

Kompletterande miljöteknisk markundersökning inför ny detaljplan i Bönnernviken

Lasarettet 1 och del av Svälthagen 1:1, Finspångs
kommun

Beställare: Finspångs kommun
Beställarens
projektnummer: KS.2020.0140
Konsultbolag: Structor Miljö Öst AB
Uppdragsnamn: Bönnernviken MTU
Uppdragsnummer: 24169
Datum: 2025-03-24
Revideringsdatum: Datum.
Uppdragsledare: Madeléne Lilljeqvist
Handläggare/utredare: Madeléne Lilljeqvist
Granskare: Susanne Karlsson
Status: Beställares Slutversion

Sammanfattning

Structor Miljö Öst AB har 2024/2025 genomfört provtagning av jord och grundvatten för att komplettera tidigare markmiljöutredningar för Bönnernviken. Syftet med undersökningarna har varit att avgränsa föroreningsituationen på området genom en riskbedömning. Arbetet ämnade att leda fram till att föreslå åtgärder för att detaljplanarbetet ska kunna påbörjas inom Bönnernviken.

Structor har genom provgrovsgrävning (17 provpunkter) samt skruvborr (2 provpunkter) tagit ut jordprover. Genom foderrörsborring har även installation av grundvattenrör försök genomföras på området. Jordprover har även tagits ut och analyserats avseende dess förmåga att laka metaller, som sedan sprider sig från området. Av sex försök lyckades tre rör att installeras, varav två rör hade vatten i sig vid grundprovtagning.

Resultatet visar att föroreningar finns inom området. Resultatet visade att det fanns föroreningar över KM och MKM i 10 av 19 analyserade provpunkter avseende jordprover. Däremot visade resultat för laktetest att jorden inom området inte har så hög lakningsbenägenhet och kan binda föroreningarna hårt till jorden. För grundvattnet fanns förorening av nickel i hög koncentration och klassar grundvattnet till klass 4, vilket innebär hög halt förorening. PFAS, summa 11, påträffades också i ett av två rör över preliminärt riktvärde.

Då denna undersökning påträffade förordningsmakter över aktuella riktvärden samt att undersökningarna genomförda av Ramboll 2022 också påträffat höga föroreningshalter för området genomfördes en riskbedömning för området. Riskbedömningen tog fram sex egenskapsområden, tog fram representativa halter för respektive egenskapsområde samt gav åtgärdsförslag, utredningsbehov eller friklassade områden.

Riskbedömningen visar arbetet med detaljplanen kan fortskrida för vissa områden utan att åtgärder vidtas. För vissa egenskapsområden krävs det åtgärder för att detaljplanen ska kunna antas och för en del områden finns i stället ett fortsatt utredningsbehov för att föroreningsituationen ska kunna avgränsas bättre.

Innehåll

1. Inledning och syfte	6
2. Områdesbeskrivning	6
2.1. Geologiska förhållanden.....	8
2.2. Recipienter	9
2.3. Historiska kartor	9
2.4. Övriga noteringar från kartstudier	10
3. Historisk inventering	11
4. Tidigare undersökningar	11
5. Utförda undersökningar 2024-2025	12
5.1. Avvikelse från provtagningsplanen	13
5.2. Provtagning av jord med grävmaskin	13
5.3. Provtagning av jord med skruvborr	15
5.4. Installation av grundvattenrör	15
5.5. Genomförda analyser	16
6. Jämförvärden	16
7. Resultat	17
7.1. Fältnoteringar	17
7.1.1. Jord.....	17
7.1.2. Grundvatten.....	17
7.2. Analysresultat jord	18
7.2.1. Analysresultat lakteter	18
7.3. Analysresultat grundvatten och jämförelse med resultat från 2022	19
7.4. Analysresultat jord – jämförelse med analysresultat från 2022	20
8. Riskbedömning	21
8.1. Konceptuell modell	21
8.1.1. Styrande skyddsobjekt	22
8.1.2. Antaganden om grundvatten.....	22
8.2. Föroreningarnas egenskaper	23
8.3. Egenskapsområden	24
8.3.1. Strandkanten	25
8.3.2. Deponislänt	25
8.3.3. Baksida lasarett.....	25
8.3.4. Östra framsida	26
8.3.5. Framsida lasarett.....	26
8.3.6. Västra framsida	26
8.4. Framtagande av representativa halter för respektive egenskapsområde.....	26

8.4.1. Strandkant	28
8.4.2. Deponislänt	29
8.4.3. Baksida lasarett	30
8.4.4. Östra framsida	31
8.4.5. Framsida lasarett	32
8.4.6. Västra framsida	33
8.5. Grundvatten	34
8.5.1. Grundvatten och dess förekomst inom området	34
8.5.2. Spridning av metallföroreningar från området via grundvatten	34
8.5.3. Analyser avseende lakning	38
8.6. Känslighetsanalys	38
8.7. Sammanfattande riskbedömning	39
9. Sammanfattningsvis	41
10. Referenser	43

1. Inledning och syfte

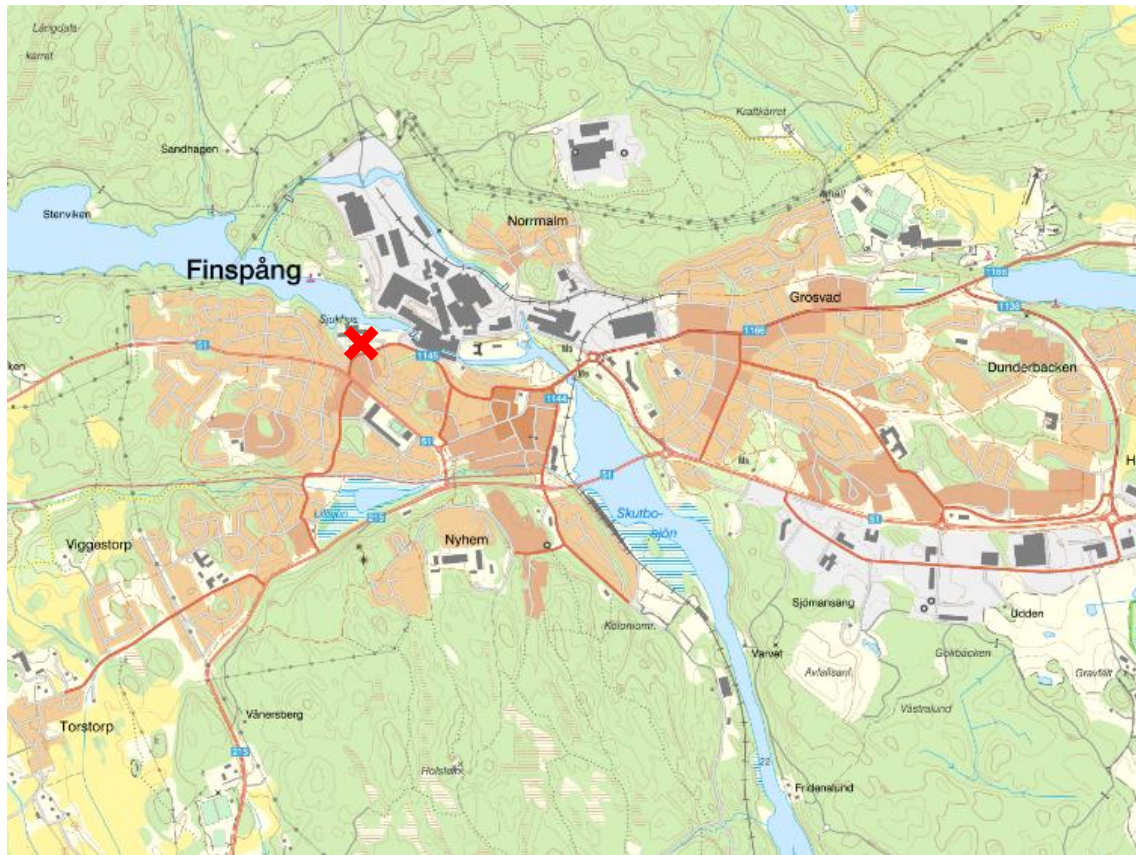
Structor Miljö Öst AB har fått i uppdrag av Finspångs kommun att genomföra en översiktlig miljöteknisk markundersökning som kompletterar tidigare undersökningar i området. Undersökningarna genomförs i samband med framtagandet av en ny detaljplan för bostäder och äldreboende på området Bönnernviken, Finspångs centralort.

Tidigare undersökningar av området har visat att föroreningar finns utspridd på området, både över känslig och mindre känslig markanvändning och med analysresultat där avgränsning ej varit möjlig att genomföra. Vid en punkt har även halter för riktlinjer för farligt avfall påträffats. Syftet med genomförd provtagning var att förtäta tidigare provtagning för att kunna avgränsa påträffad förorening. Dessutom syftade även undersökningen till att utreda föroreningsspridning från område samt att genomföra en riskbedömning för att kunna säga hur marken i framtiden kan användas, med tilltänkt användningsområde. För att uppnå syftet genomfördes en miljöteknisk markundersökning på området samt en efterföljande riskbedömning.

2. Områdesbeskrivning

Undersökningsområdet ligger i västra delen av centralorten Finspång. Området är ca 3,5 hektar och omfattar fastigheterna Lasarettet 1 och del av Svälthagen 1:1.

Undersökningsområdet ligger på en höjd, med brant sluttning i nordost mot utloppet av sjön Bönnern, se Figur 1.



Figur 1. Visar karta över Finspångs centralort. Rött kryss markerar undersökningsområdets placering (Lanmäteriet, 2024).

Undersökningsområdet utgörs ungefär till hälften av hårdgjorda ytor och byggnader från tiden när lasarettet var verksamt. Övrig mark är grönytor och parkmark. Norr och öster om undersökningsområdet, på andra sidan Bönneren, ligger ett industriområde där bland annat Siemens Energy AB och Gränges Finspång AB är verksamma idag och där det historiskt sett bedrivits industriell verksamhet. Intill områdets södra och västra del finns bostadsbebyggelse. Ortofoto över området ses i Figur 2.



Figur 2. Visar ortofoto över provtagningsområdet. Röd markering visar aktuellt undersökningsområde (Lanmäteriet, 2024).

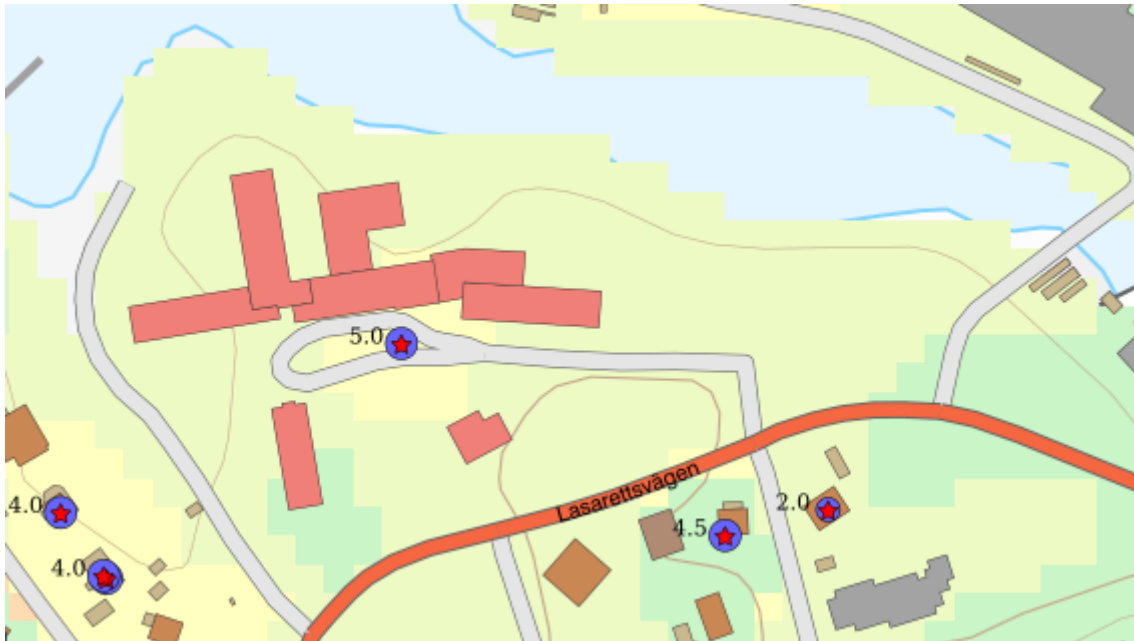
2.1. Geologiska förhållanden

Enligt SGU:s jordartskarta utgörs marken i området främst av sandig morän, en permeabel jordart, se figur 3. Postglacial lera finns i områdets västra del, ned mot Bönnerö.



