urlakning sker. Uppsamlingsbrunnen sugs ur med vakuumsug vid två (2) tillfällen med en månads mellanrum. Efter sista gången och en ytterligare månad, görs ett nytt vakuumsug av innehållet samt och rengöring av brunnen. Risken är stor att oljan återigen tränger in i uppsamlingsbrunnen med tiden och därför måste även ett kontrollprogram upprättas. I kontrollprogrammet undersöks uppsamlingsbrunnen kontinuerligt, förslagsvis en gång per år och vid behov utförs fler ursugningsinsatser. Detta kan sannolikt behöva pågå i flera år. Den pågående marksaneringen färdigställs på fastigheten inkluderat markytor runt byggnaden, men förorening av olja och metaller som förekommer i marklagren och grundvatten under och precis intill byggnaden lämnas utan vidare åtgärd. Då åtgärderna avseende avfallsoljan inte garanterar att åtgärdsmålen uppfylls begränsas vistelse i byggnaden avsevärt så att olägenhet för människors hälsa inte riskerar uppstå i enlighet med 9 kap 9 § miljöbalken. I de fall delar av byggnaden kan användas för nya verksamheter ska det uppmärksammas att tidsåtgång och kostnader för ombyggnationer och/eller renoveringsarbeten inte har beaktats inom ramen för denna åtgärdsutredning och därmed inte heller för nollalternativet.

Underhåll av skorstenen görs för att erhålla ett vårdat skick enligt 8 kap 14 § plan- och bygglagen. För att kunna behålla skorstenen krävs rivning av den övre delen med de frostsprängningsskadade tegelytorna, ca 12–15 meter, ner till den friska delen. Rivning av den skadade övre delen ska göras försiktigt genom att sten för sten demonteras. Anslutande byggnad skall beaktas. Eventuellt kontaminerat tegel transporteras till deponi. Teglet forslas ned i en liten bygghiss. Friskt tegel som rivs (d.v.s. det tegel som inte har frostsprängningsskador) återanvänds sedan för att skapa en jämn topp. Med denna lösning erhålls en lägre skorsten med en höjd om ca 22-25 m istället för den ursprungliga höjden om 37 m. I samband med rivningen kapas de två befintliga stålkanelerna. Nedmonteringen sker med hjälp av kran och hela kanalerna skall tas bort.

Den nedre delen av skorstenen lagas och saneras invändigt avseende dioxiner, PCB och metaller. Nytt topplock av galvaniserad plåt på stålbalkar och värmeisolering skall monteras. Locket skall ha en inspektionsslucka och sarg av stålrör. En telfer för lyft av utrustning eller reparationsarbeten skall monteras. Invändig ställejdare med ryggskydd och några vilplan skall installeras, samt belysning. Det är en utmaning, bland annat arbetsmiljömässigt p.g.a. det trånga utrymmet (invändig diameter är knappt 2 m i botten av skorstenen och minskar med höjden). Ytorna på vilplanen behöver anpassas efter invändigt mått.

Utän uppvärmning kommer frostskaðorna tillbaka varpå det är viktigt att ett uppvärmningssystem upprättas. Ett aggregat för utblåsning av varmluft skall därför installeras i ett utrymme i byggnaden (hus 33) för att genom en ny perforerad ca 22 m lång rostfri kanal fördela varmluft som skall cirkulera genom hela skorstenshöjden. Aggregatet med tillhörande styrutrustning skall garantera temperatur på + 10 C inne i skorstenen. Cirkulationsaggregatet som värmer luften till ca + 25 C vid dimensionerande utetemperatur på - 18 C, därefter sugs luftflödet tillbaka ner i aggregatet. Uppvärmningen av luften görs genom ett elbatteri i aggregatet. En värmeisolerad plåtkanal kopplar aggregatet och värmeisolerade ventilationskanaler från rummet till skorstenen. Elarbeten, erforderlig elinstallation för kraft och belysning, potentialutjämning, åskledare samt styr och regler skall installeras. Utväändig lejdare med ryggskydd skall installeras. En ny tät ingångsdörr med tillhörande avvaxling skall installeras i skorstensväggen vid marknivån.

Fortsatt normalt underhåll av byggnaden inklusive skorsten utförs kontinuerligt framöver.

6.3.2 Kostnad och tidsåtgång

Åtgärd enligt nollalternativet skattas till följande åtgärds-kostnad fördelad på delmoment:

Allmänna kostnader inkluderat projektering och upphandling för utförande	1,8 Mkr
Skorstensåtgärder	5,9 Mkr
Byggnadsåtgärder	0,8 Mkr
Marksanering	1,3 Mkr
Övriga allmänna etableringskostnader och arbetsledning	6,1 Mkr
Risikpåslag för oförutsett/tillkommande 15%	2,4 Mkr
Entreprenörsarvode 10%	1,8 Mkr
Totalkostnad nollalternativet	20,1 Mkr

Utöver totalkostnaden för detta alternativ innebär denna åtgärd framtida årliga driftkostnader i form av underhåll- och energikostnader för skorstenen.

För utförande av denna åtgärd antas att flera års arbeten kommer att krävas, där kontrollprogrammet för avfallsoljan är den faktor som drar ut på tiden och innebär en stor osäkerhet i tidsuppskattningen. Bortsett från kontrollprogrammet beräknas arbetsinsatsen för nollalternativet kräva ca. 1,5 års arbete, där den invändiga saneringen av avfallsoljan är begränsade och åtgärder som berör skorstenen uppskattas till ca 8 månader.

6.3.3 Osäkerheter

TABELL 4. FÖR- OCH NACKDELAR MED NOLLALTERNATIVET.

+	-
Lägre skorstenshöjd 22-25 m, vilket medför lägre energiförbrukning.	Minimal riskreduktion
Det blir säkrare att vistas i närheten av skorstenen då de akuta skadorna åtgärdas samt vidare frostsprängning hindras.	Med stor sannolikhet räcker inte åtgärderna för att sanera oljeinträngningen samt oljan i uppsamlingsbrunnen. Problemen med inträngning av olja kan förväntas återkomma under lång tid.
En andel av oljeföreningen åtgärdas och därmed minskar miljö- och hälsoriskerna, men hur mycket är oklart.	Osäkert hur väl insidan av skorstenen kan saneras när delar av konstruktionen samtidigt ska bevaras
	Eventuella befintliga, ej karterade, invändiga skador i skorstenens nedre del åtgärdas inte i detta alternativ och kan därmed påverka stabiliteten framöver.
	Vid bevarande av skorstenen tillkommer dels stora merkostnader för renoverings- och saneringsarbeten och därutöver fortsatta underhållskostnader i form av uppvärmning, skötsel och kommande byte av utrustning och framtida underhåll.
	Bevarande av skorstenen innebär även en miljöbelastning i form av kontinuerlig energiåtgång.
	Begränsar val av markanvändning och nyttjandet av byggnaden, vilket skulle kunna innebära att området blir mindre attraktivt som helhet. Innebär sannolikt bortfall av hyresintäkter, vilket i sin tur också påverkar värdet negativt.
	De för alternativet erforderliga arbetena med skorstenen innebär stora arbetsmiljörisker som t.ex. uppkommer vid: <ul style="list-style-type: none"> • Försiktig manuell rivning av bärande konstruktioner • Sanering av hälsofarliga material/ämnen • Arbete på hög höjd vilket innebär fallrisker • Begränsat arbetsutrymme vilket innebär risk för instängning i slutet utrymme, syrebrist, samt ergonomiska risker. • Rasrisk innebär att det finns risk för att begravas under material. • Användning av ställningar innebär risker för fallolyckor och ergonomiska risker.
	Vid arbete med den invändiga saneringen i byggnaden uppkommer arbetsmiljörisker vid: <ul style="list-style-type: none"> • Sanering av hälsofarliga ämnen (avfallsolja)

TABELL 4. FORTSÄTTNING AV TABELL FRÅN FÖREGÅENDE SIDA.

+	-
	<p>Arbetsmiljörisker för schaktsanering kring byggnad uppstår vid följande arbeten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sanering av hälsofarliga material/ämnen • Arbete med öppna schakter innebär risker för begravnin av jordmassor vid ras och drunkning vid vattenfyllda schakter. <p>Arbete med maskiner innebär risk för påkörning av fordon</p>

6.4 Åtgärdsalternativ 1

Skorstenen åtgärdas och invändiga sanerings- och exponeringsreducerande insatser utförs.

Alternativet innebär att användningen av byggnaden begränsas p.g.a. kvarstående föroreningar.

Schaktsanering av omkringliggande mark utförs.

