

# Nötknäpparen 26 m fl, Eskilstuna

Åtgärdsutredning och riskvärdering för föroreningar i mark och byggnader inför ny detaljplan



Författare	Ulrika Martell
Beställare:	Eskilstuna kommun, Fastighet och exploatering
Beställarens kontaktperson:	Joakim Persson
Konsultbolag:	Structor Miljöteknik AB
Uppdragsnamn:	Nötknäpparen 26 mfl, Åtgärdsutredning och riskvärdering
Uppdragsnummer:	6017-208A
Datum:	2020-01-27
Uppdragsledare:	Ulrika Martell
Granskare:	Henrik Kjellin/Josefin Persson
Status:	Granskningshandling

## Sammanfattning

### Bakgrund

På fastigheten Nötknäpparen 26 mfl, Slakthusområdet, i Eskilstuna pågår en utredning för ändring av detaljplanen från industriområde till ett område som skulle kunna innehålla bostäder, kontor, skola, parkeringsgarage och verksamhetslokaler.

### Behov av riskreduktion

I riskbedömningen har det angetts att skydd för markmiljö, skydd för grundvatten samt intag av växter inte bör vara styrande för riskbedömningen. Vidare antas att exponering via intag av jord inte är aktuell för jord under byggnader, på större djup eller under asfalterade ytor som är underbyggda med ett kraftigt bärlager. Schaktgränsen antas markeras på ett tydligt sätt så att framtida markschakter reagerar på att förhöjda halter kan förekomma.

Det gör att riskreduceringsbehovet endast skulle omfatta NC1:1 och NC3:2 med hänsyn till kvicksilver och PAH M med avseende på risk för inandning av ånga, samt betong i byggnader, se figur 1. Totalt utgör det för mark utanför byggnad är ca 1 700 m<sup>2</sup> och betongytan är ca 1 000 m<sup>2</sup>.



**Figur 1.** Områden som med säkerhet bedöms vara i behov av riskreduktion med avseende på risk för inandning av ånga är markerat med gul yta. Blå bakgrund avser betong som kräver åtgärd. Total yta för mark utanför byggnad är 1695 m<sup>2</sup> och betongytan är 920 m<sup>2</sup>. Orangea runda markeringar avser ytor som misstänks vara påverkade av olja/VOC och är vardera ungefär 350 m<sup>2</sup> till ytan.

Om anläggningsarbeten inte skulle skydda mot exponering via intag av jord och om markmiljö och grundvatten ska åtgärdas nu för eventuella framtida behov krävs

riskreduktion av hela fyllningsjorden, oljeförorening som påträffas i lera och klorerade alifater i djupt grundvatten.

I byggnader är riskreduktion av betonggolv nödvändig i delar av byggnaderna som ska behållas. Det ska även beaktas att riskbedömning för mark bygger på att bottenplattan är normaltät och utan större sprickor och genomföringar som medger inläckage av markgaser.

## Åtgärdsalternativ

1. Nollalternativ, inga åtgärder utförs
2. Uppgrävning av massor över PSRV i fyllning samt oljeförorenade massor inom område 1 för vidare transport till godkänd mottagare. Behandling av klorerade alifater i djupt grundvatten med biologisk nedbrytning, radonsäkring samt barriärlösning för betong i byggnad. – MAX-alternativ
3. Uppgrävning av massor över PSRV i fyllning samt oljeförorenade massor inom område 1 för vidare transport till godkänd mottagare, radonsäkring samt barriärlösning för betong i byggnad. – Mellan-alternativ
4. Uppgrävning av massor över PSRV enligt figur 5.5, där skydd för markmiljö och grundvatten inte är styrande och exponering via intag av jord inte är möjlig utifrån antagande att marken är inkapslad/överbyggd. Barriärlösning för betong i byggnad. – MIN-alternativ

## Riskvärdering

För genomförande av planen enligt miljöbalken har utvärdering utförts av kriterier, riskreduktion, grad av måluppfyllelse och ekonomi. Tid för genomförande av åtgärd, teknik m.m. har vägts in vid val av tänkbara åtgärder och utvärderas därför inte vidare.

Alternativ	Riskreduktion Vikt=3	Måluppfyllelse Vikt=5	Kostnad Vikt=4	Viktad summa	Bedömd rangordning
1- Nollalternativ	8%	Ej aktuell	100%	424%	3
2- Max-alternativ	92 %	100 %	0%	776%	2
3- Mellan-alternativ	72 %	100 %	9%	752%	2
4- Min-alternativ	28 %	100 %	77%	892%	1

## Rekommendation

Den sammanfattade bedömningen är att åtgärdsalternativ 4 – min-alternativet – uppfyller åtgärdsmålen och medger genomförande av detaljplanen till lägst kostnad.

Förutsättningen för genomförande av alternativ 4 är att anläggningsarbeten kommer skyddas mot exponering via intag av jord och att åtgärder för skydd för markmiljö och grundvatten inte behöver genomföras nu för eventuella framtida behov.

## Innehåll

<b>1. Inledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Uppdrag och syfte</b> .....	<b>8</b>
<b>3. Objektbeskrivning</b> .....	<b>8</b>
<b>4. Åtgärds mål och tillämpade riktvärden</b> .....	<b>9</b>
4.1. Övergripande åtgärds mål.....	9
4.2. Mätbara åtgärds mål för mark.....	9
4.3. Mätbara åtgärds mål för grundvatten.....	10
4.4. Mätbara åtgärds mål för luft.....	10
<b>5. Behov av riskreducering</b> .....	<b>12</b>
5.1. Bedömning för mark enligt riskbedömning 2019-11-04.....	12
5.2. Kompletterande undersökning i mark, december 2019.....	13
5.3. Behov av riskreduktion för mark.....	15
5.4. Behov av riskreduktion för byggnader.....	16
5.5. Konceptuell modell.....	16
<b>6. Åtgärds tekniker</b> .....	<b>18</b>
6.1.1. Åtgärd massreduktion - schakt och borttransport.....	20
6.1.2. Åtgärd massreduktion - Biologisk behandling, stimulerad nedbrytning.....	21
6.1.3. Åtgärd massreduktion - Övervakad naturlig nedbrytning.....	22
6.1.4. Skyddsåtgärd – Tätning av byggnader motsvarande radonsäkring.....	23
6.1.5. Barriärlösning – Inkapsling av betonggolv.....	23
<b>7. Åtgärds alternativ</b> .....	<b>24</b>
7.1. Åtgärds alternativ 1 - Nollalternativ.....	24
7.2. Åtgärds alternativ 2 – MAX-alternativ.....	24
7.2.1. Teknik.....	24
7.2.2. Ekonomi.....	25
7.2.3. Miljö.....	25
7.3. Åtgärds alternativ 3 – Mellan-alternativ.....	25
7.3.1. Teknik.....	25
7.3.2. Ekonomi.....	25
7.3.3. Miljö.....	26
7.4. Åtgärds alternativ 4 – MIN-alternativ.....	26
7.4.1. Teknik.....	26
7.4.2. Ekonomi.....	26
7.4.3. Miljö.....	26
<b>8. Riskvärdering</b> .....	<b>27</b>
8.1. Övergripande måluppfyllelse.....	27

8.2. Riskreduktion.....	27
8.3. Viktning av utvärderingskriterier.....	28
8.4. Riskmatris.....	28
<b>9. Rekommenderat åtgärdsalternativ.....</b>	<b>28</b>
<b>BIL 1 Riskbedömning, 2019-11-04.....</b>	<b>29</b>



## 1. INLEDNING

På fastigheten Nötknäpparen 26 mfl, Slakthusområdet, i Eskilstuna pågår en utredning för ändring av detaljplanen från industriområde till ett område som skulle kunna innehålla bostäder, kontor, skola, parkeringsgarage och verksamhetslokaler.

I det aktuella området i figur 1.1 planeras för omställning till skolverksamhet där det dels kommer både rivas och byggas om i befintliga byggnader, dels även byggas helt nya byggnader. I figur 1.1 har området delats in i tre delområden. Område 1, där F-6 skola planeras i huvudsak i befintliga byggnader, men idrottshall, kök och kontorsbyggnad blir nya byggnader, område 2, där 7-9 skola planeras tillsammans med befintligt parkeringshus/garage och område 3, som är ett grönområde som kan komma att nyttjas av skolorna som närbeläget grönområde. Behovet av skollokaler i området har bedömts som stort och önskan är därför att kunna genomföra planen inom kort.