Figur 3. Visar jordartskarta för provtagningsområdet. Blå område med prickar motsvarar sandig morän, gult område är lera och röda områden är urberg (SGU, 2024).

Uppskattat djup till berg varierar mellan 0–5 meter, med mest troligt jorddjup för större delen av området på 1–3 meter. I området har en brunn för enskild vattentäkts borrats. Det är oklart om denna är i bruk i dagsläget, men borrhöjden finns utmätt och visas, liksom jorddjupet i Figur 4.



Figur 4. Visar uppskattat jorddjup över provtagningsområdet. Mörkgrönt område – uppskattat jorddjup 0 meter, ljusgrönt område – uppskattat jorddjup 1-3 meter och gult område – uppskattat jorddjup 3-5 meter. Blå punkt visar tidigare borrhöjning i området där det uppmätts att bergnivån är 5 meter under markytan (SGU, 2024).

2.2. Recipienter

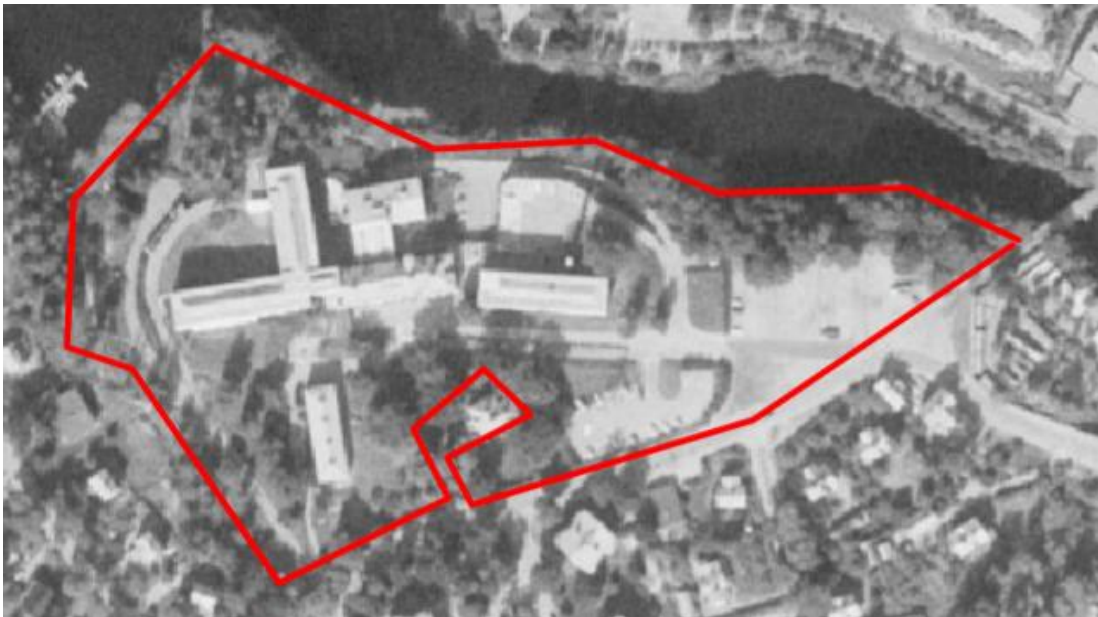
Längs med planområdets norra kant är sjön Bönnern, med avrinning mot Skutbosjön och sedan vidare mot Glan, som är Norrköpings kommuns största vattentäkter (VISS, 2024).

2.3. Historiska kartor

Området har studerats utifrån historiska flygfoton från 1960-talet och 1970-talet. Bilder från 60-talet visar att området har haft en del byggnader, vilka inte står kvar idag. Dessa byggnader ser ut att under tidsperioden 1960-1970 blivit rivna, då samma byggnader inte syns lika tydligt på flygbild från 1970-talet, se jämförelse med Figur 1, Figur 5 och Figur 6.



Figur 5. Visar flygfoto från 1960-talet över undersökningsområdet (markerat med rött). Gula punkter visar vart det tolkats att det funnits byggnader på området, som ej står kvar idag (Lanmäteriet, 2024).



Figur 6. Visar flygfoto från 1970-talet över undersökningsområdet (markerat med rött) (Lanmäteriet, 2024).

2.4. Övriga noteringar från kartstudier

Ingen skyddad natur finns i område (Naturvårdsverket, 2024). Området har ingen direkt anslutning till några utpekade förorenande objekt, men inom industriområdet norr/väster om området finns ett flertal historiska och pågående industriverksamheter, där samtliga har riskklass 2 (Länsstyrelsen, 2024). Inga fornlämningar eller andra kulturhistoriska lämningar finns inom området (Riksantikvarieämbetet, 2024).

3. Historisk inventering

En historisk utredning för området har tidigare genomförts av AFRY. Denna historiska inventering baserades på kartunderlag och påträffade inga betydande risker för föroreningar i området, däremot pekades tre områden ut som mer intressanta att utreda vid kommande miljöundersökningar (AFRY, 2021). De tre utpekade områden var ett område där påfyllning av olja kan ha skett, samt de två parkeringsplatserna för område samt att det påpekas att byggnader kan ha haft fogar med högt PCB-innehåll.

4. Tidigare undersökningar

Ramboll har under 2022 genomfört två markundersökningar på området. Initialt genomfördes en undersökning med skruvborr (Ramböll, 2022) och vid andra tillfället genomfördes en markundersökning med provgropsgrävning (Ramböll, 2022). Den andra undersökningen syftade även till att undersöka intilliggande ytvatten och sediment samt att utreda PCB-innehåll i byggnader. Resultaten från dessa två undersökningar presenteras nedan.

- Rapport 1 ”*Markundersökning lasarettet 1, Finspångs kommun*” daterat 2022-04-22
 - o Rapporten syftade till att utreda förorening i jord och grundvatten på området. Med hjälp av jordskrub skulle jordprover tas ut och grundvattenrör installeras. Det visade sig att berg stöttes på ytligt och inga grundvattenrör kunde således installeras på grund av borrstopp inom området. Enbart ett rör i nära anslutning till sjön Bönnern kunde installeras. Slutsats drogs att inget grundvatten finns inom området.
 - o Analysresultaten avseende jord visade på högt föroreningsinnehåll på vissa ställen inom området avseende zink och koppar och andra metaller påträffades utspjutt över hela området med halter KM.
- Rapport 2 ”*Kompletterande miljöundersökning lasarettet 1 och Bönnern Finspångs kommun*”, daterad 2022-11-30
 - o Undersökningen syftade till att utöka tidigare undersökning och kunna avgränsa föroreningsspridningen i plan och djupled. Undersökningen syftade även till att verifiera att det uppskattade ytliga berget var på tidigare förutspådda nivåer. Undersökningarna i jord genomfördes således med grävmaskin. Resultatet la grunden för en riskbedömning inom området.
 - o Undersökningen syftade även till att undersöka ytvatten, sediment och PCB-innehåll i byggnader.
 - o Riskbedömningen resulterade i att representativa halter (UCLM95) överskred MKM avseende Barium, kvicksilver, bensen, PAH M och PAH H samt överskred KM avseende arsenik, kadmium, koppar, bly,

zink och aromater >C16-C35 för stora hela området. Riskbedömningen visade även att påträffad föroreningshalt hade en stor spridningsrisk till omgivande miljöer avseende barium, kadmium, koppar, kvicksilver och bly.

- Ingen avgränsning av föroreningar kunde ske, varken i plan eller djupled.
- Jorddjupet kunde konstateras troligtvis ha ett större jorddjup än tidigare uppskattade 2 meter under markytan, då det inte var grävstopp vid 2 meter under markytan. Däremot påträffades mycket slaggsten, vilket kan ha påverkat att tidigare försök med att installera grundvatten inte lyckades, då det blev borrhstopp.
- Resultat visare att föroreningshalten är hög i sediment, påträffad halt är på klass 4 och klass 5.
- Det noterades att slaggprodukter som påträffades på området har en outredd föroreningssituation, framför allt utifrån lakning av föroreningar och visade påverkan på omgivningen. En metallanalys genomfördes på slagg, vilket dock visade sig vara halt under KM.

5. Utförda undersökningar 2024-2025

Undersökningen på området har omfattats av provgropsgrävning i totalt 17 provgropar. Provuttag av jord har skett varje halvmeter och fältintryck har noterats i samband med provtagningen. Provgroparna har ämnats grävas till 2 meter under markytan. På flertalet provpunkter har provgropsgrävningen avbrutits innan ett djup om 2 meter under markytan. Detta har berott på att det varit tekniskt omöjligt att gräva vidare på grund av att naturlig jord påträffats, vilket legat mycket hårt packat eller att berg stötts på.

För ytterligare två provpunkter har uttag av jord skett med hjälp av skruvborr i stället för grävmaskin. Detta har varit vid två provpunkter, placerade på asfalterad parkeringsyta, för att göra minimal åverkan på asfalterat område (punkt 24SM05-24SM06).

Med hjälp av foderrörborring har tre grundvattenrör installerats på området, av fyra planerade. Lokaliseringen för två av de tre rören har blivit något korrigerat utifrån vart det i fält bedömts möjligt och lämpligt att placera grundvattenrören. Två av dessa tre installerade rör har sedan kunnat hålla vatten och varit möjliga att ta ut grundvattenprov ifrån. Ett grundvattenrör fanns vid genomförandet redan installerat på området (av Ramboll 2022). Då det var funktionsdugligt kunde även prover tas ut och analyser genomföras i denna provpunkt.

Inför fältundersökningen sattes provpunkterna ut med hjälp av GPS och markerades med stakkäppar. Samtliga provpunkter har satts ut med GNSS-utrustning (RTK-GPS) i koordinatsystem SWEREF 99 16 30. Omlokaliserade provpunkter och grundvattenrör

har efter fältmätningarna mätts in med samma teknik som innan, i koordinatsystem SWEREF 99 16 30, höjdsystem RH2000.

Provtagning och dokumentation utfördes enligt rekommendationer i SGF:s fälthandbok "Undersökningar av förorenade områden" rapport 2:2013. Vid fältundersökningen dokumenteras jordartsförhållanden samt syn- och luktintryck i fältprotokoll. Samtliga prover förvarades i enlighet med laboratoriets instruktioner innan de levererades till laboratorium för analys.