6.4.1 Beskrivning

Åtgärdsalternativ 1 innefattar att den skadade delen av skorstenen rivs och insidan åtgärdas avseende dioxin, PCB och metaller. Befintliga rökgaskanaler tas bort och skorstenens insida blåstras av till visuellt rent tegel. Därefter byggs skorstenen upp till, med Staden, överenskommen skorstenshöjd med lock och uppvärmning (se detaljerad beskrivning nedan). Avfallsoljan i pannrummet åtgärdas något ambitiösare än i nollalternativet, se beskrivningen nedan. Detaljer kan dock komma att anpassas efter behov i utförandeskedet. Den pågående marksaneringen färdigställs på fastigheten, men förorening av olja och metaller som förekommer i marklagren och grundvatten under och direkt intill byggnaden lämnas utan vidare åtgärd såsom för nollalternativet. Kvarstående byggnadsdelar behålls och anpassas till nya verksamheter. Tidsåtgång och kostnader för ombyggnationer och/eller renoveringsarbeten avseende kvarstående byggnadsdelar har i likhet med nollalternativet inte beaktats inom ramen för åtgärdsalternativ 1.

Åtgärder avfallsolja

I åtgärdsförslag 1 behandlas den synliga oljan på golv och väggar först genom ytlig tvättning av väggar och golv med högtryckstvätt vid tre (3) tillfällen med en månads mellanrum, under förutsättning att ingen mer urlakning sker. Därutöver installeras ett ytskikt mot inträngande olja på väggarna. En avluftat vägg, typ "radonavluftning", installeras dvs. luftspalt mellan vägg och installerat tätskikt som ventileras med enskild avluftsfläkt.

Uppsamlingsbrunnen sugs ur med vakuumsug vid tre (3) tillfällen med en månads mellanrum. Vid tredje tillfället utförs även rengöring av brunnen. Ett liknande kontrollprogram som i nollalternativet upprättas för att undersöka uppsamlingsbrunnen och vid behov utföra återkommande tömningar. En avluftning av uppsamlingsbrunnen med separat fläkt installeras.

Åtgärder skorsten

För att behålla skorstenen krävs rivning av den övre delen med de frostsprängningsskadade tegelytorna neråt till den friska delen. Skorstenen byggs därefter upp till, med Staden, överenskommen skorstenshöjd med nytt specialtegel. Sanering av insidan och rivning av de befintliga

rökgaskanalerna skall utföras. Ny uppvärmning uppförs med aggregat i närliggande utrymme för varmluft som skall cirkulära inne i skorstenen med hjälp av en perforerad rostfri kanal. Nytt topplock av galvaniserat stålplåt med värmeisolering och tät dörr mellan skorstenen och källaren skall installeras, detta för att erhålla en min. temperatur på + 10 C inne i skorstenen.

Skorstenen är uppbyggd av murad tegelsten och är 37 m hög ovan markyta enligt originalritningarna. Det framkommer ingen föreskriven klassning av teglet i det tillgängliga underlaget för panncentralen.

A. Byggarbeten:

Om skorstenen skall bibehållas, så skall hela den av frostsprängning skadade delen från toppen till den friska delen rivas försiktigt, d.v.s. sten för sten och tas ner i liten bygghiss. Skorstenens tvärsnitt skall alltid vara helt. Anslutande byggnad skall beaktas. Kontaminerat tegel skall köras till deponi.

Därefter skall skorsten byggas upp igen till, med Staden, överenskommen skorstenshöjd med specialtegel som klarar klimatet, frostsador samt vattenabsorptionen. Specialtegel skall ha samma färgnyanser och mått som det gamla teglet. Teglet slås för hand i specialugn i Tyskland.

Murningen sker med hela tegelstenar som skall ha speciella dimensioner med beaktande av den aktuella diametern som varierar med höjden. Tegelstenar lyfts upp i dagsrater med bygghiss för att klara dagsbehovet. Ställningsbärighet skall beaktas.

För att säkerställa raketten vid murningen av den avsmalnande skorstenen, så behövs noggrann måttsättning för varje meter av höjden.

I skorstenen finns två gamla rökgaskanaler med tillhörande stagning, dessa kanaler skall demonteras genom skärning i lämpliga bitar som lyftes med kran, god ventilation och arbetskydd skall beaktas.

Skorstenens insida skall saneras genom blästring, för att avlägsna de befintliga farliga och miljöskadliga resterna från förbränning, samt rengöras. Detta sker med skyddsutrustning under god ventilation från invändig ställning. Gällande normer för arbets säkerhet samt miljöskydds krav skall beaktas.

Nytt topplock av galvaniserad plåt på stålbalkar och värmeisolering skall monteras. Locket skall ha en inspektions- samt plåtlucka och sarg av stålrör. En telfer för lyft av utrustning eller reparation skall monteras. Invändig galvaniserad stålledare med ryggskydd skall installeras. Flera vilplan skall installeras.

På toppen av locket kan vid behov en kamera eller antenn för mobiltelefon monteras.

Utvändig galvaniserad stålledare med ryggskydd skall installeras.

B. Uppvärmning, ventilation:

Ett aggregat för utblåsning av varmluft skall installeras i intill stående byggnad för att genom en ny perforerad rostfri kanal, till samma höjd som skorsten, fördela varmluft som skall cirkulera genom hela skorstenshöjden. Aggregatet med tillhörande styrutrustning och termostat skall garantera att en min. temperatur på + 10 C behålls inne i skorstenen, detta för att säkra teglet mot kondens och

frostskador. En ingångsdörr skall installeras med tillhörande avväxling i skorstensväggen vid marknivån, detta för att behålla värmen inne i skorstenen

C. Elarbeten:

Erforderlig elinstallation för kraft och belysning, potentialutjämning, åskledare samt styr och regler skall installeras.

6.4.2 Kostnad och tidsåtgång

Åtgärd enligt alternativ 1 skattas till följande åtgärdskostnad fördelad på delmoment:

Allmänna kostnader inkluderat projektering och upphandling för utförande	1,8 Mkr
Skorstensåtgärder	8,5 Mkr
Byggnadsåtgärder	0,9 Mkr
Marksanering	1,3 Mkr
Övriga allmänna etableringskostnader och arbetsledning	7,0 Mkr
Riskpåslag för oförutsett/tillkommande 15%	2,9 Mkr
Entreprenörsarvode 10%	2,2 Mkr
Totalkostnad alternativ 1	24,7 Mkr

Utöver totalkostnaden för detta alternativ innebär denna åtgärd framtida årliga driftkostnader i form av underhåll- och energikostnader för skorstenen.

För utförande av denna åtgärd beräknas att flera års arbeten kommer att krävas, där kontrollprogrammet för avfallsoljan är den faktor som drar ut på tiden och innebär en stor osäkerhet i tidsuppskattningen. Bortsett från kontrollprogrammet beräknas arbetsinsatsen för åtgärdsalternativ 1 kräva ca. 1 års arbeten.

6.4.3 Osäkerheter

I tabell 5 nedan listas för- och nackdelar med åtgärdsalternativ 1.

TABELL 5. FÖR- OCH NACKDELAR MED ÅTGÄRDSALTERNATIV 1.

+	-
Med återuppbyggnad, sanering och uppvärmning förlängs skorstenens livslängd.	Begränsar typ av användning av källarvåningen
Det blir säkrare att vistas i närheten av skorstenen liksom för nollalternativet.	Begränsar val av markanvändning
Skorstenen saneras och kommer inte utgöra en källa för vidare spridning liksom för nollalternativet.	Osäker åtgärd - avfallsoljan Det finns en stor risk för att inträngning av avfallsolja återkommer efter något år då källan inte är åtgärdad eftersom oljan i mark och grundvatten kring pannrummet kvarlämnas utan vidare åtgärd. Vidare så kommer sannolikt uppsamlingsbrunnen återfyllas vilket medför återkommande problem. Livslängden hos tätskiktet som installeras är också mycket osäkert.
Den värsta förekomsten av oljeföroreningen åtgärdas och därmed minskar hälsoriskerna, men hur mycket är oklart.	Osäkert hur väl insidan av skorstenen kan saneras när delar av konstruktionen samtidigt ska bevaras
	Eventuella befintliga, ej karterade, invändiga skador i skorstenens nedre del kan påverka stabiliteten framöver.
	Vid bevarande av skorstenen tillkommer merkostnader och underhållskostnader liksom i nollalternativet. Skillnaden mot nollalternativet blir att underhållskostnaderna (för uppvärmning mm) blir ännu större med en högre skorsten som i detta åtgärdsförslag. Framtida underhåll blir även mer avancerade och dyrare med en högre skorsten.
	Bevarande av skorstenen innebär även en miljöbelastning i form av kontinuerlig energiåtgång.
	Samma arbetsmiljörisker vid arbeten med skorstenen som i nollalternativet.
	Samma arbetsmiljörisker vid sanering av oljan som i nollalternativet
	Samma arbetsmiljörisker vid schaktsanering kring byggnaden som i nollalternativet

6.5 Åtgärdsalternativ 2

Skorstenen åtgärdas och invändiga sanerings- och exponeringsreducerande insatser utförs liksom nollalternativet. Därutöver åtgärdas oljeförorening i pannrum samt oljan i mark och grundvatten under och kring pannrummet med en in situ- sanering. Schaktsanering av omkringliggande mark utförs.