Figur 1.1 Planerad omställning enligt skisser från Tyrens, 2019-07-10 och områdesindelning 1-3 för denna utredning. Område 1 avser planerad skola åk F-6, område 2 planerad skola åk 7-9 och område 3 ett grönområde som kan komma att nyttjas av skolorna.

Miljötekniska undersökningar har utförts under 2019 i mark, grundvatten, porluft och byggnader för att kunna bedöma eventuella åtgärdsbehov. Tidigare undersökningar har även utförts 2004 och 2005. Föroreningar av olja, metaller, PAH (polycykliska aromatiska kolväten) och klorerade alifater har påträffats.

Denna rapport beskriver åtgärdsutredning samt riskvärdering. Den utförda riskbedömningen som inkluderar framtagande av platsspecifika riktvärden bifogas som *bilaga 1*.

## 2. UPPDRAG OCH SYFTE

Structor Miljöteknik AB har på uppdrag av Eskilstuna kommun, Fastighet och exploatering, utfört åtgärdsutredning och riskvärdering för påträffade föroreningar i det aktuella området utifrån planerad omställning till skolområde.

Uppdragets syfte är att översiktligt beskriva möjliga åtgärdsmetoder och genom riskvärdering föreslå mest lämpliga åtgärder som underlag för detaljplanarbetet. Åtgärdsutredningen baseras därför på den förslagsskiss som ses i figur 1.1 och inga detaljerade uppgifter om planerade schaktdjup m.m. för anläggningschakt finns som underlag.

Åtgärdsutredning utförs för att belysa vilka åtgärder som kan vidtas för att reducera miljö- och hälsoriskerna som är förknippade med de aktuella föroreningarna som påvisats i mark och grundvattnet. I åtgärdsutredningen har även kostnaderna uppskattats översiktligt för de olika åtgärderna.

Riskvärderingen sker genom att ett potentiellt hälsofarligt ämne genomgår en tvåstegsprocess bestående av riskbedömning och riskhantering. Den första delen, riskbedömningen, är en värderingsfri undersökning av fakta, som resulterar i en objektiv bedömning av ett ämnes farlighet. I riskvärderingens andra del, riskhanteringen, beslutas det vilka förhållningsregler som bör gälla för den möjliga riskfaktorn. Värderingen har i det här skedet helt utgått från konsultens bedömning av lämpliga kriterier och viktning.

I uppdraget har inte ingått att upprätta en anmälan om efterbehandling.

## 3. OBJEKTBESKRIVNING

För objektbeskrivning och historik se *bilaga 1 Riskbedömning*.



## 4. ÅTGÄRDSMÅL OCH TILLÄMPADE RIKTVÄRDEN

### 4.1. Övergripande åtgärds mål

För Nötknäpparen 26 mfl, Slakthusområdet, i Eskilstuna har följande övergripande åtgärds mål tagits fram;

- Området ska kunna användas för bostäder, kontor, skola, parkeringsgarage och verksamhetslokaler utan oacceptabla exponeringsrisker
- Markmiljön ska skyddas till den nivå som krävs för att upprätthålla växt och djurliv enligt detaljplanen.
- Spridning av föroreningar från området till omgivande mark-, grund- och ytvatten ska inte öka från dagens nivå utifrån planerade anläggningsarbeten eller framtida markanvändning.

### 4.2. Mätbara åtgärds mål för mark

Den planerade markanvändningen bedöms motsvara känslig markanvändning, KM, men avviker i många fall från de generella antagandena och en anpassning till mer relevanta risker har bedömts motiverad. I utförd riskbedömning, *bilaga 1*, har beräkning av platsspecifika riktvärden utförts. I *tabell 4.1* nedan redovisas de platsspecifika riktvärdena, som benämns PSRV fortsättningsvis, och föreslås gälla som åtgärds mål.

**Tabell 4.1** Tillämpade riktvärden för ämnen i mark (mg/kg TS) där PSRV1 och PSRV2 föreslås som åtgärds mål.

Ämne	Generellt riktvärde KM (mg/kgTS)	PSRV1 Skolorråde Område 1 och 2 (mg/kgTS)	PSRV2 Parkmark/grönoråde Område 3 (mg/kgTS)
Arsenik	10	10	10
Bly	50	80	60
Koppar	80	200	80
Kobolt	15	18	18
Kvicksilver	0,25	0,4	0,7
Nickel	40	35	35
Zink	250	500	250
PAH L	3	4,0	3,0
PAH M	3,5	4,0	10
PAH H	1	3,5	1,2
Bensen	0,012	0,04	0,04
Toluen	10	20	10

Ämne	Generellt riktvärde KM (mg/kgTS)	PSRV1 Skolorråde Område 1 och 2 (mg/kgTS)	PSRV2 Parkmark/grönområde Område 3 (mg/kgTS)
Etylbensen	10	50	10
Xylener	10	18	10
Alifater >C5-C8	25	25	50
Alifater >C8-C10	25	25	100
Alifater >C10-C12	100	200	100
Alifater >C12-C16	100	500	100
Alifater >C16-C35	100	1000	100
Aromat >C8-C10	10	50	10
Aromat >C10-C16	3	15	3
Aromat >C16-C35	10	30	10

#### 4.3. Mätbara åtgärds mål för grundvatten

I kompletterande undersökning påträffades förhöjda halter klorerade alifater i grundvatten på 14 m djup under leran. Riktvärdet för vinylklorid, som baseras på att grundvattnet ska användas som dricksvatten, överskrids. Det är dock inte aktuellt med dricksvattenuttag på platsen, varför komplettering med bedömningsgrunder för grundvatten med avseende på inandning av ånga i byggnader krävs. Ett utländskt sådant riktvärde, hämtat från Massachussets, USA, finns på 2 µg/l för vinylklorid. Detta avser ett ytligt grundvatten i en öppen akvifär med genomsläpplig jordart. På den aktuella platsen är förorening påträffad i det djupa grundvattnet under tät lera som förhindrar uppträngande ångor.

Det finns inget generellt riktvärde som är anpassat för den aktuella föroreningen och inga mätbara åtgärds mål för grundvatten har därmed tagits fram.

#### 4.4. Mätbara åtgärds mål för luft

Porluftprovtagning i markytan kan visa om ångtransport sker genom leran. Tidigare porluftprovtagningar i området visar inte på förhöjda halter. Exponeringsrisker med påträffad förorening av klorerade alifater i djupt grundvatten bedöms inte förekomma, däremot är grundvattnet påverkat och viss spridning till omgivningen kan ske.

Bedömningsgrunderna i tabell 4.2 och tabell 4.3 för inomhusluft respektive porluft har tidigare använts i utredningen och föreslås gälla som åtgärds mål.

**Tabell 4.2** Föreslagna åtgärds mål för ämnen relaterade till petroleum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Ämne	RfC luft Inomhus skola ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	RfC luft med utspädning enl NV5973 Halt i markluft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
bensen	1,7 <sup>2</sup>	18,8
toluen	260 <sup>1</sup>	2 892
etylbenzen	770 <sup>1</sup>	8 663
xylener,	100 <sup>1</sup>	1 098
aromater >C8-C10	200 <sup>1</sup>	2 274
alifater >C6-C8	6 000 <sup>1</sup>	90 414
alifater >C8-C10	1 000 <sup>1</sup>	12 080
alifater >C10-C12	1 000 <sup>1</sup>	11 686

1 RfC NV rapport 5976

2 Riskinh NV rapport 5976

**Tabell 4.3** Föreslagna åtgärds mål för klorerade alifater ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Ämne	RfC kronisk IRIS Inomhus skola ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	RfC kronisk RAIS Inomhus skola ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	RfC NV5976 Inomhus skola ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	RISKinh NV5976 Inomhus skola ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	RfC luft med utspädning enl NV5973 Halt i markluft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
diklormetan	-	-	-	50	-
triklormetan	-	-	140	-	-
tetraklormetan	-	-	6,1	-	-
tetrakloreten	40	-	200	-	472
trikloreten	2	-	-	23	22,8
cis-1,2-dikloreten	-	60	-	-	-
trans-1,2-dikloreten	-	60	-	-	-
1,2- dikloreten	-	-	-	3,6	-
vinylklorid	-	100	-	-	-

## 5. BEHOV AV RISKREDUCERING

### 5.1. Bedömning för mark enligt riskbedömning 2019-11-04

I provpunkt NC1:1, se *figur 5.1*, överskrids PSRV för bly, koppar och kvicksilver, vilket innebär risker med intag av jord, skydd av grundvatten, skydd av markmiljö samt inandning av ånga.