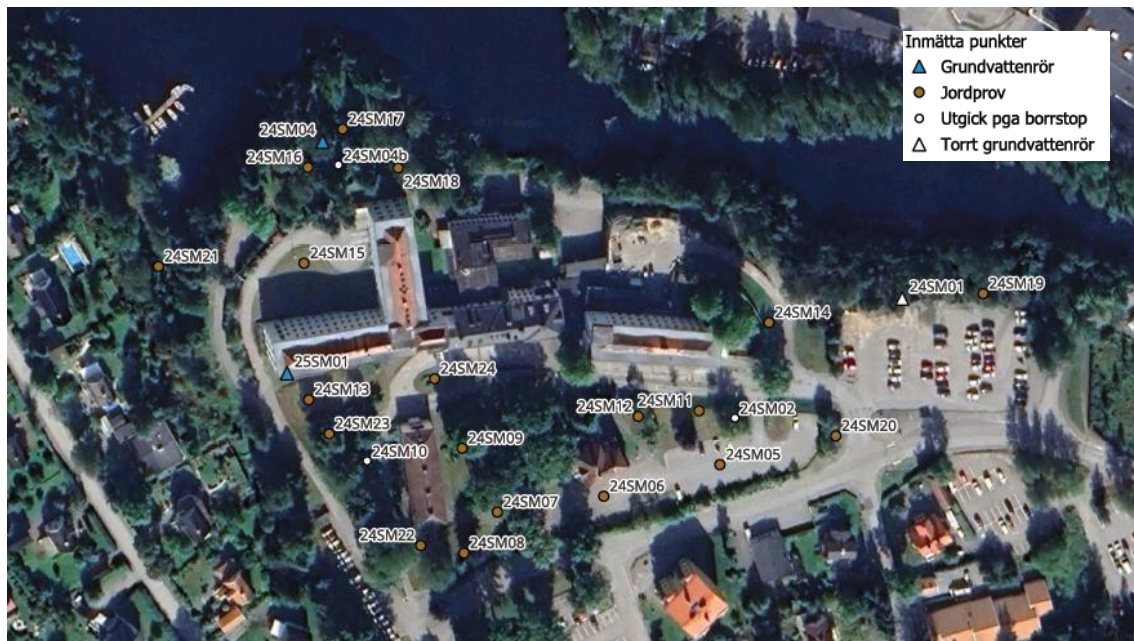
5.1. Avvikelser från provtagningsplanen

Provtagningsplan har tagits fram inför genomförda arbeten och kommunicerats med beställare innan arbeten påbörjades. Undersökningarna har i huvudsak genomförts enligt godkänd provtagningsplan, med följande avvikelser:

- Provgrop 24SM07 flyttades väster ut, med anledning av att den initialt var placerad utanför detaljplaneområdet.
- Provgrop 24SM10 uteblev pga tekniskt omöjligt för grävmaskinen att komma åt punkten, både med anledning av den sankna marken samt många låga grenar.
- Grundvattenprovtagning i 24SM01 uteblev då röret ej fylldes med vatten, trots installation på 9 meter under markytan.
- Grundvattenrörsinstallation i 24SM02 uteblev då berg stöttes på vid installation på ett djup om 1 meter under markytan.
- Grundvattenrörsinstallation i 24SM03 uteblev på grund av att det vid provgropsgrävningen endast noterades naturliga massor i området. Provpunkten planerades att ändras till 24SM10, som uteblev vid jordprovtagningen. Även här misslyckades installationen då berg stöttes på vid en marknivå på 1 meter under markytan. Ny punkt togs ut, 25SM01, där rörinstallationen lyckades. Punkten är i närheten till 24SM10.
- Grundvattenrörsinstallation 24SM04 flyttade plats norrut och nytt ID tilldelades, 24SM04B, fortfarande i närheten initial placering.
- Analys av PFAS har lagts till och genomförts i tre jordprover, i jordprov vid punkt 24SM19, då grundvattenprov ej kunde tas ut från provpunkt 24SM01 och det var av vikt att veta PFAS-innehållet i tidigare deponislänt.

5.2. Provtagning av jord med grävmaskin

Jordprovtagningen genomfördes 17 och 19 december 2024 i totalt 17 provpunkter. Provpunkternas placering framgår av bilaga 1 och i Figur 7.



Figur 7. Visar en karta över samtliga provpunkter vid Structors undersökning 2024-2025.

Provtagningen skedde generellt ned till ett djup om 2 meter under markytan, undantaget de tillfällen då berg stöttes på och det inte gick att gräva djupare, alternativt att marken upplevdes så pass orörd att det var omöjligt att gräva djupare. Provttag skedde halvmetersvis för samtliga provpunkter, proven togs ut som samlingsprov med 10 delprov i respektive prov. För att undvika korskontaminering rengjordes provtagningsutrustning mellan varje nivå.

För varje provpunkt togs även ett samlingsprov ut för hela provgropens djup, för att kunna använda inför lakförsök. Dessa prover uttogs också som samlingsprov med 20 delprov i respektive prov. Samtliga provpåsar översteg 3 kg. För lakförsök samlades även slaggsten från olika provgropar in.

Samtliga uttagna jordprover lades i diffusionstäta påsar, förslöts väl och hölls kallt inför leverans till laboratoriet. Jordlagerföljd, syn- och luktintryck dokumenterades i fältprotokoll, se bilaga 2.

Totalt togs 53 jordprover ut för olika nivåer i provpunkterna och av dessa skickades 51 prover för analys avseende metaller. Av dessa 50 prov analyserades även 25 för analys på PAH 16 och 7 för analys på alifater, aromater, PAH16 och BTEX.

När resultat för de olika jordnivåerna tillhandahölls skickades jordprover och slaggsten uttagna för laktester. Jordprov för provpunkt 24SM13 och 24SM19 valdes ut för laktest, då högst resultat mätts upp i dessa provpunkter. Slaggstenen från provpunkt 24SM14 och 24SM23 sickades för krossning och sedan analys. Beredning av jord och slaggsten skedde genom att material separerades och lakförsök genomfördes inte på partiklar över

10 mm. Laktestet som utfördes var ett skaktest och analysen avser mängd lakad metall från proverna för en simulerad tid på 6 och 18 timmar.

Då grundvattenprovtagning ej kunde genomföras i punkt 24SM01 analyserades tre jordprover avseende PFAS, för att se om PFAS fanns i jordmatrisen.

5.3. Provtagning av jord med skruvborr

Jordprovtagningen genomfördes 13 januari 2025 i två punkter, där parkering finns och området är asfalterat. Prover uttogs varje halvmeter och totalt kunde sex prov tas ut. Borrning kunde ske till 1 meter under markytan i en av provpunkterna (24SM06) med anledning av berg. Samtliga sex prover skickades för analys av metaller och PAH16.

5.4. Installation av grundvattenrör

Grundvattenrör av PEH-plast installerades på området. Installation skedde med hjälp av foderrörborring, för att en bra installation skulle kunna ske och stabila rör skulle kunna sättas i området där det tidigare varit svårt att installera grundvattenrör. Installationen genomfördes 13 januari 2025. Tre grundvattenrör installerades, varav det vid rensumpning (genomförd 16 januari 2025) fanns vatten i två av rören (25SM01 och 24SM04B). Rensumpning pågick till att vattnet i rör 24SM04B var klart och tills att rör 25SM01 var torrt. Rensumpning genomfördes med peristaltisk pump.

Provtagning av grundvattenrören genomfördes 23 januari 2025. Provtagning genomfördes på de två nya rören med vatten samt ett rör installerat 2022 av Ramboll (R2201). Innan provtagning genomfördes lodades grundvattennivån. Sedan genomfördes omsättning och provtagning av grundvattnet med peristaltisk pump kopplad till flödescell för mätning av geokemiska parametrar. Provtagningen genomfördes med lågt flöde och först efter att stabila värden erhöles. Av totalt tre prover analyserades samtliga avseende metaller och petroleumämnen samt de två nyinstallerad rören analyserades även avseende PFAS. Då rör 25SM01 hade låg tillrinning kunde provtagning av petroleumämnen kunde göras först efter ett par timmar efter omsättning, då vattenmängden börjat återhämta sig.

Samtliga prover som togs ut försvarades mörkt och svalt från uttag fram tills de lämnades in till laboratoriet. Samtliga metallanalyser filterades på laboratorium.

5.5. Genomförda analyser

Samtliga analyser har genomförts av SGS Laboratories i Linköping, exklusive lakttesterna, som genomförts av ALS Scandinavia i Luleå. I Tabell 1 framgår vilka analyser som genomförts för området.

Tabell 1. Visar en sammanställning av antal prov som skickats för analys till laboratoriet.

Analyser	Antal i jord	Antal i grundvatten
Metaller inkl. Hg	57	3
Alifater, Aromater, PAH16 och BTEX	7	3
PAH16	29	
PFAS02	3	2
Laktest metaller jord	2	
Laktest metaller slagg	2	

6. Jämförvärden

Provtagningsresultat för jord jämförs med Naturvårdsverkets generella riktvärde för MKM och KM (Naturvårdsverket, 2009) med revideringar 2016 och 2022. Då den planerade markanvändningen för området är bostäder kommer riktvärdet KM vara styrande.

Analysresultaten jämförs även mot Naturvårdsverkets nivåer för mindre än ringa risk (MRR) (Naturvårdsverket, 2010) och Avfall Sveriges rekommenderade haltgränser för farligt avfall (FA) (Avfall Sverige, 2019)

Analysresultaten från lakförsöken jämförs med varandra, för att se om lakning sker och i vilken storlek den sker.

För grundvatten används Sveriges geologiska undersöknings föreskrifter om kartläggning, riskbedömning och klassificering där angivna tröskelvärden jämförs med analysresultat för grundvatten (SGU, 2023) samt de uppdaterade bedömningsgrunder för grundvatten (SGU, 2024). För PFAS-ämnen i grundvatten används SGI:s preliminära riktvärden (SGI, 2015).

7. Resultat

7.1. Fältnoteringar

7.1.1. Jord

Generellt är området mycket blockigt och svårt att gräva. Fler områden såg orörda ut, än vad initial utgångspunkt från tidigare provtagning antytt. Marken inom undersökningsområdet ser mycket olika ut, beroende på vart grävning sker. Både i jorddjup men även om marken är naturlig eller om mycket avfallsmaterial påträffas.

På vissa områden finns det fyllnadsmassor ned till ett djup om 2 meter under markytan medan det på andra områden ser ut att vara orörd jord efter 0,5–1,0 meter under markytan. I vissa provpunkter återfinns bergnivå på 0,5–1,0 meter under markytan medan i vissa provpunkter kunde inget grävstopp/borrstopp noteras. Framför allt upplevs områden kring punkterna 24SM07, 24SM09, 24SM16–24SM18, 24SM21 och 24SM24 som ganska naturliga, med undantag för den trappkonstruktionen i närheten av 24SM18. 24SM08 och 24SM22 består av fyll, men även av ytligt berg. Området kring 24SM13–24SM15, 24SM19 och 24SM23 upplevs i fält vara mycket fyllnadsmaterial i. För 24SM13 och 24SM23 påträffas dock fyllnadsjordar först efter 0,5–1,0 meter under markytan. Fältprotokoll återfinns bilaga 2.

7.1.2. Grundvatten

Vid grundvattenprovtagning var grundvattenrör 24SM01 torrt och ingen provtagning kunde genomföras, trots djupet på 8,31 metret under markytan. I provpunkt 25SM01 hade vattnet mycket låg tillrinning och var väldigt siltigt. Motsatta förhållanden rådde i provpunkt R2201, där tillrinningen var otroligt snabb, vilket troligtvis beror på närheten till sjökant.

Data från installerade grundvattenrör samt loggade grundvattennivåer redovisas i Tabell 2. Fältdokumentation återfinns i bilaga 3

Tabell 2. Redovisar sammanställning av grundvattennivåer för området.

Provpunkt	Röruppstick (m ö my)	GV-nivå (m u my)	Totaldjup (m u my)
24SM01	0,7	---	8,31
24SM04B	1,20	3,85	4,83
25SM01	1,06	3,26	3,97
R2201	0,36	1,42	2,66

7.2. Analysresultat jord

Av de analyserade proverna visar inga analysresultat på att riktvärden avseende PFAS, alifatier eller BTEX överskrider aktuella jämförvärden.

Däremot är det 8 analyser som överskrider jämförvärde avseende PAH-M och/eller PAH-H samt att ett prov överskrider jämförvärde för aromater >C10-C16. Avseende analyserade metallhalter överskrider KM i 16 av de analyserade proverna.

Av de totalt 57 analyserade prover fördelat på 19 provpunkter, överskrider 18 analyserade prover avseende riktvärdet för KM-halter, fördelat på 10 provpunkter, se sammanställning i Tabell 3. Inga halter har överskrider riktvärden avseende farligt avfall.

Tabell 3. Alla analysresultat där halt över KM eller MKM påträffas för samtliga analyserade jordprover 2024/2025.