6.5.1 Beskrivning

Åtgärdsalternativ 2 innefattar att skorstenen hanteras på samma sätt som i åtgärdsalternativ 1, d v s en del av skorstenen rivs och insidan åtgärdas avseende dioxin, PCB och metaller. Därefter byggs skorstenen upp till, med Staden, överenskommen höjd med lock och uppvärmning. Se detaljerad beskrivning i avsnitt 6.2.1 under Åtgärdsalternativ 1.

Oljan i uppsamlingsbrunnen töms och ytskikt i källarvåningen saneras med hett vatten och lösningsmedel, liksom i nollalternativet. Den pågående marksaneringen färdigställs på fastigheten däribland i områden runt byggnaden. Skillnaden mot tidigare åtgärdsförslag är att oljeföroreningen i mark och grundvatten under och direkt i kring pannrummet åtgärdas med en in situ -åtgärd. Förhoppningen är att in situ-saneringen medför att ytterligare åtgärder för avfallsoljan i uppsamlingsbrunnen och på väggar och golv inte ska krävas eftersom målet med in situ- åtgärden är att källan ska avlägsnas. Båda förslag av in situ-åtgärder innefattar dock stora osäkerheter vad gäller måluppfyllelse och därför finns en risk att ytterligare åtgärder som kontrollprogram, installation av tätskikt eller ventilationsåtgärder kan bli aktuellt även i detta åtgärdsförslag. Det antas dock för kostnadsuppskattning i denna utredning att in situ sanering lyckas att eliminera föroreningen av olja i marklagren och att någon ny återkommande inträngning av avfallsoljan ej sker.

Restförorening av metaller hanteras inte med in situ-saneringen och lämnas därmed i marklagren under och direkt intill byggnaden. Kvarstående byggnadsdelar behålls och anpassas till nya verksamheter. Tidsåtgång och kostnader för ombyggnationer av kvarstående byggnadsdelar och/eller renoveringsarbeten har inte beaktats inom ramen för detta åtgärdsförslag, liksom i föregående åtgärdsförslag.

Föreslagna in situ metoder är kemisk oxidation i kombination med "pump and treat" och biologisk behandling (A) samt termisk behandling (B). Nedan beskrivs respektive metod mer detaljerat.

En tekniskt besvärande förutsättning för bägge in situ alternativen är att grundvattnet ligger högre än golvet och delar av väggarna i den djupast liggande delen av byggnaden. Denna förutsättning kommer ställa höga krav på installationer som behöver göras genom väggar och golv för att förhindra inläckage av förorenat grundvatten i byggnaden.

A. Kemisk oxidation i kombination med "pump and treat" och biologisk behandling

Åtgärdsförslaget omfattas av kemisk oxidation i samband med "pump and treat" för att avlägsna den fria fasen och föroreningen i höga koncentrationer. När den fria fasen sedan är avlägsnad tillsätts ett syreavgivande medel för öka den biologiska nedbrytningen.

Inledningsvis installeras injektionsbrunnar i golvplattan både i pannrummet och i golvet en våning upp (i närheten av pannrummets byggnadskropp). Dessa brunnar kan även användas som sugspetsar för vakuumenträkningen. Installationen sker genom att driva ner rören, antingen för hand eller med handhållen maskin. Om det skulle vara problematiskt att driva ner rören på det sättet finns möjlighet att istället göra hål i betongplattan och injektera ner behandlingsprodukten, vilket då får mätta området. Sugspetsarna får sedan installeras runt huskroppen.

Behandlingen fungerar principiellt genom att det kemiska oxidationsmedlet injekteras för att tvätta jordmassorna och på så sätt frigöra mer fri fas. Eftersom oljan är en verksamhetspecifik förorening kan oxidationsmedlet behöva anpassas och justeras för att fungera och trots det finns en osäkerhet i hur väl oxidationsmedlet kommer att verka på föroreningen. Dessa frågeställningar måste utredas i en projektering innan behandlingen kan påbörjas. Efter injektionen startas ett "pump and treat-system" som då får suga upp den fria fasen. När det via pumpningen inte extraheras någon mer fri fas injekteras det kemiska oxidationsmedlet ytterligare en gång för att tvätta ur massorna på nytt och frigöra mer fri fas, vilket i sin tur tas om hand av pump and treat-systemet liksom föregående omgång, och så fortgår det till dess att all fri fas är avlägsnad och ingen "rebound" uppstår. Uppskattningsvis krävs cirka 3 injekteringsomgångar. Därefter följer två injekteringsomgångar med en produkt som ska hantera höga koncentrationer av föroreningen och den sista injekteringsomgången sker med det syreavgivande medlet som ökar den naturliga biologiska nedbrytningen av oljeprodukten. Totalt bedöms behandlingen omfatta 6 injekteringsomgångar. Varje injekteringsomgång bedöms ta cirka en vecka och det krävs 2 veckors uppehåll mellan varje injekteringsomgång. För 6 injekteringsomgångar uppskattas därmed en tidsåtgång om cirka 16 veckor.

Den fria fasen bör avlägsnas under ett lågt undertryck, för att endast få upp den fria fasen och inte så mycket grundvatten, eftersom även det kommer att kräva behandling. Grundvattnet kommer att behandlas på plats med en oljeavskiljare och uppsamlingskärl som sedan töms med sugbil.

Uppföljning sker sedan under ett år med hjälp av grundvattenprovtagning i installerade grundvattenrör.

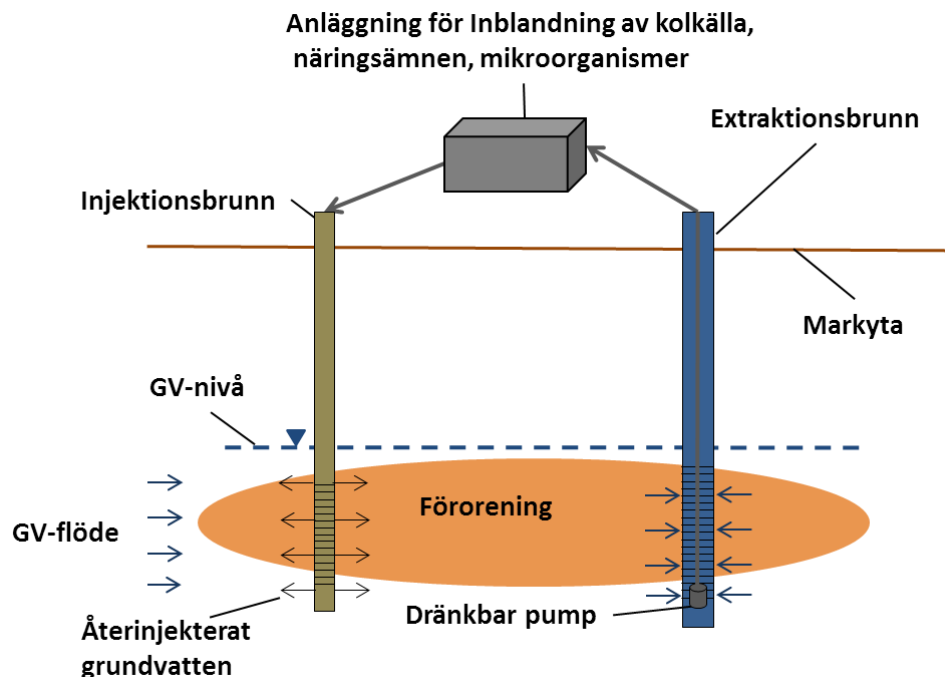
En entreprenör som utför denna typ av in situ-behandling har bedömt den totala tidsåtgången för behandling med kemisk oxidation i kombination med biologisk behandling till 1 år och 4 månader fördelat enligt följande:

- Provtagning och förberedande arbeten: 1 månad
- Drifttid (injekteringar inklusive de uppehåll som krävs och drift av pump and treat-anläggning): 4 månader
- Uppföljning och provtagning: 1 år

Kostnaden uppskattas till 2,6 MSEK för ett behandlingsområde om 250 m² jord och ett djup på 1,5 m. Om behandlingsområdet istället uppgår till 500 m², men med bibehållet djup uppskattas kostnaden

till 4 MSEK. För att kunna göra en noggrannare kostnadsuppskattning krävs vidare projektering, exempelvis genom schaktning kring pannrummet för att uppskatta mängden förorenad jordvolym. Pump and treat-anläggningen kostar ca 200 000 SEK per driftmånad. I priset ingår design, utförande, efterkontroll och rapportering.