I provpunkt NC3:2 överskrids PSRV för koppar och PAH, vilket innebär risker med intag av jord, skydd av grundvatten, skydd av markmiljö samt inandning av ånga. Porluftmätning i närområdet visar på halter av BTEX (bensen, toluen, etylbensen och xylener) samt aromater med längre kolkedjor, om än i låga halter jämfört med riktvärden.

I provpunkt NC4:2 överskrids PSRV för arsenik och koppar, vilket innebär risker med intag av jord och skydd av markmiljö. Halten arsenik är dock nära bakgrundshalt.

I provpunkt NC7:1 överskrids PSRV för arsenik, bly och koppar, vilket innebär risker med intag av jord, skydd av grundvatten och skydd av markmiljö.

I provpunkt NC7:2 och NC8:2 överskrids PSRV för kobolt, vilket innebär risker med skydd av grundvatten.

I provpunkt NC9:2 överskrids PSRV för kobolt och nickel, vilket innebär risker med skydd av grundvatten.

I provpunkt NC10:2 överskrids PSRV för nickel, vilket innebär risker med skydd av grundvatten.

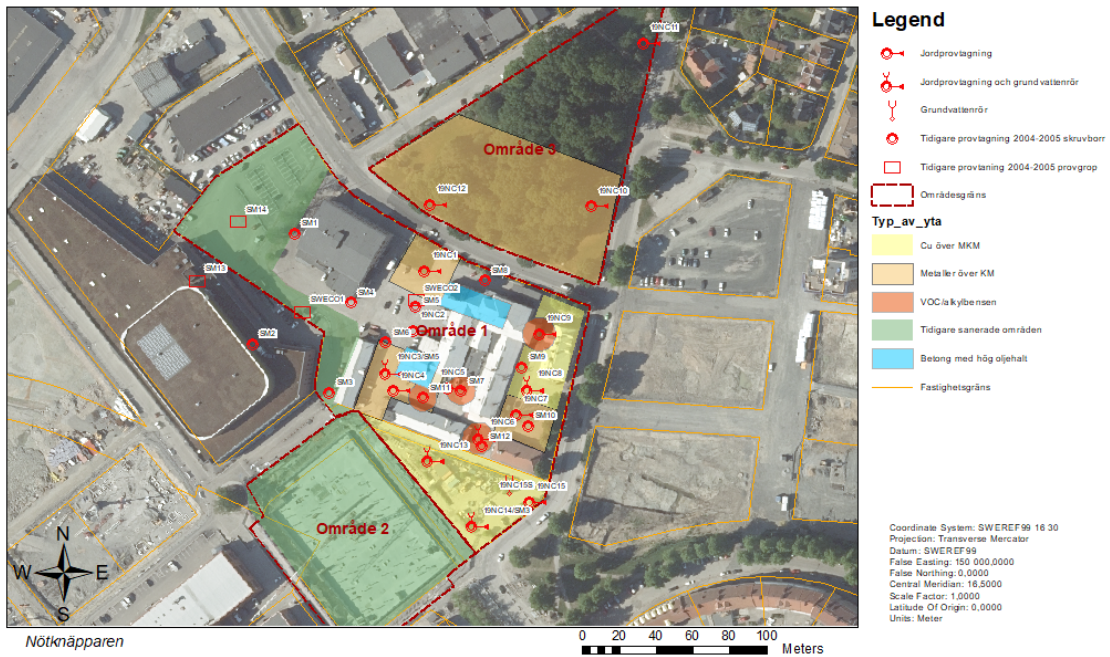
I provpunkt NC12:1 överskrids PSRV för bly, vilket innebär risker med skydd av grundvatten.

I provpunkt NC13:2 överskrids PSRV för kobolt och nickel, vilket innebär risker med skydd av grundvatten.

I SM2:2 överskrids PSRV för bly (analyserat med XRF), vilket innebär risker för intag av jord och skydd av grundvatten.

I SM3:3 överskrids PSRV för bly och zink (analyserat med XRF), vilket innebär risker för intag av jord respektive skydd för markmiljö.

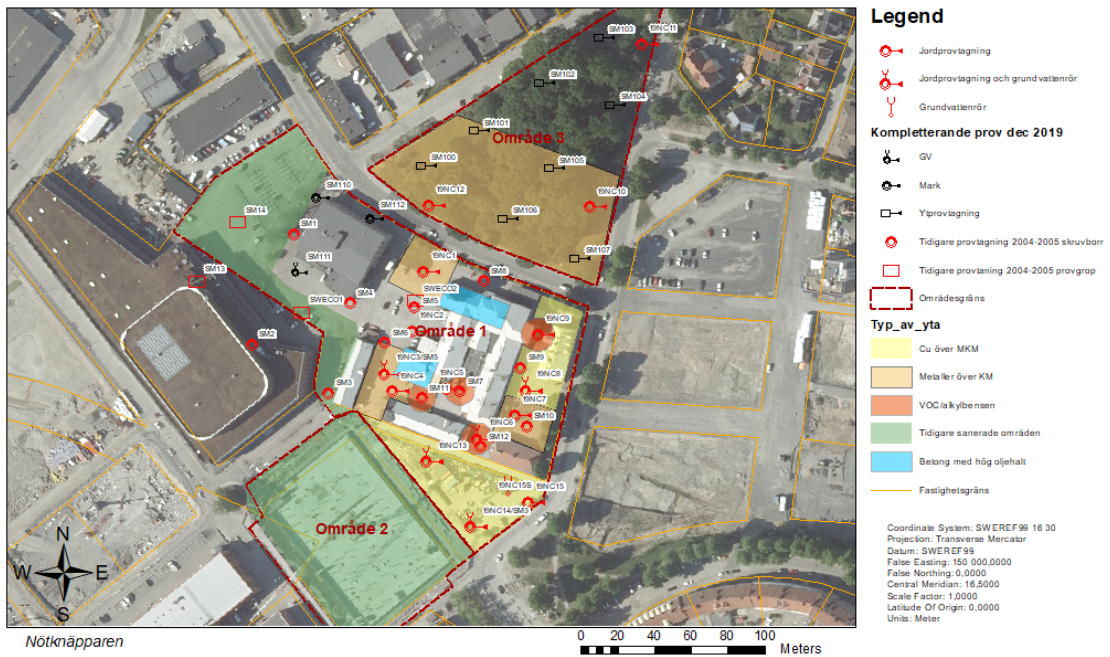
I SM7:1 överskrids PSRV för koppar (analyserat med XRF), vilket innebär risker för skydd av markmiljö och skydd av grundvatten.



Figur 5.1 Karta över området från riskbedömningen i november 2019 med provpunkter samt bedömda förorenade områden. Kompletterande provtagning har skett efter det, se figur 5.2.

## 5.2. Kompletterande undersökning i mark, december 2019.

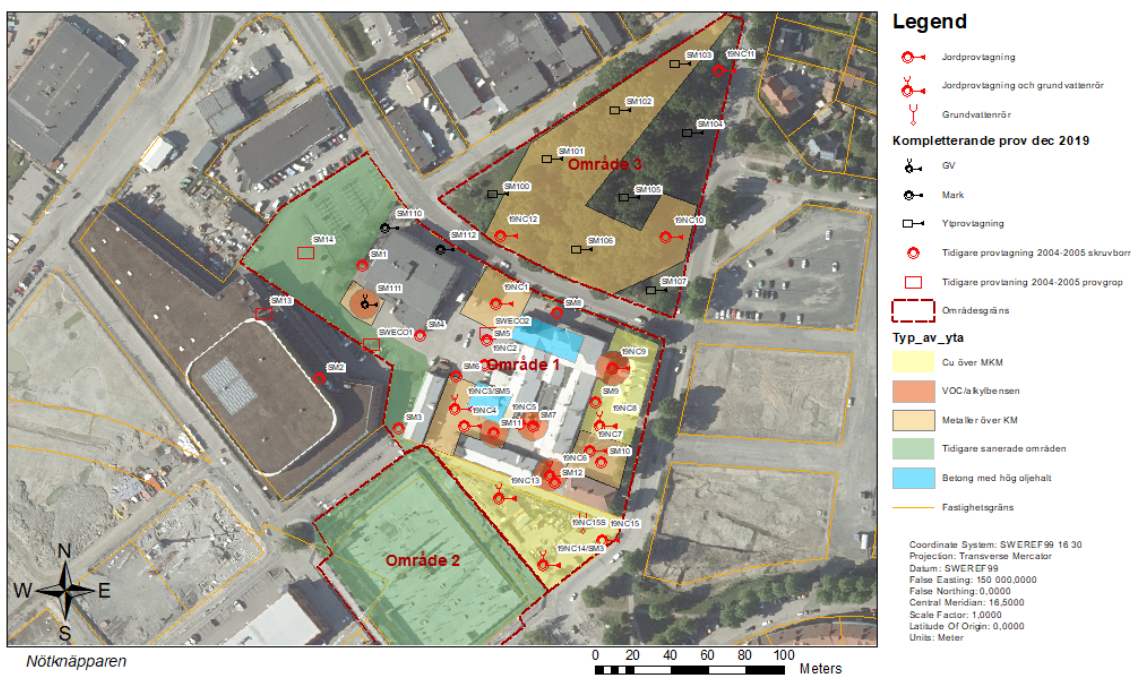
Utifrån identifierade kunskapsluckor i riskbedömningen har komplettering med svarta provpunkter i *figur 5.2*. utförts i december 2019.