PARAMETER	PARAM ENHET	JÄMFÖRVÄRDEN				PROVER																		
		MRR ¹	KM ²	MKM ²	FA ³	24SM12	24SM12	24SM13	24SM13	24SM14	24SM14	24SM17	24SM18	24SM18	24SM19	24SM19	24SM20	24SM21	24SM22	24SM23	24SM23	24SM23	24SM23	
Torrsubstans	Övrigt %					75,1	88,5	78,3	72,6	82,2	79,9	81,1	83,7	85	81,7	85,2	82,5	80,8	78,5	79,6	78,7	82,9	86,1	
Ba	Metall mg/kg TS	200	300	50000		75	34	120	290	210	620	52	91	65	250	110	180	79	250	72	210	130	110	
Cd	Metall mg/kg TS	0,2	0,8	12	1000	2,4	<0,2	0,66	0,49	0,62	0,41	1,8	1,6	0,9	6,6	1,4	2,2	0,35	1,6	0,72	0,7	0,42	<0,2	
Cu	Metall mg/kg TS	40	80	200	2500	160	12	43	52	47	39	92	43	38	380	93	110	170	140	48	110	64	22	
Hg	Metall mg/kg TS	0,1	0,25	2,5	50	0,17	<0,02	0,53	0,92	0,038	0,029	0,55	0,81	1,9	0,084	0,036	0,082	0,084	0,45	0,076	0,3	0,12	0,049	
Ni ⁴	Metall mg/kg TS	35	40	120	1000	12	6,3	12	9,1	7,8	6,5	12	8,5	7,9	42	16	12	10	16	11	10	10	8,7	
Pb	Metall mg/kg TS	20	50	180	2500	45	9,5	43	48	13	11	42	140	52	96	32	36	150	57	23	590	360	60	
Zn	Metall mg/kg TS	120	250	500	2500	440	60	180	160	140	100	270	390	230	1000	260	330	150	480	200	780	440	190	
Aromater >C10-C16 ⁷	Organi mg/kg TS		3	15	1000						3,3				1,9								<1	
Summa PAH M	Organi mg/kg TS	2	3,5	20	1000		1,1		0,17	0,16	0,25	38	2,4	0,61	1,2	1,2	0,53	0,22	0,68	1,3	2,1	3,6	0,38	
Summa PAH H	Organi mg/kg TS	0,5	1	10	50		1		0,17	0,25	0,21	37	2,9	0,83	1,9	1,6	0,76	0,3	1	1,9	2,9	4	0,45	

Analysresultat finns sammanställda i sin helhet i bilaga 4 och analysprotokoll i bilaga 5.

7.2.1. Analysresultat laktestester

Jordtesterna som har analyserats avseende lakning har genomgått två laksteg. Lakstegen representerar lakning av olika tidsintervall. LS2 motsvarar lakning på 6 timmar och LS10 motsvarar lakning på 18 timmar från proverna. Vid lakförsök genomgår provet lakförsök och sedan analyseras den lakvätska som kommer från provet, i detta fall avseende metaller. Detta resultat omvandlas sedan till enhet mg/kg TS, som möjliggör att jämföra totalhalt lakade metaller med provets initiala totalhalt metaller. Analyser genomförda på jord avseende lakning visar i stort att det sker mycket lite lakning från materialet. För lakning från jord sker lakning av alla metaller påträffade i jorden. Stört lakning sker av koppar och barium som lakar 1,7% respektive 1,3%. Övriga metaller lakar under 1%. För slagg lakar enbart hälften av de påträffade metallerna. Ämnet som lakar mest är koppar, upp till 6%, övriga resultat visar på lakning mellan 0,0–1,6%. Analysresultat finns sammanställt i bilaga 6 och analysrapporter i bilaga 7.

Lakförsöken visar på att föroreningarna är hårt bundna till jordmaterialet och att väldigt lite lakning sker från analyserade prover. Generellt visar resultaten att lakning sker i större mängd för laktestet som gjorts över längre tid (LS10) och generellt lakar jordproverna något mer än vad slaggprodukterna lakar.

7.3. Analysresultat grundvatten och jämförelse med resultat från 2022

Området är analyserat avseende grundvatten och för området finns ingen grundvattenförekomst.

För samtliga analyserade grundvattenprover detekteras inga parametrar avseende BTEX eller andra petroleum-föreningar. Avseende metallanalyser påträffas halter av arsenik, barium, kobolt, krom, kvicksilver, bly och vanadin i klass 2 eller lägre, för samtliga grundvattenrör.

Metaller avseende kadmium, koppar och zink påträffades i provpunkt R2201 i hög halt (klass 4) samt att framtaget tröskelvärde för kadmium överskrids. Detta grundvattenrör är placerad nära sjökant till Bönneren. Avseende metallhalter i grundvatten längre bort från Bönneren påträffas ingen av detta tre metaller i halter motsvarande mer än klass 2, däremot påträffades halt för nickel i sådan mängd att den bedöms som hög halt (klass 4), för både 24SM04B och 25SM01. Analysresultatet tyder på att innehållet i de rören inom området och det röret i närhet till sjön Bönneren skiljer sig åt.

Avseende analyserade PFAS-ämnen påträffas PFAS summa 4 i hög halt för 24SM04B (klass 4) samt att preliminärt riktvärde för PFAS, summa 11 överskrids. För provpunkt 25SM01 påträffas PFAS summa 4 i mycket hög halt (klass 5), se Tabell 4. Fullständigt resultat finns i bilaga 8 och analysprotokoll 9.

Tabell 4. Analyser för grundvatten som påträffas i halter över klass 4, enligt SGU:s bedömningsgrunder. Generellt tröskelvärde är applicerbart för grundvattenförekomst, men används i detta fall för jämförelse.

		SGU ¹ SGU:s föreskrifter om kartläggning, riskbedömning och klassificering av status för grundvatten							
		SGU ² Riktvärde för grundvatten, SGU 2024-02-14							
		Klass 4 – hög halt, bedömningsgrunder för grundvatten, SGU 2024-02-14							
		Klass 5 – mycket hög halt, bedömningsgrunder för grundvatten, SGU 2024-02-14							
		SGI ³ Preliminära riktvärden för PFAS i mark och grundvatten (SGI publikation 21 2015)							
		<detektionsgräns >jämförvärde ≥							
		<detektionsgräns							
		SGU ¹	Klass 4	Klass 5	SGI ³	Provets märkning	R2201	24SM04B	25SM01
		Generellt				Provtagningsdag	2025-01-23	2025-01-23	2025-01-23
		tröskelvärde							
Metaller i vatten bestämda med ICP/MS									
	Kadmium, Cd, filt µg/l	0,5	0,5-1	≥1			0,77	0,067	0,14
	Koppar, Cu, filt µg/l	500	100-500	≥500			160	1,5	4,3
	Nickel, Ni, filt µg/l	20	10-20	≥20			1,9	14	12
	Zink, Zn, filt µg/l	500	100-500	≥500			270	7,2	9,2
Organiska miljöanalyser - PFAS									
	PFOS, total ng/l				45		-	2,1	1,1
	Summa 4 PFAS LB ng/l		2-4	≥4			-	2,6	12
	Summa 11 PFAS LB ng/l				45		-	62	34

Ytterligare resultat i samband med installation av grundvattenrör år 2025 är att av 6 möjliga försök med installation av grundvattenrör med hjälp av foderrörsborring, har lyckats installeras tre rör. Detta med anledning av att berg är relativt grund på fler håll inom området. Det har på tre installerade grundvattenrör lyckats tas ut grundvattenprover från två av dessa rör, varav det i ett av dessa två rör var dålig tillrinning. Grundvattentillkomsten är troligtvis mycket begränsad inom området.

7.4. Analysresultat jord – jämförelse med analysresultat från 2022

För samtliga provtagningar har 117 jordprover analyserats av laboratorium. 64 av dessa analysresultat visar på halter över KM och 27 av dessa analyser är över MKM (och FA). I Tabell 5 kan man se områdets medelhalt för samtliga analysresultat avseende metallhalter och PAH-H, ämne där medelhalt för hela Bönnernviken påträffats över KM.

Tabell 5. Tabellen visar en sammanställning av medelvärdet för samtliga analysresultat avseende halter där innehåll påträffats över KM för Bönnernviken. Medelhalten representerar samtliga analysresultat som genomförts 2022-2025.

PARAMETER	PARAMETERTYP	ENHET	JÄMFÖRVÄRDEN				styrande skyddsobjekt	medelhalt
			MRR* ¹	KM* ²	MKM* ²	FA* ³		
Torrsubstans	Övrigt	%						
As	Metall	mg/kg TS	10	10	25	1000	bakgrundshalt	5,5
Ba	Metall	mg/kg TS		200	300	50000	markmiljö	166,3
Cd	Metall	mg/kg TS	0,2	0,8	12	1000	intag av växter	1,3
Co	Metall	mg/kg TS		15	35	1000	intag av växter	5,7
Cr	Metall	mg/kg TS	40	80	150	10000	markmiljö	15,1
Cu	Metall	mg/kg TS	40	80	200	2500	markmiljö	126,1
Hg	Metall	mg/kg TS	0,1	0,25	2,5	50	inandning ånga	0,9
Ni* ⁴	Metall	mg/kg TS	35	40	120	1000	grundvatten	12,2
Pb	Metall	mg/kg TS	20	50	180	2500	bakgrundshalt	50,1
V	Metall	mg/kg TS		100	200	10000	markmiljö	25,3
Zn	Metall	mg/kg TS	120	250	500	2500	markmiljö	315,9
Summa PAH H	Organiskt, PAH	mg/kg TS	0,5	1	10	50	intag av växter	3,3

Vid provtagningar genomförda av Ramboll 2022, påträffades höga metallhalter över hela området, utan att någon avgränsning kunnat göras. Vid ett av dessa två provtagningar påträffades även vid en provpunkt analys halt över riktvärden för farligt avfall. Halter över farligt avfall har inte påträffats vid senare undersökningar, genomförda både av Ramboll och Structor. Då det påträffats enbart vid ett tillfälle i en punkt, kan det antas vara en "hot-spot" som påträffats.

8. Riskbedömning

Vid en riskbedömning uppskattas vilka risker som föroreningsituationen innebär, på ett mer detaljerat plan än att enbart jämföra medelhalter med jämförvärden. Vid bedömningen av hälsorisker vägs aspekter in som till exempel att exponeras för föroreningar via intag av växter, inandning eller intag av jord via munnen. Andra perspektiv som bedöms är om risker för hälsa uppstår på kort eller lång sikt. Miljörisker bedöms exempelvis utifrån att grundvatten, ytvatten och markmiljö kan behöva skyddas. I en riskbedömning tas även hänsyn till spridningsförutsättningarna som råder av föroreningar från ett område.

Då området Bönnernviken kan konstateras förorenat, då halter av föroreningar påträffas över jämförvärden för området, bedöms att en riskbedömning behöver genomföras. Detta för att kvantifiera vart risker finns för området och om det går att göra avgränsningar för föroreningsutbredningen utifrån de analysresultat och fältintryck som är erhållna mellan perioden 2022–2025. För placering av samtliga analyserade provpunkter se bilaga 10.

Markområdet förutsätts framåt vara bostadsmark. Till grund för riskbedömning föreligger analysresultat från marken samt grundvatten inom området. Då föroreningar påträffats framför allt som metaller kommer riskbedömningen fokusera på att jämföra metallföroreningarna och dess påverkan på människors hälsa och miljö. Då medelhalten för kadmium, koppar, kvicksilver, bly och zink har en medelhalt för samtliga analysresultat inom Bönnernviken som överskrider riktvärden för, kommer riskbedömningen för jord i Bönnernviken att fokusera på dessa fem förorenande ämnen.

För Bönnernviken bedöms det inte lämpligt att ta fram plats specifika riktvärden i och med att området planeras utgöra bostadsområde, och ett högt skydd bör tas i beaktande. Representativa halter för jord kommer att jämföras med KM-halter framtagna av Naturvårdsverket.

8.1. Konceptuell modell

Skyddsobjekt som identifierats för området är människor som vistas där ur ett boendeperspektiv, både vuxna och barn samt markmiljö. Den konceptuella modellen bygger på planerad markanvändning för området. Grundvatten beaktas enbart som spridningsväg.

Skyddsobjekt för området är människor som är boende inom området, vilket ska ge ett skydd för intag av jord, hudkontakt, inandning av damm och ånga, intag av dricksvatten och växter odlade inom området samt att man ska kunna vistas där under lång tid. Människor kommer även till området i och med områdets tilltalande miljön, parkområdet och vattenspegeln, vilket lockar för rekreativ ändamål. Även markmiljön ska beaktas som skyddsvärd, med ett skydd för 75% av de marklevande organismerna samt att grundvatten inom området och ska inte utgöra en spridningsväg av föroreningar till nedströms recipient. Konceptuell modell för området presenteras i Tabell 6.