Vanliga tekniska tillvägagångssätt vid stimulerad biologisk nedbrytning är "The Raymond process" (figur 6) eller biosparging. The Raymond Process baseras på att det förorenade grundvattnet pumpas via en eller flera extraktionsbrunnar där näringsämnen, mikroorganismer och elektronacceptorer tillsätts till grundvattnet för att sedan pumpas tillbaka ner i marken via injektionsbrunnar. Grundvattenpumpningen ökar effektiviteten genom att tillsatserna transporteras snabbare än när naturliga gradientförhållanden råder vilket också medför en ökad kontakttid mellan föroreningen och det tillsatta substratet. Biosparging innebär att närings- och bakterielösningen och i vissa fall även elektondonator/acceptor tillförs det förorenade området via injektionsrör utan att grundvattenpumpning sker. Injektionsrören kan, till skillnad från förinstallerade extraktions- och injektionsbrunnar, snabbt tas upp ur marken och flyttas mellan olika punkter inom det förorenade området (SGF, 2019).



FIGUR 6. EN SCHEMATISK FIGUR ÖVER "THE RAYMOND PROCESS" MED EN EXTRAKTIONSBRUNN DÄR GRUNDVATTEN PUMPAS UPP OCH DET TILLSÄTTS KOLKÄLLA, NÄRINGSÄMNER OCH MIKROORGANISMER FÖR ATT SEDAN PUMPAS TILLBAKA NER I DET FÖRORENADE OMRÅDET DÄR DEN BIOLOGISKA NEDBRYTNINGEN TAR VID (SGF, 2019).

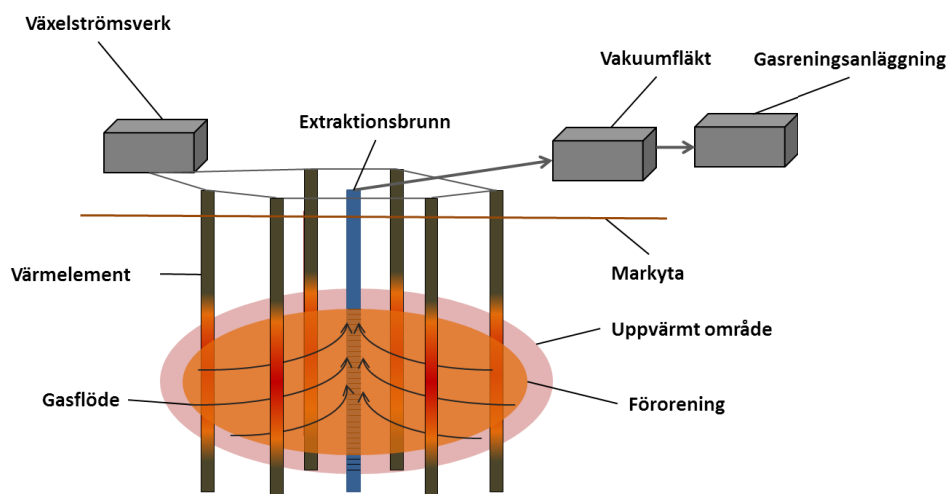
En fördel med metoden är att den kan tillämpas både i den omättade och mättade markzonen vilket innebär att den kan komma åt oljeföroreningen både på det ytliga fyllnadsmaterialet under byggnaden likväl som det oljehaltiga grundvattnet. Metoden fungerar även bra i genomsläppliga

jordar (vilket är karaktären för fyllnadsmaterialet under och kring byggnadskroppen) eftersom bakterierna då kan sprida sig i jordmaterialet och komma åt föroreningarna bra. För lågpermeabla zoner (som den underliggande leran) har användning av additiv/substanser i slurry eller emulsion visat sig fungera väl (SGF, 2019).

En stor osäkerhet med biologisk behandling är hur väl den fungerar på den typ av olja som förekommer i projektområdet. Eftersom oljans ursprung inte är känd och dess egenskaper inte är fullständigt klarlagda är det svårt att avgöra hur väl nedbrytningen skulle komma att ske. Utifrån utförda analyser utgörs oljan i huvudsak av tyngre kolväten som innebär ett mer osäkert nedbrytningsresultat. Vid tillämpning av denna behandling som ensam metod skulle förmodligen ett pilotförsök i liten skala rekommenderas som första steg för att utvärdera hur väl metoden fungerar. Ytterligare en försvårande faktor och risk med metoden är förekomsten av olja i egen fas då bakterierna inte överlever vid för höga föroreningshalter. Det kan i värsta fall leda till att nedbrytningsprocessen avstannar. Dessa två nackdelar bör dock kunna minskas i presenterat åtgärdsförslag eftersom metoden föreslås som ett komplement till kemisk oxidation i kombination med "pump and treat" som först eliminerar de högsta föroreningshalterna.

B. Termisk behandling

Åtgärdsförslaget med termisk behandling genom konduktiv uppvärmning syftar till att värma upp det förorenade området så att oljan förångas och kan avlägsnas tillsammans med grundvattnet. Värmebrunnar och extraktionsbrunnar installeras med hjälp av en mindre borrhandsvagn genom pannrummets golv och väggar till den förorenade fyllningsjorden. Uppskattningsvis krävs 15-20 st. värmebrunnar och 8-10 st. extraktionsbrunnar. Uppvärmningen sker med hjälp av el eller gas till en måltemperatur på uppskattningsvis 250-350°C, som innebär att oljan i jorden förångas och därefter kan extraheras tillsammans med oljeförorenat grundvatten. Den extraherade vätskan och gasen kyls och renas i filter med aktivt kol. I figur 7 visas en schematisk skiss över hur en termisk behandling med hjälp av konduktiv uppvärmning kan se ut.



FIGUR 7. ELEKTRISK KONDUKTIV UPPVÄRMNINGSSYSTEM MED EFTERBAEHANDLING AV EXTRAHERADE GASER FRÅN FÖRORENINGEN. VÄRMEELEMENTETN DRIVS AV VÄXELSTRÖMSVERK. UPPVÄRMNINGEN LEDER TILL ATT ÄMNEN AVGÅR I GASFAS VILKA DRIVS UT GENOM EXTRAKTIONSBRUNEN OCH RENAS I EN GASRENINGSANLÄGGNING (SGF, 2019).

För denna åtgärds metod krävs en vidare projektering innan behandlingen kan påbörjas. I projekteringen behöver omfattningen av den förorenade jordvolymen bestämmas liksom oljans förångningstemperatur. Förslagsvis bestäms detta genom att först schakta kring de befintliga oljecisternerna som ligger i marken på någon meters djup väster om pannrummet och ta bort all åtkomlig förorenad jord mot anslutande källarvägg till pannrummet, samtidigt som oljeförorenat länsvatten pumpas upp och renas på plats. Genom att bottensulan friläggs fås en betydligt bättre bild av föroreningssituationen och detaljerna av installation för den termiska behandlingen kan ta form.

En entreprenör som utför denna typ av saneringar har gjort en platsspecifik bedömning och kostnadsuppskattning för den termiska behandlingen av pannrummet om totalt 10-13 månader med följande fördelning:

- Projektering och inköp: 2-3 månader
- Installation: 1-2 månader
- Drift: 3-6 månader
- Uppföljning: 2 månader

Entreprenören har även gett en indikation av saneringskostnaden för behandlingen även om, den är svår att bedöma innan projekteringen är klar. Uppskattningsvis rör sig totalkostnaden för denna typ av termisk in situ-sanering om cirka 5-6 Mkr.

6.5.2 Kostnad och tidsåtgång

Åtgärdsalternativ 2A

Åtgärd enligt alternativ 2 med in situ behandling A skattas till följande åtgärds kostnad fördelad på delmoment:

Allmänna kostnader inkluderat projektering och upphandling för utförande	1,8 Mkr
Skorstensåtgärder	8,5 Mkr
Byggnadsåtgärder	0,8 Mkr
Marksanering, schakt och in situ	5,5 Mkr
Övriga allmänna etableringskostnader och arbetsledning	7,0 Mkr
Riskpåslag för oförutsett/tillkommande 15%	3,5 Mkr
Entreprenörsarvode 10%	2,7 Mkr
Totalkostnad alternativ 2A	29,9 Mkr

Utöver totalkostnaden för detta alternativ innebär denna åtgärd framtida årliga driftkostnader i form av underhåll- och energikostnader för skorstenen.