Figur 5.2 Karta med samtliga provpunkter i mark, där provpunkter i svart färg är komplettering från december 2019 som utförts efter att riskbedömningen utförts.



I parkmarken i provpunkt SM101 överskrids PSRV marginellt för bly, vilket innebär risker med skydd av grundvatten. Fältanalyser på samma prov visar dock på halter under PSRV i den punkten. Om fältanalyserna studeras närmare kan ytterligare 3 prov bedömas ha halter av bly kring PSRV. Det är SM102, SM103 och SM106. Övriga punkter som endast analyserats med fältinstrument underskrider sannolikt PSRV. Ytan som är i behov av riskreduktion med hänsyn till skydd för grundvatten kan därför grovt revideras enligt *figur 5.3*. Djupet uppskattas generellt till 0,3 m. Avgränsningen ska dock endast ses som schematisk, då det är marginella överskridanden och källan sannolikt är avsättning från luft (trafik och tidigare industriell verksamhet i närområdet). Det styrks av att inga fyllnadsmassor påträffats och förhöjda halter inte förekommer i något tydligt mönster. Provtagning har gjorts som stickprovtagning, men om parkmarken ses som en helhet och ett samlingsprov för hela parkmarken analyserats som ett medelvärde, underskrids sannolikt PSRV. Det som styrker det antagandet är beräkning av medelvärde för bly på samtliga prov som analyserats, och blyhalter analyserade med XRF (8 st) hamnar medelvärdet på 31 mg/kg och för laboratorieanalyser (7 st) är medelvärdet 55 mg/kg TS, jämfört med PSRV på 60 mg/kg TS. Endast ett prov har påvisat halter nickel över PSRV och med samma resonemang som för bly bedöms nickel från parkmarken som helhet inte utgöra risk för grundvatten. Utifrån detta resonemang bedöms riskreduktion inte vara motiverad för parkmarken.



Figur 5.3 Reviderad bild över föroreningsituationen efter kompletterande provtagning december 2019.

Kring byggnaden på Gustafsvägen 1 saknades provtagning från 2019 och kompletterande provtagning utfördes därför i tre nya borrhöjningar, varav det i en borrhöjning installerades grundvattenrör. Resultatet visar på förhöjd halt av olja (fraktion >C16-C35) och bly i fyllning i en provpunkt inne på gården. I samma provpunkt detekterades en förhöjd halt av vinylklorid i det djupa grundvattnet på 14 m djup.

Fyllningsjorden utmed Gustafsvägen var av mer naturlig karaktär och uppvisade inte förhöjda halter. Resultatet innebär att riskreduktion för fyllningsjorden på iniegården krävs, samt kontroll för eventuell oljeförorening i översta leran i samband med anläggningsschakt. I grundvatten under leran krävs riskreduktion för skydd av grundvatten.

### 5.3. Behov av riskreduktion för mark

I riskbedömningen har det angetts att skydd för markmiljö, skydd för grundvatten samt intag av växter inte bör vara styrande för riskbedömningen. Detta baseras på att markmiljöskydd för mark som ska bebyggas med byggnader eller asfalteras inte är motiverad, då dessa ingrepp gör att förutsättningar för en god markmiljö ändå inte finns. Detta då det krävs underbyggnad av kraftiga bärlager och tillförsel av ljus och vatten i princip inte finns. Åtgärder för markmiljön skulle i så fall göras för eventuella framtida behov när byggnader och asfalt inklusive bärlager rivs. Vidare är skydd för grundvatten som dricksvatten inte aktuell inom överskådlig framtid i det aktuella området. Det finns flera förorenade områden i närområdet som lämnat restföroreningar och det bedöms utifrån det som osannolikt att uttag av grundvatten för dricksvatten eller annan användning kommer bli aktuell inom överskådlig framtid. Skyddsvärdet på grundvattnet som resurs i detta område bedöms utifrån det som litet jämfört med normalfallet.

Angående intag av växter så är det ett ovanligt inslag med odling av ätbara växter på skolgårdar generellt, varför den exponeringsrisken bedöms som låg. Det är dock inte omöjligt att det kommer ske, men i så fall krävs att den fyllning som finns där idag byts ut till mullhaltig jord. Detta gör att odling i den förorenade jorden inte kommer vara aktuell och inget behov av riskreduktion för just detta krävs i det här skedet.

Vidare antas i riskbedömningen att exponering via intag av jord inte är aktuell för jord under byggnader, på större djup eller under asfalterade ytor som är underbyggda med ett kraftigt bärlager. Om den asfalterade ytan spricker i framtiden så utgör ändå underbyggnaden med hårt packad fyllning på ca 0,3-0,5 m en barriär så att intag av jord inte blir aktuell. Schaktgränsen antas markeras på ett tydligt sätt så att framtida markschakter reagerar på att förhöjda halter kan förekomma.

Det gör att riskreduceringsbehovet endast skulle omfatta NC1:1 och NC3:2 med hänsyn till kvicksilver och PAH M i mark med avseende på risk för inandning av ånga, samt olja i betong i byggnader med avseende på exponering i inomhusluft, se *figur 5.4*. Totalt utgör det för mark utanför byggnad är ca 1 700 m<sup>2</sup> och betongytan är ca 1 000 m<sup>2</sup>.



**Figur 5.4** Områden som med säkerhet bedöms vara i behov av riskreduktion med avseende på risk för inandning av ånga är markerat med gul yta. Blå bakgrund avser betong som kräver åtgärd. Total yta för mark utanför byggnad är 1695 m<sup>2</sup> och betongytan är 920 m<sup>2</sup>. Orangea runda markeringar avser ytor som misstänks vara påverkade av olja/VOC och är vardera ungefär 350 m<sup>2</sup> till ytan.

Om anläggningsarbeten inte skulle skydda mot exponering via intag av jord och om skydd för markmiljö och grundvatten ska ske nu för eventuella framtida markanvändningsbehov krävs riskreduktion av hela fyllningsjorden, den oljeförening som påträffas i lera och klorerade alifater i djupt grundvatten.

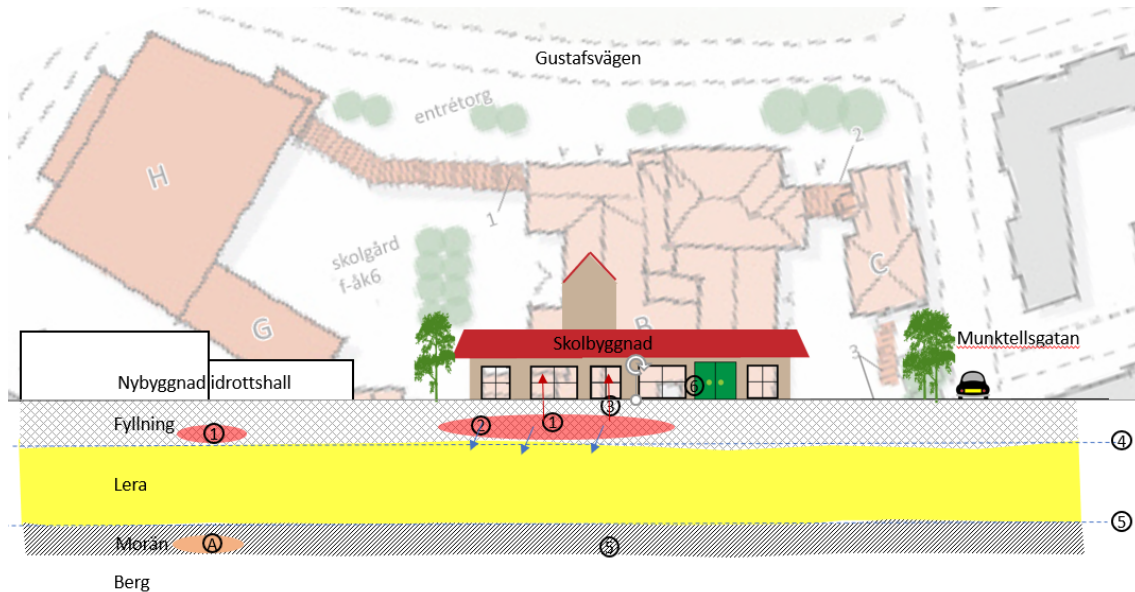
## 5.4. Behov av riskreduktion för byggnader

Resultatet indikerar att riskreduktion av betonggolv är nödvändig i delar av byggnaderna som ska behållas. Det ska även beaktas att riskbedömning för mark bygger på att bottenplattan är normaltät och utan större sprickor och genomföringar som medger inläckage av markgaser. Övriga installationer, avlopp och ytskikt m.m. antas bytas ut i samband med ombyggnad och har inte tagits med i denna riskbedömning.