Tabell 6. Konceptuell modell över området, där möjliga exponeringskällor anges för området och dess påträffade föroreningar

Föroreningskällor	Spridning	Exponering	Skyddsobjekt		
			Människor	Miljö	Naturresurser
- Ytlig markförorening	- Upptag av växter	- Hudkontakt jord	Boende på plats - vuxna - barn	Markekosystem, flora och fauna	
- Djup markförorening	- Förångning	- Intag jord och dricksvatten	Besökande på plats - vuxna - barn		
- Förorening i grundvatten	- Spridning via grundvatten	- Inandning damm och ånga	Intag av växter/odling på området		
- Förorening finns i deponi		- Intag av växter - Hudkontakt med ytvatten			

Identifierade skyddsobjekt är:

- Boende inom området
- Närboende
- Marklevande organismer, markmiljö

8.1.1. Styrande skyddsobjekt

Satta riktvärden för förorenande ämnen har alltid ett styrande riktvärde för valt riktvärde. Det är den styrande envägs koncentrationen som påverkar det faktiskt gällande riktvärdet. I Tabell 7 kan det utläsas vad som påverkar satt riktvärde för aktuella föroreningar inom Bönnernviken.

Tabell 7. Visar vilken envägskoncentration som är styrande för aktuellt satt riktvärde.

Ämne	KM-nivå (mg/kg TS)	Styrande envägskoncentration
Kadmium (Cd)	0,8	Långtidsexponering/intag av växter
Koppar (Cu)	80	Markmiljö
Kvicksilver (Hg)	0,25	Långtidsexponering/inandning av ånga
Bly (Pb)	50	Långtidsexponering/intag av jord
Zink (Zn)	250	Markmiljö

8.1.2. Antaganden om grundvatten

Inom området har analys avseende grundvattnet gjorts. Dessa analysresultat beaktas som ett generellt innehåll av grundvatten inom området. Det har dock varit flertalet misslyckade försök med installation av grundvatten och även uttag av grundvatten i rör

som lyckats installeras. Antaganden görs att det finns visst grundvatten på området, men att det inte är skyddsvärt, inte heller att det finns en grundvattenförekomst inom Bönnernviken. Grundvattnet bedöms enbart kunna utgöra en spridningskälla för föroreningar från Bönnernviken till nedströms recipienter.

Riskbedömningen ämnas ta fram för att utreda detta och dess risk, med underlag från analysresultat från grundvatten samt data från SMHI avseende recipient och avrinningsområden samt analysresultat avseende materialets lakbarhet för området.

8.2. Föroreningarnas egenskaper

Metaller kan inte brytas ned till andra ämnen. De flesta metaller binds i viss utsträckning till marken, oftast genom olika ytreaktioner med markens organiska material eller med järn- och aluminiumoxider och ibland även genom utfällningsreaktioner som till exempel stabila sulfider. Faktorer som styr processerna är framförallt pH, redoxförhållanden, tillgången på löst organiskt material (DOC), i markvattnet och konkurrerande joner. I Tabell 8 sammanfattas metallers egenskaper (Naturvårdsverket, 2006).

Tabell 8. Sammanställer aktuella metaller för området och dess kemiska egenskaper. (Naturvårdsverket, 2006).

Allmänt	Oxiderande förhållanden	Reducerande förhållanden	Lågt pH Lägre än pH 7	Neutralt pH 7-9	Högt pH Högre än pH 7.
Kadmium					
Kadmium är toxiskt för djur. För flera fiskarter i sötvatten märks toxiska effekter redan vid koncentrationer mellan 1 - 10 µg/l. Ämnet komplexbinds till organiskt material, och kan även bindas till Fe ³⁺ , Al ³⁺ och Mn ²⁺ oxider och medfällas med karbonater. Ämnet är cancerogent.	<i>Bundet till organiskt material och till mindre del i Fe³⁺ oxider och karbonater vid höga pH-värden.</i>	<i>I reducerande miljö fälls Cd lätt ut som sulfid.</i>	<i>Lättlöslig vid låga pH-vägen och under syresatta förhållanden.</i>		<i>Karbonater fällt särskilt ut vid högt pH och anaeroba förhållanden.</i>
Koppar					
Essentiellt näringsämne, toxiskt i höga halter (lever, njure immunförsvar) samt för många sötvattenlevande organismer. Komplexbinds till organiska ämnen men endast svaga oxidkomplex.	<i>Som Cu²⁺ samt dessa komplex med DOC (löst organiskt material). Transport i vatten som lösta humuskomplex</i>	<i>Cu(I) och Cu(II). Fälls ut som svårslösliga sulfider</i>	<i>Stark bindning till humus även vid lågt pH. Transport i vatten som lösta humuskomplex. Lättlöslig vid låga pH-vägen och under syresatta förhållanden.</i>	<i>Stark bindning till humus. Transport i vatten som lösta humuskomplex.</i>	<i>Vid högt pH och oxiderande förhållanden kan malakit, jmf grönt kopparkoppar, fällas ut.</i>
Nickel					
Är vid höga koncentrationer toxiskt för djur då det	<i>Lättlösligt i oxiderande förhållande</i>	<i>Bindes starkare i marken vid reducerande</i>	<i>Lättlösligt vid låga pH.</i>	<i>Komplexbinder till organiskt material</i>	<i>Bindes starkt till i marken vid höga</i>

förhindrar Zn-upptag. Nickelallergi är vanligt hos människor.	<i>tillsammans med lågt pH.</i>	<i>förhållanden och höga pH.</i>		<i>(karbonat och DOC). Liknar markkemin för kobolt och zink.</i>	<i>pH, som Fe- Al- och Mn-oxider.</i>
Bly Exponering kan ge skador på nervsystemet och försämra inlärningsförmågan och den intellektuella utvecklingen.	<i>Som Pb²⁺ samt dessa komplex med DOC (löst organiskt material). De sistnämnda dominerar i regel kraftigt</i>	<i>I reducerande miljöer bildar Pb svårslösliga sulfider.</i>	<i>Pb²⁺ binds mycket starkt till såväl humusämnen som oxidtytor även vid lågt pH</i>	<i>Pb²⁺ binds mycket starkt till såväl humusämnen som oxidtytor</i>	<i>Vid högt pH och höga Pb-koncentrationer kan PbCO₃ falla ut.</i>
Kvicksilver Vanligt i insjöfisk i Sverige och är toxiskt för människor. Huvuddelen av intaget är metylkvicksilver (CH ₃ Hg ⁺), vilket är fettlösligt. Toxiskt och ger skador på centrala nervsystemet, ej cancerogent. Huvuddel i löst form är bundet till lösta humusämnen (DOC) som Hg ²⁺ . I jord binds Hg mycket starkt till organiska material.	<i>Oxidationstillstånd (II), (I) och (0). Oxiderar även i starkt oxiderande miljö.</i>	<i>Oxidationstillstånd (II), (I) och (0). Oxiderar även i starkt reducerande miljö.</i>	<i>Ingen info</i>	<i>Ingen info</i>	<i>Ingen info</i>
Zink Essentiellt ämne för växter och djur. Toxisk effekt på sötvattenlevande organismer.	<i>Lättlösligt i oxiderande förhållande tillsammans med lågt pH.</i>	<i>Bindes starkare i marken vid reducerande förhållanden och höga pH</i>	<i>Lösligheten av Zn²⁺ ökar starkt med sjunkande pH. Som Zn²⁺ joner i huvudsak adsorberad till organiskt material och lerpartiklar.</i>	<i>Bildar relativt starka komplex med lösta humusämnen (DOC) vid pH över pH 6.</i>	<i>Bundet till Fe- och Mn-oxider vid högt pH. I starkt förorenade jordar även utfällningar med fosfat och hydroxid.</i>

8.3. Egenskapsområden

Undersökningsområde har delats in i sex egenskapsområden. Dessa områden delas in utifrån noterade fältintryck, analysresultat, placering på området samt om annan relevant information angetts. Området på framsidan av lasaretsbyggnaden är ett stort område, men har blivit indelat i tre egenskapsområden. Analysresultat och fältintryck har varit grundläggande för möjliggörandet av delområdena.

Nedan presenteras de tilltänka egenskapsområdena och varför de är ett egenskapsområde. För områdesindelning, se Figur 8 och förtydliganden finns i bilaga 11.



Figur 8. Visar de sex egenskapsområdena för undersökningsområdet.

8.3.1. Strandkanten

Detta egenskapsområde sträcker sig över den gräsbeväxta ytan på baksidan av lasarettet och ser ut att vara parkmark och sträcker sig i stort längs med hela strandkanten mot Bönnern. För samtliga provpunkter inom egenskapsområdet, exklusive 22R10 och 24SM18, anger samtliga fältanteckningar att området är orört, ingen avfallsbit eller tegelsten har noterats. För 22R10 har slagg påträffats och för 24SM18 har olika byggavfallsrester påträffats, i närhet till den trappkonstruktion som är byggd från parken upp mot lasarettbyggnadens baksida. Området upplevs utifrån fältintryck naturligt och området har mycket träd och buskage. Det kan mycket väl ha tillförts material till området, då det finns odlade buskar, anlagda gräsytor med mera.

Området har en punkt, där föroreningshalter påträffats över nivåer för farligt avfall avseende koppar och zink. Denna punkt kommer framåt kallas "hot-spoten", då det är enda punkten för samtliga 44 punkter inom Bönnernviken där halter över Farligt avfall uppmätts.

8.3.2. Deponislänt

Vid samtliga undersökningstillfällen tillfällen har det i provpunkterna noterats avfallsmaterial såsom asfalt, tegel, slagg, bildäck med mera. Liknande rester har även noterats i punkt 22R01, vilket gör att punkterna för detta område ingår i deponislänten. Området har en angränsande stor parkering som aldrig blivit undersökt.

8.3.3. Baksida lasarett

Detta område täcker de ytor som är allra närmast lasarettbyggnadens baksida. Området är till öster och väster uppbyggda på till synes liknande sätt. Vid östra delen är massor

tillförda området, detta syns tydligt då det är en höjd med gräsyta som når upp till lasaretsbyggnaden. Områdets västra del har också en upphöjd bank, med en konstruerad bilväg, som når till lasaretsbyggnadens baksida. Vid båda upphöjningarna har det påträffats svart jord, slagg och tegelsten, vilket tyder på att det är tillförda avfallsmassor inom upphöjningen. En punkt mellan dessa två områden finns inom området, denna är på en asfalterad yta och är mitt emellan massa ledningar, vilket gjort att fler punkter varit svåra att provta vid undersökningarna.

8.3.4. Östra framsida

För egenskapsområde östra framsidan finns en upphöjning av massor, som ser ditförda ut. Detta för att skapa en upphöjning mot parkeringsyta, från ett lägre område.

Vid fältundersökningar i detta egenskapsområde noteras avfallsrester både vid skruvborrning och provgrovsgrävning. Området har ytligt berg. Avgränsning av detta egenskapsområde är således slänterna upp mot parkeringen som finns framför lasarettet och angränsande grönytor. Parkeringsyta ingår ej.

8.3.5. Framsida lasarett

Detta område bedöms kunna utgöra ett eget egenskapsområde, med avgränsning av flerbostadshus till väster, lasaretsbyggnad till norr och parkeringsyta till öster. Marknivån för detta område ger inte intryck av att vara uppfyllt, utan har en naturlig höjd. Vid provgrovsgrävningen bedömdes det även vara naturligt vid provgroparna. Mycket lite avfallsmaterial påträffades i form av slagg och tegel. Då det var morän/blockig jord och det var mycket väl packat och mycket svårt att lägga tillbaka i ursprungsnivå, något som antyder på att området inte är uppfyllt.

8.3.6. Västra framsida

Egenskapsområdet är lägre än övriga egenskapsområden på framsidan av lasaretsbyggnaden. Egenskapsområdet avgränsas med detaljplanens gräns i syd och väst, flerbostadshus i öst och lasaretsbyggnad i norr. Jorden i yttlig mäktighet har inte noterat ett stort innehåll av avfallsmaterial, däremot har det på djupare nivåer påträffats mycket slaggsten och svartare jord. Undantaget är området söder om flerbostadshuset, med avgränsning mot vägen, där det påträffats mycket avfall i hela profilen.