Behandlingstiden upptar vanligen 1,5 år, där in situ-behandlingen är den begränsande faktorn. Därutöver kräver åtgärden uppföljning och eventuellt ett kontrollprogram som kan ta allt från någon månad till ett par år.

Åtgärdsalternativ 2B

Åtgärd enligt alternativ 2 med in situ behandling B skattas till följande åtgärdskostnad fördelad på delmoment:

Allmänna kostnader inkluderat projektering och upphandling för utförande	1,8 Mkr
Skorstensåtgärder	8,5 Mkr
Byggnadsåtgärder	0,8 Mkr
Marksanering, schakt och in situ	7,5 Mkr
Övriga allmänna etableringskostnader och arbetsledning	7,0 Mkr
Risnpåslag för oförutsett/tillkommande 15%	3,8 Mkr
Entreprenörsarvode 10%	2,9 Mkr
Totalkostnad alternativ 2B	32,3 Mkr

Utöver totalkostnaden innebär denna åtgärd framtida årliga driftkostnader i form av underhåll- och energikostnader för skorstenen.

Den totala behandlingstiden uppskattas till drygt 1 år, där in situ behandlingen i form av termisk behandling utgörs av 10-13 månader behandlingstid. Därutöver kräver åtgärden uppföljning och eventuellt ett kontrollprogram som kan ta allt från någon månad till ett par år.

6.5.3 Osäkerheter

Ett generellt problem för situ- åtgärder är osäkerheten av metodens effektivitet i riskreducering eftersom resultatet ofta beror av platsspecifika förutsättningar. Vanligen krävs därför en noggrann projektering som också ingår i åtgärdsförslag 2A och 2B. I tabell 5 presenteras för- och nackdelar med åtgärdsförslag 2A-B.

TABELL 6. FÖR- OCH NACKDELAR MED ÅTGÄRDSALTERNATIV 2A.

+	-
<p>In-situ i form av kemisk oxidation med biologisk behandling har vissa fördelar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Behandlingen kan utföras samtidigt som byggnaden kan bevaras • relativt välbeprövad metod för att vara in situ • fungerar bra i genomsläppliga jordar (fyllnadsmaterialet) • fungerar både ovan och under grundvattenytan 	Stora osäkerheter i måluppfyllelse
Skorstenens livslängd förlängs liksom föregående åtgärdsalternativ	Lång behandlingstid
Olycksrisker förknippade med vistelse i närheten av skorstenen elimineras liksom i föregående åtgärdsalternativ	Kostsam metod (p.g.a. den kemiska oxidationen och biologiska behandlingen)
Skorstenen saneras och kommer inte utgöra en källa för vidare spridning liksom tidigare alternativ	Kräver en omfattande projektering inkl. kostsamma pilotförsök, då det är en verksamhetsunik förorening
	Sannolikt svårt att få tätt kring håltagningar i golv mm som följd av att källargolv och föroreningen är under grundvattenytan
	Känslig för miljöfaktorer såsom markttemperatur (nedbrytningshastigheten gynnas av högre temperatur och ett pH mellan 6-8)
	Lång uppföljningstid enligt förslag från entreprenör. Dock ökar detta möjligheten att utvärdera behandlingsresultatet vilket är positivt.
	Vid bevarande av skorstenen tillkommer merkostnader och underhållskostnader liksom i nollalternativet. Skillnaden mot nollalternativet blir att underhållskostnaderna (för uppvärmning mm) blir ännu större med en högre skorsten som i detta åtgärdsförslag. Framtida underhåll blir även mer avancerade och dyrare med en högre skorsten.
	Bevarande av skorstenen innebär även en miljöbelastning i form av kontinuerlig energiåtgång.
	Samma arbetsmiljörisiker vid arbeten med skorstenen som i nollalternativet.
	Samma arbetsmiljörisiker vid sanering av oljan som i nollalternativet och åtgärdsalternativ 1
	Samma arbetsmiljörisiker vid schaktsanering kring byggnaden som i nollalternativet

TABELL 7. FÖR- OCH NACKDELAR MED ÅTGÄRDSALTERNATIV 2B.

+	-
<p>In situ i form av termisk behandling har vissa fördelar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • behandlingen kan utföras samtidigt som byggnaden kan bevaras • fungerar för alla jordtyper • fungerar både ovan och under grundvattenytan 	Stora osäkerheter i målpuffyllelse
Passar bra som saneringsmetod under byggnad då grundläggningen fungerar som isolerande "lock" över det värmebehandlade området. Vid behandling av öppna markytor måste en betongplatta gjutas.	Kräver en omfattande projektering inkl. kostsamma pilotförsök, då det är en verksamhetsunik förorening
Skorstenens livslängd förlängs liksom föregående åtgärdsalternativ	Projekteringsarbetet förutsätter att det är möjligt att schakta nära skorstenen och pannrummets grundläggning. Ej klargjort hur väl det kan fungera med hänsyn till berg och grundvatten.
Olycksrisker förknippade med vistelse i närheten av skorstenen elimineras liksom föregående åtgärdsalternativ	Extremt kostsamt åtgärdsförslag (p.g.a. den termiska behandlingen)
Skorstenen saneras och kommer inte utgöra en källa för vidare spridning liksom tidigare alternativ	Passar bättre på lättflyktiga ämnen, osäkert hur väl resultatet blir på tyngre kolväten
	Tar lång tid innan markområdet har svalnat till ursprungligt tillstånd (räknas ej in i behandlingstid)
	Sannolikt svårt att få tätt kring håltagningar i golv mm som följd av att källargolv och föroreningen är under grundvattenytan
	Vid bevarande av skorstenen tillkommer merkostnader och underhållskostnader liksom i nollalternativet. Skillnaden mot nollalternativet blir att underhållskostnaderna (för uppvärmning mm) blir ännu större med en högre skorsten som i detta åtgärdsförslag. Framtida underhåll blir även mer avancerade och dyrare med en högre skorsten.
	Bevarande av skorstenen innebär även en miljöbelastning i form av kontinuerlig energiåtgång.
	Samma arbetsmiljörisker vid arbeten med skorstenen som i nollalternativet.
	Samma arbetsmiljörisker vid sanering av oljan som i nollalternativet och åtgärdsalternativ 1
	Samma arbetsmiljörisker vid schaktsanering kring byggnaden som i nollalternativet

6.6 Åtgärdsförslag 3

Riv skorsten och del av byggnad samt schaktsanera samtlig mark som innehåller halter över KM. Förorenat grund- och markvatten som blir tillgängligt åtgärdas. Schaktsanering av övrig omkringliggande mark utförs.

6.6.1 Beskrivning

Åtgärdsförslag 3 innefattar att hela skorstenen rivs samt den norra delen av byggnadskroppen inklusive källardelen och pannrummet, se Figur 8. Den norra delen av byggnaden som rivs är en tillbyggnad till övriga byggnadskroppen och utgör därmed en naturlig gränsdragning i den delvisa rivningen som ingår i detta åtgärdsförslag. Efter rivning saneras all tillgänglig mark som innehåller halter över KM avlägsnas genom schaktsanering. Uppskattningsvis rör det sig om ca 1800 m³ jordmassor. Volymen avgörs dock helt av djupet till bergytan och föroreningens utbredning horisontellt vilket inte är känt idag. Förorenat grund- och markvatten som blir tillgängligt åtgärdas genom länsvattenpumpning och uppsamling i container för provtagning och vidare hantering. Länsvattenhanteringen kan anpassas beroende på uppmätta halter och volymer, men en trolig lösning utgörs av rening på plats med grovrening, oljeavskiljare och kolfilter. Aktiv miljökontroll inklusive provtagning utförs i samband med marksaneringsarbetet för att säkerställa en korrekt masshantering i samband med kvittblivning. Kvarstående byggnadsdelar behålls och anpassas till nya verksamheter. Undantaget uppförande av ny norrvägg som ersättning för den borttagna byggnadsdelen så har tidsåtgång och kostnader för ombyggnationer och/eller renoveringsarbeten inte beaktats inom ramen för denna åtgärdsutredning, liksom i föregående åtgärdsförslag.