## 5.5. Konceptuell modell

Området som omfattas av åtgärdsutredningen består av en fastighet där skolverksamhet ska bedrivas. Förorening av metaller, olja och PAH ligger i huvudsak i fyllningsjord från markytan ner till ca 2 m djup. Detta är ovan grundvattenytan och ovan lerlager som är ca 6-8 m djup. Stora delar av fyllningsjorden kommer påverkas av anläggningsschakt för genomförande av detaljplanen. Under byggnader som ska behållas samt i parkmarken norr om skolområdet kommer dock ingen eller mycket begränsad schakt att ske.





Figur 5.5 Schematisk skiss över den konceptuella modellen i området.

I fyllningsjorden finns föroreningar av metaller, PAH och olja ① i mer eller mindre heterogen blandning med naturlig sand och grusfyllning. Lakning ② kan ske till ytligt grundvatten ④. Spridning för den grundvattenakvifären, som sannolikt är liten i omfattning och endast finns delar av året, är ut ur bilden mot Eskilstunaån. Kring grundvattenytan ④ kan oljeförorening i mindre omfattning förekomma. Det djupare grundvattnet ⑤ har sannolikt också en övergripande rörelseriktning mot Eskilstunaån, men spridningsriktningen är mer oklar för denna akvifär. Påverkan från metaller, PAH och olja på det djupare grundvattnet är mindre sannolik och har inte kunnat påvisas. Klorerade alifater, A, som har påvisats i ett grundvattenprov på ca 13-14 m djup under markytan, är tyngre än vatten och kan därför röra sig genom lera och ner till undre grundvattenmagasinet. Det är en relativt låg halt och i huvudsak nedbrytningsprodukter som påvisats vilket indikerar att det är en föroreningsplym alternativt en mindre förorening på platsen som i huvudsak redan är nedbruten. Gasavgång från klorerade alifater i grundvatten under lera hindras från att komma upp till markytan av den täta leran. Viss gastransport kan teoretiskt ske genom sprickor eller siltskikt i leran, men ju tjockare och tätare lerlager desto mindre risk.

Flyktiga ämnen som ligger högre upp i jordprofilen, som BTEX, alifater, aromater och kvicksilver kan förångas ③ och kan påverka inomhusmiljön genom sprickor i betong, rörgenomföringar och andra otätheter i byggnaden. Riskreduktion för dessa föroreningar krävs.

I vissa delar har oljeförorening indikerats men endast i den senaste undersökningen bedöms ett prov överskrida PSRV. Utbredningen antas utifrån halterna vara liten och det kan antas att det vid anläggningsschakter kan påträffas fler mindre områden med oljeföroreningar, som då mestadels ligger i fyllningsjord samt i översta leran ovan grundvattennivån. I projektering av åtgärder ska beaktas att utöver området vid lastkajen

på södra sidan om byggnaden på Gustafsvägen 1, finns mindre områden med oljeföroreningar i fyllning och översta leran som kräver riskreduktion. I byggnaden finns även föroreningar av metaller och olja i betonggolv ⑥ som kan påverka inomhusmiljön. Riskreduktion krävs för dessa föroreningar och det ska även beaktas risk för luktolägenhet från oljan.

## 6. ÅTGÄRDSTEKNIKER

Vid urval av åtgärdsmetoder har i första hand metoder som innebär massreduktion av föroreningar beaktats, i andra hand kan stabiliseringsmetoder och barriärlösningar vara aktuella som stänger inne och håller förorening på plats. Även skyddsåtgärder för att förhindra exponering för skyddsobjekt kan vara aktuella. Åtgärdsmetoderna kan användas som enskilda åtgärder eller i kombination med varandra för att uppnå önskad riskreduktion.

Riskreduktion krävs för;

- fyllningsjorden (metaller, PAH, olja)
- eventuellt för övre delen av underliggande lera i delar som påverkats av oljeföroreningar
- eventuellt för klorerade alifater i grundvatten under lera
- betong i byggnader

Stor del av fyllningsjorden i område 1 antas omfattas av anläggningsschakt, som innebär att befintlig jord tas bort och ersätts med packningsbar fyllning för grundläggning av byggnader, körytor och asfaltsytor. För eventuella grönytor krävs urgrävning och ersättning med mullhaltig jord. Omfattningen av anläggningsschakten är inte fastställd, men påverkar val av åtgärd för fyllningsjorden.

Någon annan åtgärdsmetod än schakt och borttransport för fyllningen är därför knappast aktuell. Det är dessutom en blandförorening av metaller, PAH och olja i fyllningen, som begränsar urvalet av tillgängliga åtgärdsmetoder för in-situbehandlingar. Schakt och borttransport innebär massreduktion från den aktuella platsen, men behandling på annan plats krävs för att uppnå verklig massreduktion av föroreningar.

För oljeföroreningar i översta delen av leran under fyllningen, t.ex. söder om byggnaden på Gustafsvägen 1, kan dock andra tänkbara åtgärdsalternativ än schakt och borttransport finnas. För förorening av klorerade alifater i grundvatten under leran på ca 14 m djup är schakt och borttransport inte ett möjligt alternativ. På åtgärdsportalen (<http://www.atgardsportalen.se/>) beskrivs en rad efterbehandlingstekniker för organiska föroreningar som olja och klorerade alifater. Vattenreningsmetoder för klorerade alifater bygger dock på att vatten pumpas upp och behandlas och återförs efter rening.



Erfarenhetsmässigt är det en ganska långsam och ineffektiv åtgärd för större områden och enbart vattenreningsåtgärder har därför inte belysts vidare.

I detta fall är endast in-situ behandlingar av intresse, då tiden för att behandla jord på annan plats och sedan återföra den renade jorden på platsen bedöms vara för lång för att passa in i genomförandet av detaljplanen. Många in-situ metoder bygger på en teknik med genomsläppliga jordar där tillsatsmedel och luft kan tillsättas varpå de tillsatta medlen förutsätts kunna distribueras runt i matrisen. I en lerjord, som helt eller delvis är tät, sker detta betydligt långsammare och effekten av dessa åtgärder blir då sämre och kanske till och med uteblir. In-situ metoder som air-sparging, porgasextraktion, jordtvätt eller biologisk behandling är därför inte särskilt lämpliga för oljeförorening i lera. De kan dock gå att tillämpa om det till stor del är porösare torrskorpelera, men saneringsförsök måste utföras för att kunna göra denna bedömning. Kemisk oxidation är en metod som är mindre beroende av jordlagrens kornstorlekssammansättning och kan fungera bättre på täta jordar så länge viss transport av vatten kan ske i matrisen. Dock fungerar inte metoden i omättad zon, vilket diskvalificerar metoden för oljeförorening i lera.

Jordtvätt utförs på föroreningar som förekommer i fri fas eller sitter fast på jordpartiklarna, vilket inte är fallet för klorerade alifater och metoden är därför inte lämplig. Air-sparging och porgasextraktion bygger på att en stor mängd luft injekteras och sedan extraheras från grundvattenzonen och anges i huvudsak vara tillämpbar för källzoner. Även kemisk oxidation anger i huvudsak vara tillämpbar för källzoner. Dessa metoder utvärderas därför inte vidare för aktuell förorening av klorerade alifater, som bedöms vara en plym eller en mindre och till stor del nedbruten förorening.