8.4. Framtagande av representativa halter för respektive egenskapsområde

Vid bedömning av risk jämförs respektive egenskapsområde för sig med aktuella representativa halter. Dessa representativa halter jämförs sedan med relevant riktvärde, i detta fall KM-nivåer.

Representativ halt för delområdena har samtliga baserats på ämnets UCLM 95-värde. UCLM 95 innebär att medelhalten i området med 95 % sannolikhet understiger det aktuellt värdet som används vid jämförelse med aktuellt riktvärde, i detta fall KM-halter. Beräkningen har gjorts med programmet Statistik Utvärdering Version 2, 170417 vilket är framtaget av naturvårdsverket. För de prover där duplikatprov finns

analyserade, har båda analysresultaten räknats med. Där halter underskrider detektionsgräns på laboratoriet, har halva detektionsgränsen använts som faktisk halt. För respektive egenskapsområde, och i vissa fall ytterligare indelning i delområden, har det bedömts finnas ett tillräckligt stort dataunderlag – över 10 analysresultat, vilket anses som ett minimum för att kunna räkna fram tillförlitlig UCLM-halter.

8.4.1. Strandskant

Detta egenskapsområde har en så kallad hotspot. Denna punkt är unik för Bönnernviken och kräver egen separat hantering i form av åtgärd. För samtliga representativa halter som presenterad för detta egenskapsområde är alltid hotspoten exkluderad. Hotspoten är provpunkt R2201. Hotspoten i sig anses behöva åtgärdas i form av bortgrävning och efterföljande miljökontroll för att säkerställa att hotspoten avgränsats.

Egenskapsområdet har, exklusive hotspot, en representativ medelhalt där kadmium, kvicksilver och bly överskrider KM-nivåer, se Tabell 9. Utifrån detta resultat kan egenskapsområdet bedömas ha ett åtgärdsbehov trots att det anses vara naturligt enligt fältintryck.

Tabell 9. Visar representativ halt samt medel och maxhalt för delområde baksida lasarett, då punkt R2201 har lyfts ut ut beräkningarna, på grund av bedömd hotspot inom egenskapsområdet. Halterna jämförs med aktuella jämförvärden. I Tabellen framgår även styrande parameter för satt jämförvärde.

ÄMNE	parameter	enhet	Utan hotspot							styrande riktvärde
			MRR	KM	MKM	medel	max	UCLM 95		
Cd	Metall	mg/kg TS	0,2	0,8	12	1,0	3,6	1,27	intag av växter	
Cu	Metall	mg/kg TS	40	80	200	54,3	170	70,19	markmiljö	
Hg	Metall	mg/kg TS	0,1	0,25	2,5	0,5	4,2	0,84	inandning ånga	
Pb	Metall	mg/kg TS	20	50	180	46,3	150	63,65	bakgrundshalt	
Zn	Metall	mg/kg TS	120	250	500	174,5	430	219,46	markmiljö	

Vid vidare uppdelning av egenskapsområdet, en nivåindelning, visar resultatet för representativa halter att de överskrider KM för de översta 0,0–0,5 metrarna. För underliggande prover är samtliga representativa halterna under KM, exklusive resultat för kadmium, där representativ halt tangerar gräns för KM. Resultat presenteras i bilaga 12 för samtliga representativa halter samt alla analysresultat för egenskapsområdet.

Med angiven nivåindelning, gör det att området bedöms ha ett åtgärdsbehov för översta halvmeteren, och utifrån fältintryck bör även material under anlagd trappa från parkområde upp till baksidan av lasarettbyggnad avlägsnas, för att förorenande nivåer ska vara under riktvärdet för KM-nivå och ha en acceptabel risk för planerad markanvändning.

Vid en åtgärd skulle den översta halvmeteren kunna genomgå en förtätad provtagning eller en massklassning, för att minimera avfallsmängder att avlägsna. Vid en provtagning skulle även PFAS-ämnen behöva analyseras, då det påträffats halter i grundvattnet och jorden inte är analyserad. Detta skulle kunna ske i samband med exploatering. Vid förtätad provtagning och förtydliganden av detaljplanen, skulle platsspecifika riktvärden för parkmark tas fram för detta egenskapsområde.

8.4.2. Deponislänt

För detta egenskapsområde är det framför allt slänten som undersökts. Där har det vid samtliga undersökningar påträffas föroreningar i stor utbredning. Samtliga punkter har halter över KM av någon förorening. Representativa halter för området överskrider för kadmium- och blyhalter över KM och för koppar och zink överskrider MKM-halter.

Tabell 10. Visar representativ halt samt medel och maxhalt för delområde deponislänt och jämförs med aktuella jämförvärden. I Tabellen framgår även styrande parameter för satt jämförvärde.

ÄMNE	parameter	enhet	MRR	KM	MKM	medel	max	UCLM 95	styrande riktvärde
Cd	Metall	mg/kg TS	0,2	0,8	12	2,5	18,3	4,42	intag av växter
Cu	Metall	mg/kg TS	40	80	200	144,6	802	226,29	markmiljö
Hg	Metall	mg/kg TS	0,1	0,25	2,5	0,1	0,2	0,12	inandning ånga
Pb	Metall	mg/kg TS	20	50	180	52,0	220	74,12	bakgrundshalt
Zn	Metall	mg/kg TS	120	250	500	485,0	2140	709,91	markmiljö

För egenskapsområdet anses ett åtgärdsbehov finnas. Prover som är analyserade är framför allt uttagna i släntområdet vilket gör att avgränsningen enbart kan anges för denna del i egenskapsområdet. Parkeringsyta är fortfarande icke undersökt och deponins utbredning kan vara mer omfattande än enbart slänten. Detta bör avgränsas med hjälp av en miljökontroll i samband med urgrävning av massor.

Analysresultaten visar att föroreningarna finns till ett djup om 1,5 meter under markytan i aktuell slänt. Analysresultat återfinns i bilaga 13.

8.4.3. Baksida lasarett

För aktuellt egenskapsområde bedöms det finnas en risk avseende kvicksilver och bly, då dessa ämne överskrider KM-nivåer med framtaget representativt värde för området.

Tabell 11. Visar representativ halt samt medel och maxhalt för delområde baksida lasarett och jämförs med aktuella jämförvärden. I Tabellen framgår även styrande parameter för satt jämförvärde.

ÄMNE	parameter	enhet	MRR	KM	MKM	medel	max	UCLM 95	styrande riktvärde
Cd	Metall	mg/kg TS	0,2	0,8	12	0,4	1,1	0,56	intag av växter
Cu	Metall	mg/kg TS	40	80	200	46,1	130	60,92	markmiljö
Hg	Metall	mg/kg TS	0,1	0,25	2,5	0,3	3,3	0,66	inandning ånga
Pb	Metall	mg/kg TS	20	50	180	33,3	170	52,1	bakgrundshalt
Zn	Metall	mg/kg TS	120	250	500	166,6	540	228,41	markmiljö

Vid vidare uppdelning av egenskapsområdet, då genom att eliminera en punkt, från avvikande område, 22R07, visar det sig att representativa halter för området inte överskrider KM-nivåer. 22R07 är avvikande dels utifrån fältintryck, då området inte är tydligt uppfyllt, som övriga punkter, dessutom är området mellan hus där det uppgetts vara svårt att provta på grund av ledningar. Ytterligare att notera är att området 22R07 ligger i anslutning till det område med eventuell utpekad föroreningsproblematik i historisk inventering (AFRY, 2021).

Om punkt 22R07 avlägsnas från sammanställningen av representativa halter för området, visar representativa halter inte överskrida KM-nivåer för östra och västra utfyllnaden, se Tabell 12. Egenskapsområdet bedöms således ha ett utredningsbehov kring området punkt 22R07, och för övriga utfyllda områden bedöms en friklassning kunna genomföras. Samtliga analysresultat finns i bilaga 14.

Tabell 12. Visar representativ halt samt medel och maxhalt för delområde baksida lasarett, då punkt 22R07 har lyfts ut ut beräkningarna, på grund av avvikande provtagningspunkt inom delområdet. Halterna jämförs med aktuella jämförvärden. I Tabellen framgår även styrande parameter för satt jämförvärde.

Representativ halt utan punkt 22R07									
ÄMNE	parameter	enhet	MRR	KM	MKM	medel	max	UCLM 95	styrande riktvärde
Cd	Metall	mg/kg TS	0,2	0,8	12	0,4	1,1	0,54	intag av växter
Cu	Metall	mg/kg TS	40	80	200	40,1	130,0	55,94	markmiljö
Hg	Metall	mg/kg TS	0,1	0,25	2,5	0,1	0,6	0,16	inandning ånga
Pb	Metall	mg/kg TS	20	50	180	18,6	74,2	26,94	bakgrundshalt
Zn	Metall	mg/kg TS	120	250	500	131,6	420,0	183,99	markmiljö

8.4.4. Östra framsida

För detta egenskapsområde tyder de representativa halterna på att ett åtgärdsbehov för området föreligger. De representativa halterna överskrider aktuellt riktvärde för kadmium och zink avseende KM och koppar avseende MKM.

Tabell 13. Visar representativ halt samt medel och maxhalt för egenskapsområde östra framsida och jämförs med aktuella jämförvärden. I Tabellen framgår även styrande parameter för satt jämförvärde.

ÄMNE	parameter	enhet	MRR	KM	MKM	medel	max	UCLM 95	styrande riktvärde
Cd	Metall	mg/kg TS	0,2	0,8	12	0,9	3,5	1,3	intag av växter
Cu	Metall	mg/kg TS	40	80	200	120,5	940	206,76	markmiljö
Hg	Metall	mg/kg TS	0,1	0,25	2,5	0,1	0,17	0,08	inandning ånga
Pb	Metall	mg/kg TS	20	50	180	20,9	65	28,02	bakgrundshalt
Zn	Metall	mg/kg TS	120	250	500	203,5	800	288,8	markmiljö

Vid vidare uppdelning av egenskapsområdet, en nivåindelning, visar resultatet för representativa halter avseende nivå 0,0–0,5 meter under markytan att representativa halter för denna nivå överskrider KM avseende kadmium och MKM avseende zink och koppar. För djupare nivå inom området, djupare än 0,5 meter under markytan, finns inget åtgärdsbehov enligt representativa halter. Det kan noteras att det finns en hög kopparhalt för djupare nivåer, men den representativa halten visar ändå på att åtgärdsbehov för 0,5 meter under marken och djupare inte finns för egenskapsområdet, se Tabell 14. Analysresultat återfinns i bilaga 15. Åtgärdsbehovet för översta halvmetern är avgränsat inom grönområdet.

Tabell 14. Visar representativ halt samt medel och maxhalt för delområden inom egenskapsområde östra framsida och jämförs med aktuella jämförvärden. Översta delen av tabellen är för nivå 0,0-0,5 meter under markytan, medan under delen av tabellen är för nivån 0,5-2,0 meter under markytan. I Tabellen framgår även styrande parameter för satt jämförvärde.

översta 0,0-0,5 meter									
ÄMNE	parameter	enhet	MRR	KM	MKM	medel	max	UCLM 95	styrande riktvärde
Cd	Metall	mg/kg TS	0,2	0,8	12	1,8	3,5	2,66	intag av växter
Cu	Metall	mg/kg TS	40	80	200	239,1	940	436,87	markmiljö
Hg	Metall	mg/kg TS	0,1	0,25	2,5	0,1	0,17	0,14	inandning ånga
Pb	Metall	mg/kg TS	20	50	180	35,8	65	47,98	bakgrundshalt
Zn	Metall	mg/kg TS	120	250	500	376,0	800	533,49	markmiljö
djupare än 0,5 m u my									
ÄMNE	parameter	enhet	MRR	KM	MKM	medel	max	UCLM 95	styrande riktvärde
Cd	Metall	mg/kg TS	0,2	0,8	12	0,2	0,5	0,24	intag av växter
Cu	Metall	mg/kg TS	40	80	200	35,4	228,0	74,84	markmiljö
Hg	Metall	mg/kg TS	0,1	0,25	2,5	0,0	0,1	0,05	inandning ånga
Pb	Metall	mg/kg TS	20	50	180	9,8	22,0	13,46	bakgrundshalt
Zn	Metall	mg/kg TS	120	250	500	72,8	177,0	104,46	markmiljö

8.4.5. Framsida lasarett

Samtliga representativa halter för området understiger riktvärden för KM. Området har upplevts som naturligt, enbart med inslag avförorenande partiklar såsom någon enstaka tegelbit. För egenskapsområdet anses det inte föreligga något åtgärdsbehov. Analyssammanställning finns i sin helhet i bilaga 16

Tabell 15. Visar representativ halt samt medel och maxhalt för delområde framsida lasarett och jämförs med aktuella jämförvärden. I Tabellen framgår även styrande parameter för satt jämförvärde.