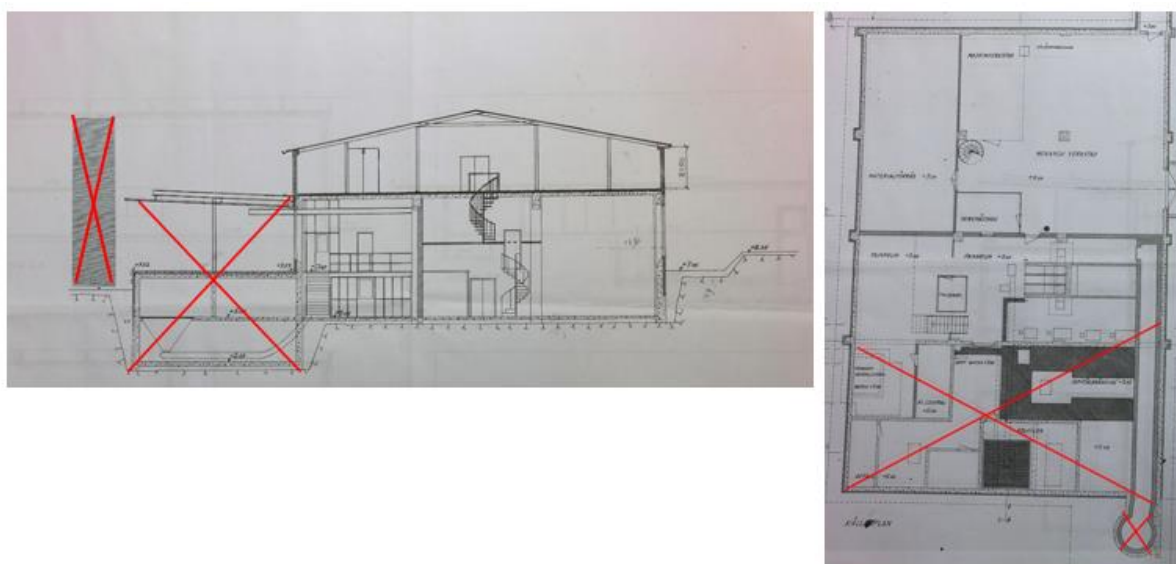
Skorstenen rivs med samma metodik som har presenterats i åtgärdsförslag 1 och 2 fast i detta förslag hela vägen ned till fundamentet. Vid rivningen av skorsten sorteras påverkad tegel (raden längst in) och provtas för korrekt avfallshantering. Resten av skorstensteglet kan återanvändas ifall det finns behov.

Innan rivningen av huset kan påbörjas saneras det först invändigt. Utförd miljöinventering har påvisat förekomst av asbest i form av isolering i rörböjar, kvicksilver i lysrör, övriga metaller i bl.a. ventilationskanaler och elkanalisationer samt diverse elavfall. Vid rivningen av huset sker standardåtervinning och separering av överbyggnad. Betong i källardelen som är utsatt för föroreningar skall kontrolleras och synliga föroreningar som kan rengöras med högtryckstvätt åtgärdas i ett saneringsområde där tvättvatten samlas upp i länsvattenhanteringen.

Byggnaden är utförd med platsgjuten armerad betong som kräver noggrann planering av arbetsordning vid rivning, även närheten till skorstenen skall beaktas. Vid rivning av källaren, så krävs en ramp för byggmaskiner för borttransport av rivna betongfundament, golvplatta och källarväggar. Rampens placering kan påverka byggtrafiken och andra byggaktiviteter i området. Innan rivning av betongbjälklaget vid marknivå skall snedstagnning av källarväggar utföras för att klara jordtrycket. Detta har påverkan på hur nära tunga rivningsmaskiner kan stå i närheten av byggnaden. Stora

vibrationer från fallande riven betong och annat tungt byggmaterial får ej fortplantas genom berget till skorstenen.

Tätning av den öppna kvarvarande delen av byggnaden, nya fasadväggar och anslutningar till taket görs. Anpassning av kvarvarande stommen vid rivningsnittet krävs också. Installationer skall ses över och kompletteras med nytt fläktrum, ny ventilation och uppvärmning samt el.



FIGUR 8. BYGGNADSRITNINGAR MED MARKERINGAR I FORM AV RÖDA KRYSS FÖR DE DELAR (SKORSTEN OCH NORRA DEL AV BYGGNAD) SOM PLANERAS ATT RIVAS I ÅTGÄRDSFÖRSLAG 3.

6.6.2 Kostnad och tidsåtgång

Åtgärd enligt alternativ 3 skattas till följande åtgärdskostnad fördelad på delmoment:

Allmänna kostnader inkluderat projektering och upphandling för utförande	1,0 Mkr
Skorstensåtgärder	0,6 Mkr
Byggnadsåtgärder	2,1 Mkr
Marksanering	2,0 Mkr
Övriga allmänna etableringskostnader och arbetsledning	4,8 Mkr
Risnpåslag för oförutsett/tillkommande 15%	1,6 Mkr
Entreprenörsarvode 10%	1,2 Mkr
Totalkostnad alternativ 3	13,2 Mkr

För utförande av åtgärdsalternativ 3 beräknas att ca 1 års arbeten kommer att krävas.

6.6.3 Osäkerheter

TABELL 8. FÖR- OCH NACKDELAR MED ÅTGÄRDSALTERNATIV 3.

+	-
God riskreduktion Större delen av föroreningarna i skorsten, mark och grundvatten bedöms kunna avlägsnas	Hög energi- och resursförbrukning (transporter etc.)
Åtgärdsförslaget begränsar inte val av markanvändning och utnyttjande av byggnaden förutsatt att det vid utförande inte visar sig finnas betydande föroreningrester kvar under den byggnadsdel som avses sparas	Rivning av del av byggnad kan medföra risk för att föroreningens utbredning påverkas och sprids (t.ex., via grundvatten) under själva rivningsarbetet. Det kan även innebära risk för att skada de byggnadsdelar som skall behållas.
Schaktsanering har många fördelar, b.l.a: <ul style="list-style-type: none"> • är en välbeprövad metod och innebär därmed små osäkerheter vad gäller måluppfyllelse • fungerar i alla typer av jordar • fungerar bra ovan grundvattenyta och även relativt bra en bit under grundvattenytan 	Vissa osäkerheter kvarstår <ul style="list-style-type: none"> • Föroreningens utbredning i mark och grundvatten är ej klarlagd. Finns risk att utbredningen är större än området under byggnadsdelen som rivs. • En del jordmassor kommer att tvingas kvarlämnas i schaktväggar/slänter mot byggnadsdelar som skall bevaras. Beroende på föroreningens innehåll kan dessa komma utgöra restföroreningar som i värsta fall kan påverka nyttjandet av området negativt.
Olycksrisker förknippade med vistelse i närheten av skorstenen elimineras helt då den rivs	Utöver de arbetsmiljörisiker som förekommer vid schaktsanering kring byggnaden tillkommer i samband med schakt under den rivna byggnadsdelen även risker vid: <ul style="list-style-type: none"> • Förekomst av oljeförorening i fri fas som kan ge upphov till skadliga halter av flyktiga kolväten eller besvärande lukt i utomhusmiljön under pågående schaktarbete
Med rivning av skorstenen så utgår kostnader och arbetsmoment som gäller renovering och sanering. Även driftkostnader för uppvärmningen, skötsel och underhåll för skorstenen utgår.	
Skorsten kommer inte utgöra en källa för vidare spridning då den rivs	
Kända föroreningsskällor i och under byggnad blir åtgärdade och kommer inte utgöra en källa för vidare spridning	
Flertal riskfyllda arbetsmoment avseende arbetsmiljö uteblir då skorstenen rivs samt avseende vissa invändiga oljesaneringsarbeten, jfr nollalternativet m fl.	

6.7 Åtgärdsförslag 4

Åtgärda del av skorstenen och riv hela byggnaden. Schaktsanera samtlig mark som innehåller halter över åtgärds målet. Restförening på djupet närmast skorstenen lämnas. Förorenat grund- och markvatten som blir tillgängligt åtgärdas. Bygg ett utrymme för aggregat för uppvärmning av skorstenen.

6.7.1 Beskrivning

Åtgärdsförslag 4 innebär att skorstenen åtgärdas på samma sätt som i åtgärdsalternativ 1, d v s en del av skorstenen rivs och insidan åtgärdas avseende dioxin, PCB och metaller. Därefter byggs skorstenen upp till, med Staden, överenskommen skorstenshöjd med lock och uppvärmning. För en detaljerad beskrivning av åtgärder avseende skorstenen hänvisas till avsnitt 6.2.1 under Åtgärdsförslag 1. Det som skiljer detta åtgärdsförslag mot tidigare presenterade alternativ avseende skorstenen är att externa delar för skorstensinstallationen (ventilationsaggregat, undercentral för fjärrvärme etc.) inte kan placeras i byggnaden eftersom den rivs. Därför tillkommer byggnation av ett litet utrymme (ca 3 x 4 m) i anslutning till skorstenen där externa delar för installationen kan placeras.