Biologisk behandling av klorerade alifater är baserad på att mikroorganismer, främst bakterier, hjälper till att bryta ner organiska föroreningar. Den dominerande processen kallas halorespiration. I allmänhet tillsätts ett organiskt ämne som får jäsa och tjäna som elektronodonator, medan de bakterier som katalyserar dehalogenering använder t.ex. klor från ett klorerat lösningsmedel som elektronacceptor, vilket leder till att de klorerade föroreningarna bryts ned. Metoden kan utföras genom grundvattenpumpning/återinjektering eller genom tillsats av näringssubstrat och mikroorganismer via direktinjektering eller biosparging. Metoden lämpar sig bra där det inte föreligger ett akut saneringsbehov, då behandlingstiden kan vara lång.

Termisk behandling används främst för klorerade lösningsmedel, men kan användas även för oljeföroreningar. Metoden innebär att marken värms upp och fungerar väl i berg och vattenrika områden där värmen kan behållas. För den ytliga leran är det därför inte en lämplig metod. Metoden är energikrävande och blir ofta dyr och används därför i huvudsak på källzoner. Därför utvärderas metoden inte vidare i denna åtgärdsutredning, då klorerade alifater bedöms vara en plym eller en mindre och till stor del nedbruten förorening.

Övervakad naturlig nedbrytning är en rad naturligt förekommande processer som under rätt betingelser spontant reducerar föroreningsinnehållet av organiska föroreningar i jord

och grundvatten. Metoden är långsam och enligt åtgärdsportalen kan det ta flera år och ibland flera decennier innan ett förorenat område kan betraktas som sanerat med övervakad naturlig självrening.

Då metoder som innebär massreduktion finns tillgängliga för aktuella föroreningar i mark, bedöms inte barriärlösningar som stänger inne föroreningen på platsen vara aktuella. Barriärlösningar kan dock bli aktuella för föroreningar i byggnad, då installation av ångspärr och pågjutning med ny betong är en metod som ofta används. Olja i betong har konstaterats i delar av byggnaden och i första hand rekommenderas åtgärd med massreduktion genom tvättning, fräsning eller bilning. Denna metod fungerar bäst när det finns en tydlig överbetong som ofta är porösare där föroreningar ansamlats. I detta fall saknas överbetong och risk finns att dessa metoder inte blir särskilt effektiva. Vidare utredning av alternativen görs därför inte i denna åtgärdsutredning, men ytterligare utredning kring detta rekommenderas när projektering av byggnader sker. Barriärlösningen är dock en metod som kan ge önskad riskreduktion och är ett gångbart alternativ. Metoder som innebär t.ex. biologisk nedbrytning av olja i betong rekommenderas inte då det är svårt att följa upp resultat av sådan åtgärd i betong samt att åtgärden är en för långsam process för genomförande av detaljplanen.

Behov av skyddslösningar för föroreningar i mark bedöms egentligen inte vara aktuellt, men skyddsåtgärder som förhindrar exponering via inomhusluft kan ändå rekommenderas som en extra säkerhetsåtgärd. I det fallet kan olika åtgärder på byggnad som förhindrar att flyktiga organiska föreningar (VOC) så som vissa oljeföroreningar, klorerade alfiater och eventuellt alkylbensener, som indikerats vid undersökningar 2004/2005, ta sig in i byggnaden vara aktuella.

Nedan följer en mer detaljerad beskrivning av de åtgärdstekniker som anses aktuella för Nötknäpparen 26 mfl.

### ***6.1.1. Åtgärd massreduktion - schakt och borttransport***

Urschaktning och borttransport av förorenade massor, s.k. grävsanering, är den idag mest använda saneringsmetoden. Metoden bygger på att förorenade massor grävs ur, klassificeras, transporteras bort för behandling och ersätts med godkända externa eller återanvända massor. Schakt sker med grävmaskin och förorenade massor lastas direkt till lastbil för transport till deponi alternativt transport till tillfälligt upplag. Metoden begränsas av att mycket planering kan krävas (logistik, spontning, stämning, skyddsåtgärder med mera) vid schakt av större ytor, nära konstruktioner eller vid djupa schakt. Metodens fördel är dock att den med säkerhet ger snabb mass- och riskreduktion på platsen.

Enligt resonemang ovan bedöms det vara den enda metoden som är aktuell för åtgärd av fyllningsjorden då det ändå kommer utföras anläggningsschakt. För eventuellt resterande fyllning som kräver riskreduktion finns då ingen metod som kan konkurrera avseende tid, ekonomi, genomförbarhet och erhållen riskreduktion. Metoden har dock begränsningar i att om föroreningar förekommer under befintliga byggnader som ska behållas så kan dessa massor inte åtgärdas.

Föroreningen bedöms som mest omfattas av 13 500 m<sup>2</sup> i område 1 med ett bedömt medeldjup på 1,3 m. Det är totalt ca 17 600 m<sup>3</sup> som behöver schaktas. För eventuell tillkommande schakt för oljeförorenade områden uppskattas ytterligare 350 m<sup>3</sup> (schakt till 3 m djup) för oljeförorening vid lastkajen på Gustafsvägen 1 och ytterligare 4 st sådana platser har indikerats i utförd riskbedömning. Maximal tillkommande schakt för oljeförorening bedöms vara 1 750 m<sup>3</sup>. För kalkyl av åtgärds kostnader har antagits att 50% av massorna har halter mellan KM-MKM och 50% har halter mellan MKM-FA.

Schakt och borttransport bedöms vara aktuellt för;

- Fyllningsjorden (metaller, PAH, olja).
- Eventuellt för övre delen av underliggande lera i delar som påverkats av oljeföroreningar.

Kostnad för schakt inkl projektering, byggledning, miljökontroll men utan hantering av asfalt eller återfyllning/återställning uppskattas till 10,1–18,0 MSEK. I detta ingår dock all anläggningsschakt som annars är en kostnad som projektet haft ändå, varför detta bedöms vara en viss överskattning av merkostnader för hantering av förorenade massor.

**Tabell 6.1** Uppskattade kostnader för schakt och borttransport.

Moment	Lägre kostnad	Högre kostnad
Projektering, för- och hjälparbeten	0,25	0,5
Schakt och transport område 1	2,1	3,9
Deponi förorenade massor område 1	7,3	12,7
Byggledning/miljökontroll	0,45	0,9
SUMMA	10,1 MSEK	18,0 MSEK

### 6.1.2. Åtgärd massreduktion - Biologisk behandling, stimulerad nedbrytning

Biologisk behandling av klorerade alifater kan utföras genom grundvattenpumpning/återinjektering eller genom tillsats av näringssubstrat och mikroorganismer via direktinjektering eller biosparging. Det senare alternativet kan användas om åtgärden mer är tänkt som stimulerad självrening och skulle kunna fungera även i lera om det är en relativt porös lera. Metoden lämpar sig bra där det inte föreligger ett akut saneringsbehov, då behandlingstiden kan vara lång.

Biologisk behandling är i första hand aktuell för;

- Klorerade alifater i grundvatten under lera.

Möjligen även aktuell för oljeförorening i porös lera.

En biologisk behandling eller stimulering av nedbrytningen med direktinjektering, antingen genom att optimera förhållanden för de organismer som redan finns eller genom att tillsätta organismer som inte finns för att öka nedbrytningen, uppskattas mycket grovt kosta omkring 0,5–1 MSEK för 1 st direktinjektering. Närmare projektering krävs dock för att kunna bedöma vad som krävs på den aktuella platsen. Projekteringen i sig bedöms kosta omkring 0,5 MSEK. Kontrollprogram för utvärdering av åtgärden tillkommer som bedöms kosta omkring 0,25-0,5 MSEK. Totalt bedöms åtgärden kosta omkring 1,25-2 MSEK.

### 6.1.3. Åtgärd massreduktion - Övervakad naturlig nedbrytning

Övervakad naturlig självrening inkluderar en rad naturligt förekommande processer som under rätt betingelser spontant reducerar föroreningsinnehållet i jord och grundvatten. Begreppet ”naturlig självrening” innefattar biologiska och kemiska nedbrytningsprocesser, samt fysikaliska processer som utspädning, fastläggning och förångning. I ett första skede krävs en noggrann undersökning för att klarlägga om de naturliga processerna som förekommer i det förorenade området verkligen bidrar till lägre föroreningshalter, alternativt minskad rörlighet/mobilitet hos ingående föroreningar på grund av t.ex. fastläggning.