ÄMNE	parameter	enhet	MRR	KM	MKM	medel	max	UCLM 95	styrande riktvärde
Cd	Metall	mg/kg TS	0,2	0,8	12	0,3	0,97	0,34	intag av växter
Cu	Metall	mg/kg TS	40	80	200	27,0	68	32,51	markmiljö
Hg	Metall	mg/kg TS	0,1	0,25	2,5	0,1	0,28	0,1	inandning ånga
Pb	Metall	mg/kg TS	20	50	180	16,6	69,7	21,27	bakgrundshalt
Zn	Metall	mg/kg TS	120	250	500	90,8	255	110,36	markmiljö

8.4.6. Västra framsida

För hela detta egenskapsområde är samtliga representativa halter överskridande KM eller MKM. Detta gör att egenskapsområdet bedöms ha ett åtgärdsbehov då det bedöms finnas risker inom området, se Tabell 16.

Tabell 16. Visar representativ halt samt medel och maxhalt för egenskapsområde västra framsida och jämförs med aktuella jämförvärden. I Tabellen framgår även styrande parameter för satt jämförvärde.

ÄMNE	parameter	enhet	MRR	KM	MKM	medel	max	UCLM 95	styrande riktvärde
Cd	Metall	mg/kg TS	0,2	0,8	12	0,6	1,6	0,79	intag av växter
Cu	Metall	mg/kg TS	40	80	200	71,8	200	92,47	markmiljö
Hg	Metall	mg/kg TS	0,1	0,25	2,5	2,8	34	5,72	inandning ånga
Pb	Metall	mg/kg TS	20	50	180	119,5	590	180,55	bakgrundshalt
Zn	Metall	mg/kg TS	120	250	500	285,4	820	378,85	markmiljö

Egenskapsområdet utgör i sig två olika delar av området, vilket kan anas både på fältintryck och analysresultat. För ett litet delområde söder om bostadshuset, finns en stenmur. I detta område har provgrovsgrävning genomförts 2022 och 2024 och det påträffades avfallsmassor (såsom porslin, glas, tegel, kablar med mera) i hela jordprofilen, ned till ett djup på 2,0 meter under marken. I detta område har även samtliga analyserade halter, avseende kadmium, koppar, kvicksilver, zink och bly, påträffats över KM eller MKM. I denna del av området bedöms det finnas en risk för aktuella skyddsobjekt och ett åtgärdsbehov till ett djup på 2 meter under markytan finns. Området bör åtgärdas genom schaktning och kontrolleras med efterföljande miljökontroll.

För grönyta väster om flerbostadshuset, bedöms det även där finnas ett åtgärdsbehov, då representativa halter för området visar på nivåer över KM. Däremot tyder analysresultaten, vilka finns presenterade i bilaga 17, att området skulle kunna avgränsas mer, förmodligen både i yt- och djupled. I dag finns det dock inga representativa halter som kan tas fram och bekräfta detta i denna riskbedömning, men tendenser finns att föroreningarna påträffats framför allt på djupet och inte dikt an mot lasaretsbyggnaden. För området föreslås förtätad provtagning innan omfattningen av ett åtgärdsbehov kan anges.

8.5. Grundvatten

Det har påträffats grundvatten inom Bönnernviken, med föroreningshalter som är höga vad avser kadmium, koppar, nickel och zink. Då ett av grundvattenrören där hög halt påträffats är samma punkt som en ”hot-spot” i jord påträffats, anses grundvattenhalten i detta rör inte vara representativt för området och exkluderas i riskbedömningen (R2201).

De två grundvattenrör som är kvar (24SM04B och 25SM01) har en hög uppmätt halt av nickel och PFAS. PFAS-halten bedöms som hög, men inte i de storlek som ett källområde utgör. PFAS har troligtvis kommit hit i samband med en släckinsats, alternativt transporterats via grundvatten. Då det inte bedöms utgöra ett källområde anses inte en åtgärd av grundvattnet aktuellt. För området bedöms att det framför allt att det är metallhalter som utgör ett problem, även om PFAS bör beaktas vid en åtgärd. Vidare kommer riskbedömningen avseende spridning således att bedömas utifrån spridning av metaller. Då det i jord har ansetts vara övervägande problem med koppar och zink, utifrån påverkan på markmiljön samt att nickel påträffats i hög halt för grundvatten, kommer dessa metaller att ingå i riskbedömningen för spridning av föroreningar via grundvatten från Bönnernviken till Bönnern.

Representativ för grundvattnet halt beräknas utifrån analysresultat. Då grundvattenrören har två analysresultat kommer representativ halt för området antas vara den högst uppmätta halten, i de två rören som anses vara representativa för området (24SM04B och 25SM01). Tabell 17 visar de representativa halterna för grundvattnet.

Tabell 17. Visar representativ metallhalt i grundvatten inom Bönnernviken.

Ämne	Representativ halt i grundvatten för området Bönnernviken (µg/l)
Koppar	4,3
Nickel	14
Zink	9,2

8.5.1. Grundvatten och dess förekomst inom området

Det kan konstateras att grundvatten förekommer inom området, men mycket begränsat. Vid försök med installation av sex grundvattenrör har två rör inte lyckats installeras på grund av ytligt berg och ett rör har inte installerats på grund av att inget grundvatten påträffades. Vid de tre installerade rören har ett grundvattenrör inte lyckats hålla vatten, troligen på grund av att grundvatten inte finns inom det området och i ett av de två fungerande rören är tillrinningen låg. Det bedöms att området inte har mycket grundvatten som kan föranleda spridningsväg och området utgör ingen grundvattenförekomst.

8.5.2. Spridning av metallföroreningar från området via grundvatten

Det har ändå påträffats grundvatten inom området, vilket gör att viss spridning av föroreningar kan ske. För att bedöma risken med denna eventuella spridning görs en uträkning över total mängd föroreningar i grundvatten för Bönnernviken och sätts i

relation till den mängd regnvatten som når Bönneren från Bönnernviken, och på så sätt sprider föroreningar vidare.

Bönnernvikens yta är 3,5 ha stort. Enligt data hämtad från SMHI:s modellunderlag (SMHI, 2025) så utgör delavrinningsområdet ett område omfattande 16,05 ha, se Figur 9. Sjön Bönneren utgör ca 9 % av delavrinningsområdet och Bönnernviken utgör ca 0,2 % av delavrinningsområdet. Inom delavrinningsområdet är avrinningen av nederbörden 193 mm/år, dvs den regnmängd som rinner i området och inte avlägsnas genom evapotranspiration och når sjön Bönneren. Samma källa uppger även att medeldjupet för sjön Bönneren är 3,4 meter. En beräkning av volymen vatten i Bönneren och volym avrinningsvatten från Bönnernviken till Bönneren per år har gjorts.



Figur 9. Visar delavrinningsområdet för vatten som transporteras till Bönneren. Bönnernviken är markerad med ett rött kryss (SMHI, 2025).

Utifrån denna data kan föroreningstransporten av koppar, nickel och zink beräknas. Föroreningstransporten jämförs sedan med de miljö kvalitetsnormer som är satta för inlandsytvatten. Med hjälp av volymen för Bönneren och miljö kvalitetsnorm för det förorenande ämnet, kan det beräknas hur mycket föroreningar som Bönneren kan ta emot, för att ha god status. Det går även att räkna ut mängd föroreningstransport per år från Bönnernviken till Bönneren, då det finns en mängd på avrinningsvattnet. Detta leder till att beräkning kan göras, för att uppskatta om föroreningsspridningen från området är högre eller lägre än vad som är acceptabelt för aktuell miljö kvalitetsnorm, med relation till Bönnernvikens del av totala delavrinningsområdet. Data visas i Tabell 18.

Tabell 18. Visar på beräknad föroreningstransport från Bönnernviken till Bönnern, via grundvatten. Föroreningstransporten har jämförts med den teoretiska halt förorening som sjön Bönnern kan ta emot, och jämförts med Bönnernvikens storlek, i relation till delavrinningsområdets storlek.

Ämne	Föroreningsspridning via transport i grundvattnet (kg)	Andel föroreningar Bönnern kan ta emot för god status (kg)	Andel föroreningstransport från Bönnernviken till Bönnern, jämfört med acceptabel halt (%)
Koppar	0,03	2,3	1,3
Nickel	0,10	18,5	0,5
Zink	0,06	25,4	0,2

Det kan sägas att Bönnernviken belastar Bönnern med 1,3 % av dess acceptabla mängd koppar, vilket är en större andel än Bönnernvikens del av avrinningsområdet som är på 0,2 %. För nickel är belastningen 0,5 % vilket också är något högre än areans andel medan zink är i nivå med areans område.

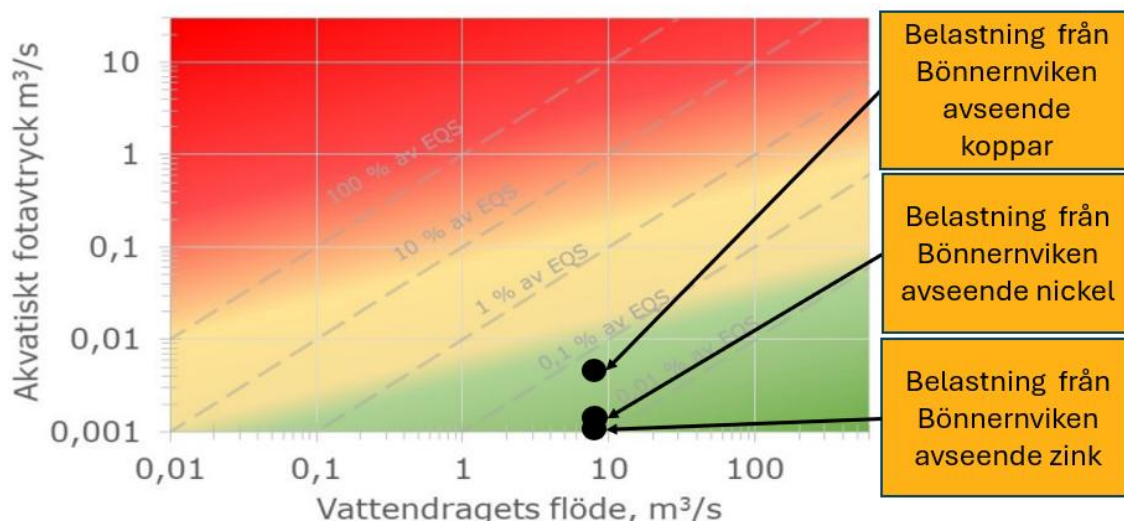
Vidare kan även jämförelser göras genom att jämföra om den mängd förorening som årligen transporteras till Bönnern, har ett betydande eller ett mindre betydande akvatiskt fotavtryck. Att beräkna det akvatiska fotavtrycket kan ses som ett verktyg för att illustrera hur mycket vatten som förorenas av den tillförda mängden från aktuellt område (Bönnernviken). Det är ytterligare ett sätt att avgöra om belastningen är stor eller liten. Det akvatiska fotavtrycket kan användas för samtliga föroreningar (Fröberg, 2021).

För beräkningen måste det definieras vid vilken koncentration som vattnet ska anses vara förorenat. För Bönneren har miljökvalitetsnormen använts. Miljökvalitetsnormen för ämnena koppar, nickel och zink ses i Tabell 19.

Tabell 19. Visar Bönnernvikens akvatiska fotavtryck på sjön Bönneren, utifrån beräknad halt förorening från Bönnernviken per år.