I detta åtgärdsförslag hanteras alla övriga föroreningar genom att hela panncentralen rivs. I och med rivningen kan samtlig underliggande mark, både under pannrummet och byggnadens övriga delar, schaktsaneras så att all jord med halter över åtgärds målet avlägsnas. Det som skiljer detta åtgärdsförslag mot åtgärdsalternativ 3 är mängden jord som blir tillgänglig för schaktsanering och omhändertagande, uppskattningsvis rör det sig om ca 2 200 m³ vilket är något mer än mängden som har uppskattats i åtgärdsalternativ 3.

Vid rivningen av huset är standardåtervinning och separering av överbyggnad. Betong i fundamentet knackas bort och tas upp i så stora delar som möjligt. Dessa delar kontrolleras för synliga föroreningar och om synlig förorening noteras så rengörs de betongdelarna med högtryckstvätt installerad i saneringsområde. Tvättvatten samlas upp i länsvattenhanteringen.

För jord ovanför grundvattenyta är åtgärds målet att ta bort jord med halter över KM och för jord under grundvattenyta innebär det halter över PSRV C. Förorenat grund- och markvatten som blir tillgängligt åtgärdas genom länsvattenpumpning och uppsamling i container för provtagning och vidare hantering. Länsvattenhanteringen kan anpassas beroende på uppmätta halter, men en trolig lösning utgörs av rening på plats med grovrening, oljeavskiljare och kolfilter. Aktiv miljökontroll utförs i samband med marksaneringsarbetet. Om möjlighet finns kan jordmassorna som blir tillgängliga under byggnad förklassificeras genom provtagning innan schaktstart, alternativt provtas massorna kontinuerligt i samband med schakt för att säkerställa en korrekt masshantering i samband med kvittblivning.

6.7.2 Kostnad och tidsåtgång

Åtgärd enligt alternativ 4 skattas till följande åtgärdskostnad fördelad på delmoment:

Allmänna kostnader inkluderat projektering och upphandling för utförande	1,8 Mkr
Skorstensåtgärder	8,5 Mkr
Byggnadsåtgärder	3,3 Mkr
Marksanering	2,4 Mkr
Övriga allmänna etableringskostnader och arbetsledning	8,5 Mkr
Riskpåslag för oförutsett/tillkommande 15%	3,7 Mkr
Entreprenörsarvode 10%	2,8 Mkr
Totalkostnad alternativ 4	30,9 Mkr

Utöver totalkostnaden för detta alternativ innebär denna åtgärd framtida årliga driftkostnader i form av underhåll- och energikostnader för skorstenen.

För utförande av åtgärdsalternativ 4 uppskattas att ca 1,5 års arbeten kommer att krävas.

6.7.3 Osäkerheter

TABELL 9. FÖR- OCH NACKDELAR MED ÅTGÄRDSALTERNATIV 4.

+	-
Maximal riskreduktion I stort sett all förorening avlägsnas	Hög energi- och resursförbrukning (transporter etc.)
Små osäkerheter Rivning och schaktsanering görs i ett större område och osäkerheterna om måluppfyllelse är därmed små (finns mer marginal för föroreningens okända utbredning)	Vissa osäkerheter kring skorstenens måluppfyllelse och fortsatta drift finns.
Schaktsanering har många fördelar, b.l.a: <ul style="list-style-type: none"> • är en välbeprövad metod och innebär därmed små osäkerheter vad gäller måluppfyllelse • fungerar i alla typer av jordar • fungerar bra ovan grundvattenyta och även relativt bra en bit under grundvattenytan 	Extern mindre byggnad behöver byggas för utrustning av skorstensinstallationer
Färre restföroreningar lämnas i samband med marksaneringen eftersom inga schaktväggar/släntertvingas kvarlämnas mot byggnad då den rivs.	Samma arbetsmiljörisiker vid schaktsanering som i alternativ 3
Begränsar inte val av markanvändning och utnyttjande av byggnaden. Bättre nyttjande av marken för ny bebyggelse.	Vid bevarande av skorstenen tillkommer merkostnader och underhållskostnader liksom i nollalternativet. Skillnaden mot nollalternativet blir att underhållskostnaderna (för uppvärmning mm) blir ännu större med en högre skorsten som i detta åtgärdsförslag. Framtida underhåll blir även mer avancerade och dyrare med en högre skorsten.
Skorstenens livslängd förlängs liksom åtgärdsalternativ 0, 1 och 2	Bevarande av skorstenen innebär även en miljöbelastning i form av kontinuerlig energiåtgång.
Olycksrisiker förknippade med vistelse i närheten av skorstenen elimineras liksom åtgärdsalternativ 0, 1 och 2	Samma arbetsmiljörisiker vid arbeten med skorstenen som i alternativ 1.
Föroreningar i skorstenen blir sanerade och kommer inte utgöra en källa för vidare spridning liksom i åtgärdsalternativ 0, 1 och 2	Mindre restförorening lämnas på djupet i direkt anslutning till skorstenens fundament
Flertal riskfyllda arbetsmoment avseende arbetsmiljö uteblir då byggnaden rivs.	
Risk för spridning av föroreningen i samband med rivning (som förekommer i alternativ 3) uteblir i detta förslag när hela byggnaden rivs och samtlig underliggande mark frigörs och kan saneras.	

6.8 Åtgärdsförslag 5

Riv skorstenen och hela hus 33. Schaktsanera alla mark med halter över åtgärds målet som blir tillgänglig under byggnad samt intill skorsten. Förorenat grund- och markvatten som blir tillgängligt åtgärdas.

6.8.1 Beskrivning

Detta åtgärdsförslag innebär att skorstenen rivs med samma metodik som i åtgärdsförslag 3 samt att hus 33 rivs likt åtgärdsförslag 4. I detta åtgärdsförslag hanteras samtliga föroreningar, både metall, dioxin och PCB-föroreningen som förekommer i skorstenen och oljeföroreningen som förekommer i pannrummet samt i mark och grundvatten i anslutning till byggnaden. Rivningen av skorstenen medför att alla långsiktiga risker som kan förknippas med den elimineras helt. I och med rivningen av hus 33 kan samtlig underliggande mark, både under pannrummet och byggnadens övriga delar, schaktsaneras så att förorenat grundvatten och all jord med halter över åtgärds målet avlägsnas. En skillnad mot rivningen i åtgärdsförslag 4 är att ytterligare mark blir tillgänglig i direkt anslutning till skorstenens fundament i samband med att även den rivs vilket medför att även denna jord kan åtgärdas. Detta resulterar i en minimering av volym kvarlämnade förorenade jordrester.

6.8.2 Kostnad och tidsåtgång

Åtgärd enligt alternativ 5 skattas till följande åtgärds kostnad fördelad på delmoment:

Allmänna kostnader inkluderat projektering och upphandling för utförande	1,0 Mkr
Skorstensåtgärder	0,6 Mkr
Byggnadsåtgärder	1,8 Mkr
Marksanering	2,4 Mkr
Övriga allmänna etableringskostnader och arbetsledning	2,0 Mkr
Riskpåslag för oförutsett/tillkommande 15%	1,2 Mkr
Entreprenörsarvode 10%	0,9 Mkr
Totalkostnad alternativ 5	9,9Mkr

För utförande av åtgärdsalternativ uppskattas att ca 0,5 års arbeten kommer att utföras.

6.8.3 Osäkerheter

TABELL 10. FÖR- OCH NACKDELAR MED ÅTGÄRDSALTERNATIV 5.

+	-
Maximal riskreduktion I stort sett all förorening avlägsnas	Hög energi- och resursförbrukning (transporter etc.)
Kostnadseffektivt åtgärdsförslag	För byggnaden, en del av rivna betong och byggnadsdelar är kontaminerade, dessa kräver deponi samt åtgärder mot arbetsmiljörisker.
Minimala osäkerheter Rivning och schaktsanering görs i ett större område och osäkerheterna om måluppfyllelse är därmed små (finns mer marginal för föroreningens okända utbredning). I detta förslag elimineras dessutom osäkerheterna kring måluppfyllelse avseende skorstenen.	En del av rivet tegel har rester av brända kemikalier och betongfundamentet har kontakt med kemikalier i grundvattnet. Dessa kräver deponi.
Schaktsanering har många fördelar, b.l.a: <ul style="list-style-type: none"> • är en välbeprövad metod och innebär därmed små osäkerheter vad gäller måluppfyllelse • fungerar i alla typer av jordar • fungerar bra ovan grundvattenytan och även relativt bra en bit under grundvattenytan 	Samma arbetsmiljörisker vid schaktsanering som i alternativ 3 och 4
Risk för spridning av föroreningen i samband med rivning (som förekommer i alternativ 3) uteblir i detta förslag när hela byggnaden rivs och samtlig underliggande mark frigörs och kan saneras.	
Begränsar inte val av markanvändning och utnyttjande av byggnaden	
Marken kan utnyttjas för ny byggnad som anpassas till området med nya funktioner, bättre nyttjandegrad och bättre energisparande åtgärder enligt senaste normer och föreskrifter. Bättre sikt för grannbyggnader.	
Olycksrisker förknippade med vistelse i närheten av skorstenen elimineras helt då den rivs	
Med rivning av skorstenen så utgår kostnader och arbetsmoment som gäller renovering och sanering. Även driftkostnader för uppvärmningen, skötsel och underhåll för skorstenen utgår.	
Skorstenen kommer inte utgöra en källa för vidare spridning då den rivs	
Kända föroreningskällor i och under byggnad blir åtgärdade och kommer inte utgöra en källa för vidare spridning	
Flertal riskfyllda arbetsmoment avseende arbetsmiljö uteblir då skorstenen och byggnaden rivs, jmf nollalternativet m.fl.	