I det här fallet har i huvudsak längre kolkedjor påträffats för oljeföroreningen och vinylklorid i grundvatten, vilket båda är tecken på att det är delvis nedbrutna föroreningar.

I ett uppföljningsskede krävs provtagnings- och analysinsatser för att verifiera att den naturliga nedbrytningen inte avstannar eller för att säkerställa att föroreningshalterna fortlöpande reduceras till följd av t.ex. fastläggning eller förångning.

Massreduktion uppnås, men den är mycket långsam jämfört med aktiva behandlingsmetoder. Lång tid krävs normalt för att uppsatta åtgärds mål ska uppnås. Hydrogeologiska och geokemiska förhållandena kan förändras med tiden och leda till ökad mobilitet och/eller försämrade förutsättningar för nedbrytning. Metoden användas oftast i kombination med andra åtgärder.

Om metoden avstannar eller för att påskynda metoden något kan bakterielösning eller näringslösning för bakterierna injiceras för att stimulera nedbrytningen.

Övervakad naturlig nedbrytning kan vara aktuell för;

- Klorerade alifater i grundvatten under lera.
- Övre delen av underliggande lera i delar som påverkats av oljeföroreningar.

Kostnader för övervakad naturlig nedbrytning bedöms vara omkring 0,1–0,2 MSEK. Detta inkluderar installation av kontrollbrunnar och upprättande av kontrollprogram. Därefter antas kontrollprovtagningen kosta omkring 0,05–0,1 MSEK per

provtagningssomgång. Totalt uppskattas till 15–20 kontrollprovtagningar över en 5–10 års period. Uppföljningstid och antal provtagningar kan dock justeras över tid. Total uppskattad kostnad enligt omfattning ovan bedöms vara ca 0,85-2,2 MSEK. Denna metod innebär endast övervakning av naturliga processer och då kostnaden är i nivå med vad som uppskattas för biologisk behandling, som är en mer aktiv metod rekommenderas inte metoden med övervakad naturlig nedbrytning vidare.

#### **6.1.4. Skyddsåtgärd – Tätning av byggnader motsvarande radonsäkring**

Som en extra säkerhetsåtgärd kan eventuell gasavgång från förorening i mark hindras från att tränga in i befintliga byggnader och nya byggnader. Detta kan ske genom att befintliga och nya byggnader uppförs med radonsäkert utförande där material beständiga mot aktuella föroreningar används. En vanlig betongplatta ger ett visst skydd, men framförallt genomföringar i bottenplatta och sprickor i betong kan utgöra spridningsvägar. En åtgärd kan därför vara att tätta alla genomföringar i befintlig platta och fylla eventuella sprickor eller springor på källargolv och väggar mot jord. Som ytterligare komplement kan förbättrad ventilation samt försegling av golvytan och eventuella väggar mot jord utföras.

Skyddsåtgärd för inträngande ångor från mark kan vara aktuell för;

- Klorerade alifater i grundvatten under lera.
- Eventuell även för restföroreningar i övre delen av underliggande lera i delar som påverkats av oljeföroreningar.

Vid nyproduktion räknar man med en merkostnad på ca 200 kr/m<sup>2</sup> för bottenarean på byggnaderna, men i befintliga byggnader kan den kostanden bli större. Total bottenplatta som ska åtgärdas är ca 4 500 m<sup>2</sup>, vilket ger en kostnad på över 0,9 MSEK. Åtgärds-kostnaden kan dock uppskattas till upp till dubbla kostnaden, vilket ger ett spann på 0,9-1,8 MSEK. För nya byggnader antas bottenplattan vara ca 3 000 m<sup>2</sup> och merkostnaden blir då ca 0,6 MSEK

#### **6.1.5. Barriärlösning – Inkapsling av betonggolv**

Barriärlösningar för betong kan utföras genom installation av ångspärr (plast, gummi, aluminiumfolie) och pågjutning med ny betong. Olja i betong har konstaterats i delar av byggnaden och i första hand rekommenderas åtgärd med massreduktion genom t.ex. tvättning, fräsning eller bilning, men då det finns risk att dessa metoder inte blir särskilt effektiva kan barriärlösningen vara ett alternativ.

Barriärlösning för att förhindra spridning är aktuell för;

- Betong i byggnader.



Kostnad för ångspärr och pågjutning med 10 cm betong uppskattas till ca 1500-1800 SEK/m<sup>2</sup> och med en åtgärdsyta på ca 1000 m<sup>2</sup> uppskattas totalkostnaden till 1,5-1,8 MSEK. Projektering av åtgärden bedöms kosta omkring 0,05-0,1 MSEK

## 7. ÅTGÄRDSALTERNATIV

Flera olika metoder för efterbehandling har utvärderats för att bedöma dess tillämplighet för denna sanering. Tre av dessa efterbehandlingsmetoder samt ett nollalternativ för Nötknäpparen 26, som bedöms vara dem mest lämpliga har utvärderats vidare och presenteras nedan:

5. Nollalternativ, inga åtgärder utförs
6. Uppgrävning av massor över PSRV i fyllning samt oljeförorenade massor inom område 1 för vidare transport till godkänd mottagare. Behandling av klorerade alifater i djupt grundvatten med biologisk nedbrytning, radonsäkring samt barriärlösning för betong i byggnad. – MAX-alternativ
7. Uppgrävning av massor över PSRV i fyllning samt oljeförorenade massor inom område 1 för vidare transport till godkänd mottagare, radonsäkring samt barriärlösning för betong i byggnad. – Mellan-alternativ
8. Uppgrävning av massor över PSRV enligt *figur 5.4*, där skydd för markmiljö och grundvatten inte är styrande och exponering via intag av jord inte är möjlig utifrån antagande att marken är inkapslad/överbyggd. Barriärlösning för betong i byggnad. – MIN-alternativ

### 7.1. Åtgärdsalternativ 1 - Nollalternativ

Nollalternativet innebär att inga åtgärder utförs vilket betyder att inga kostnadsaspekter för detta alternativ finns. Inte heller några övriga miljöaspekter uppstår vid val av ett nollalternativ förutom en utebliven riskreduktion. Vid åtgärdsalternativ 1 så kommer fastigheterna att beläggas med restriktioner vid eventuella framtida markarbeten inom fastigheterna. Restriktionerna gäller exempelvis krav på miljökontroll och vidtagande av skyddsåtgärder vid markarbeten och hantering av de förorenade massorna.

### 7.2. Åtgärdsalternativ 2 – MAX-alternativ

#### 7.2.1. Teknik

Åtgärdsalternativet utförs genom uppgrävning av massor över PSRV i fyllning samt oljeförorenade massor inom område 1 för vidare transport till godkänd mottagare. Behandling av klorerade alifater i djupt grundvatten utförs med biologisk nedbrytning, och radonsäkring samt barriärlösning för betong utförs i byggnad. Tekniken är vedertagen och finns tillgänglig, med undantag för biologisk nedbrytning som fortfarande inte är en vanlig saneringsmetod och det finns få svenska referensprojekt.

Vid åtgärdsalternativ 2 så kommer fastigheterna inte att beläggas med restriktioner vid eventuella framtida markarbeten i någon större utsträckning.

### 7.2.2. *Ekonomi*

- Åtgärd för fyllning och oljeförorening genom schakt och borttransport uppskattas till 10-18 MSEK.
- Åtgärd för klorerade alifater i djupt grundvatten uppskattas till 1,25-2 MSEK
- Radonsäkring av byggnader uppskattas till 1,5 – 2,4 MSEK
- Barriärlösning i byggnader uppskattas till 1,6 MSEK

Total uppskattad kostnad 14,5-24 MSEK.

### 7.2.3. *Miljö*

Alternativet bedöms uppnå åtgärdsmålen och samtliga skyddsobjekt skyddas.

Negativ miljö- och omgivningspåverkan uppstår med resursförbrukning av drivmedel till lastbilar och grävmaskiner, utsläpp av avgaser och emissioner till luft, buller mm.

Risk för spridning till omgivningen minskar kraftigt.

## 7.3. Åtgärdsalternativ 3 – Mellan-alternativ

### 7.3.1. *Teknik*

Åtgärden innebär i jämförelse med max-alternativet att inga åtgärder för klorerade alifater i djupt grundvatten utförs. Det innebär utgrävning av massor över PSRV i fyllning samt oljeförorenade massor inom område 1 för vidare transport till godkänd mottagare.