Ämne	Parameter	Värde	Enhet	Kommentar
Koppar	$M_{\text{förorening}}$	0,029	kg/år	Årlig belastning av föroreningen som sprids från grundvatten till Bönneren, från Bönnernviken
	C_{norm}	0,5	µg/l	Miljökvalitetsnorm för ytvatten
	Akvatiskt fotavtryck	0,0019	m ³ /s	Akvatiskt fotavtryck = $(0,32 * M_{\text{förorening}}) / C_{\text{norm}}$
Nickel	$M_{\text{förorening}}$	0,095	kg/år	Årlig belastning av föroreningen som sprids från grundvatten till Bönneren, från Bönnernviken
	C_{norm}	4	µg/l	Miljökvalitetsnorm för ytvatten
	Akvatiskt fotavtryck	0,0008	m ³ /s	Akvatiskt fotavtryck = $(0,32 * M_{\text{förorening}}) / C_{\text{norm}}$
Zink	$M_{\text{förorening}}$	0,062	kg/år	Årlig belastning av föroreningen som sprids från grundvatten till Bönneren, från Bönnernviken
	C_{norm}	5,5	µg/l	Miljökvalitetsnorm för ytvatten
	Akvatiskt fotavtryck	0,0004	m ³ /s	Akvatiskt fotavtryck = $(0,32 * M_{\text{förorening}}) / C_{\text{norm}}$

Det akvatiska fotavtrycket från Bönnernviken har sedan beräknats avseende det beräknade akvatiska fotavtrycket. Detta värde har jämförts mot en tabell för att vika värdet mot det flöde som finns i ytvattenrecipienten, se Figur 10. Belastningen avseende samtliga aktuella parametrar från Bönnernviken hamnar inom grön markering, vilket tyder på låg belastning från Bönnernviken på Bönneren.



Figur 10. Visar aktuell förorenings akvatiska fotavtryck, av den uppskattade mängd från Bönnernviken som når Bönner.

8.5.3. Analyser avseende lakning

För de provgropar där högst föroreningshalt påträffades, genomfördes två analyser avseende lakning. Notera att lakteten inte genomförts på uttaget prov i nivåindelning med högt halt utan från ett samlingsprov för en provtagningsprovpunkt med hög halt. Hela profilen har således analyserats, för att bedöma hur Bönnernviken generellt lakar och således påverkar Bönner idag.

Analysrapporternas resultat visar att lakning inte sker i stor utsträckning från proverna. Minst lakning skedde från slaggprodukter men mycket låg lakning skedde även från jordprover. Föroreningarna är således bundna till jordpartiklar. Detta indikerar att även om vattenflöde från Bönnernviken till Bönner finns, är det inte säkert att vattnet kan ha en hög föroreningstransport.

8.6. Känslighetsanalys

Riskbedömningen är genomförd på data från undersökning genomförd av Structor 2024–2025, genom provgropsgrävning samt skruvboor, samt tidigare data från Ramboll 2022, även den med skruvboor och provgropsgrävning. Då provtagningen är genomförd vid olika tillfällen, med olika fältpersonal har mycket tillförlit lagts på fältprotokoll. Då fältprotokoll från en av de två undersökningarna genomförda av Ramboll saknas, kan ha föranlett att viss förståelse för en del punkter saknas.

Dataunderlaget antas vara stort, både för hela området och för framtagna egenskapsområden. När däremot egenskapsområden har avgränsats i mindre delområden eller djupled, har dataunderlaget på vissa delområden varit lägre, vilket också kan påverka bedömningen.

Vad avser spridning av föroreningar via grundvatten ska det noteras att resultatet är bedömt föroreningstransport är beräknade på analysresultat på filtrerade

grundvattenprover samtidigt som de jämförs med riktvärden för miljökvalitetsnormer, vilka är antagna avseende biotillgänglig halt av föroreningen. Detta medför att beräknad föroreningstransport som är biotillgänglig troligtvis är något lägre än uträknad halt förorening som transporteras via grundvatten.

Det ska även begrundas att beräknad halt föroreningstransport via grundvatten kan ha överskattats utifrån att det är räknat på att hela området har grundvattenhalter likt påträffade analysresultat. Faktum är att stora delar av området inte har något grundvatten.

Inför denna riskbedömning har ingen naturvärdesinventering genomförts. Egenskapsområdena har delvis stora träd inom området och utgör sannolikt viktiga naturvärden. Inför genomförande av åtgärd kan avvägningar där naturvärden viktas ha slutlig påverkan på faktisk åtgärd som bör genomföras.

8.7. Sammanfattande riskbedömning

Sammanfattningsvis bedöms det att det finns åtgärdsbehov inom det område som detaljplanen ska antas för. Framför allt finns risker för långtidsvistelse på området avseende kadmium, kvicksilver och bly. Det har även påträffats risker där markmiljön kan påverkas negativt av påträffade föroreningshalter, så avseende koppar och zink.

Vissa delområden anses kunna friklassas från risk efter genomförd riskbedömning. En del delområden inom vissa egenskapsområden skulle kunna friklassas efter förtätad provtagning och ett egenskapsområde och två delområden har faktiska förslag på åtgärd för att nå acceptabel risk för planerad markanvändning. En sammanfattning av föreslagna åtgärder finns beskrivet i Tabell 20 och i bilaga 18.

Tabell 20. Sammanfattar resultatet från genomförd riskbedömning och förslag för åtgärder för respektive egenskapsområde.

Egenskapsområde	Finns åtgärdsbehov	Vad för risk med planerad markanvändning	Kommentar
Strandkant	Ja, för jorddjup 0–0,5 meter under markytan	Långtidseffekter på hälsa	Egenskapsområdet behöver åtgärdas för översta halvmetern. Massor är troligtvis förorenade i samband med ditförande. Det rekommenderas att en massklassning genomförs i samband med exploatering, för att enbart sanera jord med behov att saneras för översta halvmetern. Det rekommenderas i samband med genomförandet även specificera om området kommer vara parkmark – ska det fortsatt vara enbart parkmark utan bebyggelser kan platsspecifika riktvärden tas fram för området för att minimera schaktbehovet ytterligare.
Deponislänt	Ja, för slänt	Långtidseffekter på hälsa samt skydd av markmiljö	Området behöver åtgärdas ned till 1,5 metret under markytan vid deponislänten. Avgränsningar ut mot parkering kan göras vid schaktningen genom en miljökontroll. Inför antagande av detaljplan behövs kompletterande undersökningar inom parkeringsytan.
Baksida lasarett	Stora delar kan lämnas utan åtgärd, ett delområde behöver förtätad provtagning.	Långtidseffekter på hälsa	Egenskapsområdet behöver en utökad provtagning kring område för punkt 22R07. Åtgärd behövs av och i anslutning till punkt 22R07. Övriga delar av området kan därefter användas till tänkt markanvändning
Östra framsida	Ja, för jorddjup 0–0,5 meter under markytan	Långtidseffekter på hälsa samt markmiljö	Egenskapsområdet behöver åtgärdas för översta halvmetern, vilket avser grönyta, medan för djupare delar av området finns inte något åtgärdsbehov av åtgärd för framtida markanvändning.
Framsida lasarett	Nej	Ingen	Området har ingen identifierad risk för planerad markanvändning
Västra framsida	Ja, för ett delområde finns åtgärdsbehov och för det andra delområdet behöver utredning angående avgränsning av förorenings spridning	Långtidseffekter på hälsa samt markmiljö	Om området delas in i två delområden finns ett tydligt utpekat delområde med åtgärdsbehov ned till ett djup på 2 meter under markytan. Det andra delområdet skulle kunna avgränsas mer tydligt och således minska ytan för behov av åtgärd.

Avseende grundvattnet visar resultat på att en spridning av förorening från området inte kan uteslutas, då beräknad halt av spridning utgör ett större avtryck på Bönneren än vad Bönnernviken borde påverka Bönneren, utifrån förhållanden till arean på områdena. Däremot visar det akvatiska fotavtrycket att en spridning i denna storlek till ett vatten med så pass högt flöde trots allt inte påverkar Bönneren nämnvärt. Lakningsförsök visar även på att spridning inte sker i så stor omfattning då föroreningarna verkar hårt bundet till jord. Men viss spridning sker.

Spridningen kommer dock att hanteras, om föreslagna åtgärder ovan beaktas, innan området bebyggs. Detta då majoriteten av föroreningarna avlägsnas från området. Detta minimerar risken för planerad markanvändning och även möjligheterna för fortsatt spridning av föroreningarna till Bönneren.

9. Sammanfattningsvis

Structor Miljö Öst har genomfört en förtätande provtagning inom området Bönnernviken samt gjort en resultatsammanställning. Vidare har analysresultatet jämförts med tidigare provtagningar som genomförs för Bönnernviken och en riskbedömning från samtliga jord- och grundvattenprovtagningarna har genomförts.

Riskbedömningen har fokuserat på metaller, då det antagits varit styrande och mest påverkande för området. Det kan konstateras att det finns egenskapsområden på området som behöver åtgärdas, innan en detaljplan för boende kan antas kunna genomföras, för att området ska ha acceptabel risk för människors hälsa.

Detaljplanen kan genomföras, om föreslagna åtgärder vidtas. Åtgärderna innebär avlägsnande av förorenade massor vilket reducerar aktuella risker för att genomföra detaljplanen.

Egenskapsområden där detaljplan kan genomföras utan åtgärd:

- Framsida lasarett
- Stor del av baksida lasarett

Egenskapsområden där detaljplan kräver viss åtgärd alternativt förtätad provtagning är:

- Östra framsida – där översta halvmeteren inom grönytan behöver avlägsnas
- Strandkant – där översta halvmeteren behöver avlägsnas, men en klassning innan genomförande föreslås, för att minimera masstransporter
- Del av västra framsida – för delområde grönyta, föreslås att förtätad provtagning sker, för att avgränsa föroreningens utbredning i plan och djupled.
- Del av baksida lasarett (vid punkt 22R07) där bristande kunskap finns om delområdet

Egenskapsområdet där åtgärd behövs för att detaljplan ska kunna antas:

- Deponislänt – där området behöver avlägsnas från föroreningsinnehåll och miljökontroll föreslås genomföras i samband med utgrävning för att avgränsa området söderut mot parkeringsytan.
- Del av västra framsida – söder om flerbostadshus, där schaktning föreslås ned till 2,0 meter under markytan, alternativt till berg, som avgränsar föroreningen.
- Inom strandkant behöver en hotspot avlägsnas genom schaktning, med avgränsande miljökontroll.

10. Referenser

- AFRY. (2021). *Historisk inventering av gamla lasarettområdet*,. Norrköping.
- Fröberg, M. W.-S. (2021). *Bedömning av belastning från förorenade områden*. Linköping: Statens Geotekniska Institut, SGI.
- Lanmäteriet. (den 08 10 2024). *Mina Kartor*. Hämtat från Mina Kartor: <https://minkarta.lantmateriet.se/>
- Länsstyrelsen. (den 08 10 2024). *EBH-kartan*. Hämtat från EVH-kartan: <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=ed0d3fde3cc9479f9688c2b2969fd38c>
- Naturvårdsverket. (2006). *Metallers mobilitet i mark. rapportnr 5536*.
- Naturvårdsverket. (den 26 09 2024). *Skyddad natur*. Hämtat från <https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/>
- Ramboll. (2022). *Rapport kompletterande miljöundersökning Lasarettet 1 och Bönnern, Finspångs kommun*. Linköping.
- Ramboll. (2022). *Resultatrapport Markundersökning Lasarettet 1, Finspångs kommun*. Linköping.
- Riksantikvarieämbetet. (den 26 09 2024). *Fornsök*. Hämtat från <https://app.raa.se/open/fornsok/>
- SGU. (2024). *Bedömningsgrunder för grundvatten*.
- SGU. (den 26 09 2024). *SGU Kartvisare*. Hämtat från <https://apps.sgu.se/kartvisare>
- SMHI. (den 14 02 2025). *Vattenwebb*. Hämtat från <https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>
- VISS. (den 08 10 2024). *Vatteninformationssystem Sverige*. Hämtat från <https://viss.lansstyrelsen.se/SearchResults.aspx?ViewType=0&q=SE649647-152222&s=S%C3%B6k>