7 Riskvärdering och rekommendation

I utvärderingen av presenterade åtgärdsförslag har riskreduktionen jämförts i relation med kostnad, tidsåtgång och osäkerheter (Tabell 11). En viktig aspekt i utvärderingen av alternativen har varit vilken trygghet de olika alternativen ger i ett långsiktigt perspektiv. När stora investeringar görs för att åtgärda problembilden på området är det viktigt att osäkerheterna är så pass små att problembilden inte bara reduceras tillfälligt utan även i ett långsiktigt perspektiv. Om området ska kunna nyttjas för framtida verksamheter som en del i ett nytt bostadsområde måste åtgärderna resultera i en riskreduktion som är bestående. Det bästa sättet att uppnå det i ett förorenat område är att eliminera källan till föroreningen.

En annan generell aspekt avseende de identifierade åtgärdsalternativen är att samtliga alternativ som innebär att skorstenen ska bevaras medför förutom de nu föreslagna insatserna för renovering/restaurering att en löpande framtida kostnad och miljöpåverkan uppstår. Detta för underhåll och energiåtgång vilket ska värderas i relation till att skorstenen sedan länge och framgent inte fyller någon praktisk funktion. Därtill kommer ansvarsfrågan för dessa drift- och underhållsfrågor.

Huset är byggt under andra världskriget med dåtidens gällande sparkrav på material och kvalitet samt arbetskostnader. Genom flera ombyggnader har de gamla detaljerna bytts ut. Endast är betongstommen kvar med smärre ändringar men ytskikten och övrig utrustning är utbytta. Bedömning av kulturhistoriskt värde omfattas inte i denna utredning men bör beaktas vid val av vilka byggnader inom Lövholmen som ska bevaras.

Nollalternativet och åtgärdsförslag 1 anses inte uppnå tillräckligt god långsiktig riskreduktion i och med att oljeföroreningen i mark och grundvatten inte åtgärdas samt att föroreningskällan avseende avfallsoljan inte heller åtgärdas. Åtgärder avseende skorstenen anses dock dugliga. Att problemreduktionen i grunden är låg, den relativt höga kostnaden i kombination med att förslagen innebär stora osäkerheter avseende exponeringsrisker ur ett längre tidsperspektiv gör att alternativen inte bedöms som lämpliga. En ytterligare nackdel med alternativen är att tidsåtgången för kontrollprogram och de återkommande insatserna för att uppnå en föroreningsreduktion av någon betydelse riskerar att behöva pågå under många år.

Åtgärdsalternativ 2 med en in situ-sanering ger om den valda metoden fungerar en bättre långsiktig riskreduktion, men är istället extremt kostsam. Därutöver är osäkerheterna fortfarande stora avseende hur väl åtgärderna lyckas reducera den här förekommande ovanliga avfallsoljeblandningen liksom osäkerheter kring tidsåtgången för utförande, vilket gör att kostnadsbilden inte bedöms överväga nackdelarna. Åtgärder avseende skorstenen anses dock dugliga.

Åtgärdsalternativ 3–5 genererar sannolikt vid samtliga alternativ en tillräckligt god långsiktig riskreduktion för att området ska kunna nyttjas för nya verksamheter. Vad gäller dessa åtgärdsförslag

är alternativ 5 allra bäst avseende arbetsmiljöaspekter för utförande och riskreduktion och innebär samtidigt minst osäkerheter. Kostnaden och tidsåtgången för att riva både skorsten och byggnad med efterföljande marksanering är lägre än vid alternativen med att riva delar av byggnaden/skorsten, vilket innebär att en högre problemreduktion med färre arbetsmiljöaspekter och mindre osäkerheter uppnås för en lägre kostnad i åtgärdsalternativ 5 i jämförelse med åtgärdsalternativ 3 och 4.

Den samlade bedömning utifrån ett miljö- och arbetsmiljömässigt, tekniskt och ekonomiskt perspektiv landar därmed i att åtgärdsalternativ 5 föreslås som mest lämpat för hanteringen av problembilden i och kring Panncentralen (hus 33) med tillhörande skorsten på Lövholmen 12.

TABELL 11. JÄMFÖRELSE AV PRESENTERADE ÅTGÄRDSALTERNATIV.

Åtgärd	Kostnad	Tidsåtgång	Problemreduktion	Osäkerheter
Nollalternativet	20,1 Mkr	Flertal år	Liten	Mycket stora
Alternativ 1	24,7 Mkr	Flertal år	Liten	Mycket stora
Alternativ 2A	29,9 Mkr	Flertal år	Relativt god	Mycket stora
Alternativ 2B	32,3 Mkr	Flertal år	Relativt god	Mycket stora
Alternativ 3	13,2 Mkr	Ca 1 år	God	Relativt små
Alternativ 4	30,9 Mkr	Ca 1,5 år	God	Små
Alternativ 5	9,9 Mkr	Ca 0,5 år	Mycket god	Mycket små

8 Slutsats

En åtgärdsutredning har genomförts i syfte att utreda tänkbara alternativ och hitta den mest lämpade hanteringen av problembilden i och kring Panncentralen med tillhörande skorsten på Lövholmen 12. Inom arbetet har ett flertal alternativ studerats och jämförts med varandra vad gäller riskreduktion, kostnad, tidsåtgång, arbetsmiljöaspekter och osäkerheter.

I utvärderingen har åtgärdsförslag 5 framkommit som det mest gynnsamma alternativet för att uppnå en god riskreduktion på kort tid som är långsiktigt hållbar. Osäkerheterna vid utförande enligt åtgärdsalternativ 5 är så pass små att förslaget öppnar upp för flertalet möjligheter vad gäller nyttjande av området framöver. Åtgärdsalternativ 5 innebär hantering av skorsten och föroreningarna i och kring hus 33 i form av:

Rivning av både skorsten och hela hus 33. Schaktsanering av all mark som blir tillgänglig under byggnad samt skorsten och innehåller halter över åtgärds målet. Förorenat grund- och markvatten som blir tillgängligt åtgärdas.



Viken miljökonsult AB/WSP/Tyréns

Upprättad av:

Birgitta Sjödell

Upprättad av:

Torvald Bergström, WSP

Upprättad av:

Hossam Heddini, Tyréns

Granskad av:

Tobias Sjöstrand

9 Citerade verk

Miljöinvent. (2014, REV 2021). *Miljöinventering Lövholmen 12 - Inventering av farligt samt miljöstörande avfall inför rivning samt ombyggnad*. Miljöinvent AB.

Naturvårdsverket . (2009). *Riktvärden för förorenad mark - modellbeskrivning och vägledning, rapport 5976*. Stockholm : Naturvårdsverket .

Sandström. (2014). *Detaljerad miljöteknisk markundersökning och klassificeringsplan*. Sandström Miljö & Säkerhetskonsult.

SGF. (2019). *Åtgärdsportalen*. Hämtat från Metoder - mark - in situ:
<https://atgardsportalen.se/metoder/jord/in-situ>

Tyréns. (2021). *Utredning av skorsten tillhörande hus 33, ångpannecentral, Färgfabriken, Kv Lövholmen*. Stockholm: Tyréns.

Viken. (2021). *Miljöteknisk undersökning av byggnaden hus 33 och angränsande mark inom Lövholmen 12*. Solna: Viken Miljökonsult.

Wescon. (2021). *Lövholmen , Stockholm - Miljö- och hälsoriskbedömning*. Västerås: Wescon miljökonsult AB.

WSP. (2021). *Hus 33 Ångpannecentral*. Stockholm: WSP.