Detta alternativ innebär att bedömningen att halter klorerade alifater utgörs av en plym eller är rester av en mindre förorening som till stor del redan brutits ner accepteras. Markanvändningen kan inte påverka eventuell spridning till omgivningen och behov av riskreduktion bedöms inte föreligga. Detta alternativ innehåller därför inga åtgärder för klorerade alifater i grundvatten.

Barriärlösning för betong i byggnad och skyddslösning motsvarande radonsäkring av byggnader finns dock med i detta alternativ.

### 7.3.2. *Ekonomi*

- Åtgärd för fyllning och oljeförorening genom schakt och borttransport uppskattas till 10-18 MSEK.
- Radonsäkring av byggnader uppskattas till 1,5 – 2,4 MSEK
- Barriärlösning i byggnader uppskattas till 1,6 MSEK

Total uppskattad kostnad 13-22 MSEK.

### 7.3.3. Miljö

Åtgärdsmålen bedöms uppfyllas i sin helhet med alternativet, men området åtgärdas inte fullt ut för eventuella framtida behov då förhöjda halter kommer att kvarlämnas.

Området kommer beläggas med restriktioner vid framtida markarbeten.

Alternativet innebär en bättre resurshushållning än maxalternativet då parkmarken inte påverkas. Träd och grönstruktur i övrigt behålls. Mängden nya massor som behöver tas i anspråk för återfyllning av området minskar. Mängden transporter och entreprenadmaskintimmar minskar också.

## 7.4. Åtgärdsalternativ 4 – MIN-alternativ

### 7.4.1. Teknik

Anläggningsarbeten för nya detaljplanen bedöms skydda mot exponering via intag av jord. Alla ytor i område 1 antas antingen vara bebyggda med byggnader eller täckta med asfalt som kräver kraftig underbyggnad med hårt packad fyllning. Gränsen mot kvarlämnade massor antas markeras med geotextil och fjärrvärmeband eller liknande som vid framtida markschakt skvallrar om att särskild uppmärksamhet krävs. Vidare antas för alternativet att risker för markmiljö och grundvatten inte behöver åtgärdas för denna detaljplan, så länge åtgärdsmålen uppfylls. Alternativet innebär då uppgrävning av massor över PSRV som teoretiskt kan utgöra exponeringsrisker vid ny markanvändning, se *figur 5.4.* samt barriärlösning för byggnad.

Det gör att riskreduceringsbehovet endast skulle omfatta två delområden med hänsyn till kvicksilver och PAH M med avseende på risk för inandning av ånga, samt betong i byggnader. Totalt utgör det för mark utanför byggnad ca 1 700 m<sup>2</sup> och betongytan är ca 1 000 m<sup>2</sup>. Antaget schaktdjup antogs enligt tidigare vara 1,3 m i medeldjup och massorna antas klassas som halter mellan MKM-FA.

### 7.4.2. Ekonomi

- Åtgärd för fyllning och oljeförorening genom schakt och borttransport uppskattas till 2,1-3,6 MSEK.
- Barriärlösning i byggnader uppskattas till 1,6 MSEK

Total uppskattad kostnad 3,7-5,2 MSEK.

### 7.4.3. Miljö

Åtgärdsmålen bedöms uppfyllas i sin helhet med alternativet. Föroreningar kommer att dock att kvarlämnas och området beläggas med restriktioner vid framtida markarbeten. Ett behov av kontrollprogram för inomhusluft kan bli aktuellt i detta alternativ.

Alternativet innebär dock att resurshushållning maximeras och endast de massor som bedöms utgöra risk för genomförande av aktuell detaljplan åtgärdas och inte för eventuella framtida behov. Mängden nya massor som behöver tas i anspråk för

återfyllning av området minimeras. Mängden transporter och entreprenadmaskintimmar minimeras också.

## 8. RISKVÄRDERING

Med riskvärdering menas den totala bedömda effekten som åtgärdsalternativet medför med avseende på övergripande måluppfyllelse samt riskreduktion. Övergripande åtgärds mål för fastigheterna presenteras i kap 4. Där presenteras även mätbara platsspecifika åtgärds mål som tagits fram i samband med den utförda riskbedömningen och kompletteringar i denna utredning.

### 8.1. Övergripande måluppfyllelse

För samtliga åtgärdsalternativ utom nollalternativet bedöms de uppsatta övergripande åtgärds målen uppfyllas. Inget av alternativen uppfyller de mätbara åtgärds målen avseende analyserade stickprov. Uppfyllandet av mätbara åtgärdsalternativ har dock ingen betydelse för genomförande av detaljplanen och utvärderas inte vidare.

### 8.2. Riskreduktion

Vid beräkningar av riskreduktion så har följande antaganden gjorts:

- Andel förorenad jordvolym som tas bort eller åtgärdas jämfört med nollalternativet. Det har dock inte tagits hänsyn till halter och mängder förorening som reduceras
- Uppskattad reduktionsgrad som uppnås av klorerade alifater i grundvatten under 50 år (så länge som skolan minst antas finnas kvar). Uppskattningen av reduktionsgraden är dock mycket grov och görs endast för att kunna jämföra alternativen.
- Uppskattad riskreduktion för inomhusluft baserat på åtgärder i byggnad, där barriärlösning ger 50% reduktion och barriärlösning inklusive motsvarande radonsäkring ger 100% reduktion.

**Tabell 8.1** Tabell över bedömd riskreduktion för de olika alternativen, där maximal riskreduktion ger 300%.

Ämne	Nollalternativ	Max-alternativ	Mellan-alternativ	Min-alternativ
Mängd förorenade massor som reduceras	0%	90%	90%	10%
Uppskattad reduktion av klorerade alifater i grundvatten	25%	75%	25%	25%
Riskreduktion för inomhusluft	0%	100%	100%	50%
<b>SUMMA</b>	<b>25%</b>	<b>265%</b>	<b>215%</b>	<b>85%</b>
<b>SUMMA baserat på 100%</b>	<b>8%</b>	<b>88%</b>	<b>72%</b>	<b>28%</b>

### 8.3. Viktning av utvärderingskriterier

För genomförande av planen enligt miljöbalken har utvärdering utförts av kriterier, riskreduktion, grad av måluppfyllelse och ekonomi. Tid för genomförande av åtgärd, teknik m.m. har vägts in vid val av tänkbara åtgärder och utvärderas därför inte vidare.

Riskreduktionen har beräknats enligt kap 8.2 och graden av måluppfyllelse har bedömts utifrån antal övergripande mål som uppnås. Om alla tre åtgärdsmålen uppfylls erhålls högst poäng. Uppfyllelse av mätbara åtgärds mål har inte bedömts relevant och ingår inte i värderingen. Kostnaden för de olika alternativen anges under kap 6 och 7.

Det som getts störst vikt är graden av måluppfyllelse då det är en förutsättning för genomförande av detaljplanen. Därefter har ekonomin getts större vikt än erhållen riskreduktion. Hur stor riskreduktion som uppnås med åtgärden bedöms ha mindre betydelse om de övergripande åtgärds målen uppnås. Viktningen har utgå från en 5-gradig skala, där 5 är av största vikt för projektet och 1 är av lägst vikt. Resultatet sammanställs i riskmatris i kap 8.4.

### 8.4. Riskmatris

Beräkningen har utgått från procentuell fördelning mellan alternativen och procenttalen har efter angiven vikt slagits samman till en viktad summa. Utifrån den viktade summan görs sedan en rangordning. Resultatet visas i tabell 8.2.

**Tabell 8.2** Riskmatris med beräkning i % och bedömd rangordning

Alternativ	Riskreduktion Vikt=3	Måluppfyllelse Vikt=5	Kostnad Vikt=4	Viktad summa	Bedömd rangordning
1- Nollalternativ	8%	Ej aktuell	100%	424%	3
2- Max-alternativ	88%	100%	0%	776%	2
3- Mellan-alternativ	72%	100%	9%	752%	2
4- Min-alternativ	28%	100%	77%	892%	1

## 9. REKOMMENDERAT ÅTGÄRDSALTERNATIV

Den sammanfattade bedömningen är att åtgärdsalternativ 4 – min-alternativet – uppfyller åtgärds målen och medger genomförande av detaljplanen till lägst kostnad.

Förutsättningen för genomförande av alternativ 4 är att anläggningsarbeten kommer skyddas mot exponering via intag av jord och att åtgärder för skydd för markmiljö och grundvatten inte behöver genomföras nu för eventuella framtida behov.



## BIL 1 RISKBEDÖMNING, 2019-11-04