



Svenljunga kommun Detaljplan Lockryd, Åsalund

PM Geoteknik, bergteknik och hydrogeologi

PM Geoteknik, bergteknik och hydrogeologi

Uppdragsledare
Jakob Dinger
Telefon
+46 10 505 80 46
Mobiltelefon
+46 10 505 80 46
E-mail
jakob.dinger@afry.com

Datum
2025-05-20
G.nr
G22080

Uppdragsnummer
D0071030
Beställare
Svenljunga kommun

Detaljplan Lockryd, Åsalund

Upprättad av:

Granskad av:

Axel Persson, Kim Plath

Fredrik Ekmark, Axel Josefsson

Sammanfattning

På uppdrag av Svenljunga kommun har AFRY utfört geotekniska, bergtekniska och hydrogeologiska undersökningar inom fastigheterna; Gälared 6:2, Handbynäs 1:2, Hillared 1:2, Hillared 1:4, Lockryd 1:33, Lockryd 2:6, Laggared 3:3 och Laggared 7:24 i Svenljunga kommun inför en storskalig industrietablering. Vid etablering av området planeras en omfattande uppfyllnad av området.

Marken utgörs av isälvsmaterial (sand eller grusig sand), morän eller ytnära berg med goda egenskaper för ytlig grundläggning. Inom en relativt stor del av planområdet täcks dock dessa jordar av torv och andra organiska jordar. De organiska jordmäktigheterna är som störst inom de nordvästra och sydöstra delarna av planområdet, där de överstiger 9 m.

Stabilitetsförhållanden bedöms vara tillfredsställande vid befintliga förhållanden samt under planerade förhållande under vissa förutsättningar, då stora uppfyllnader planeras inom områden med organiska jordar. De åtgärder som krävs är dels att organisk jord grundförstärks ned till fast botten inom områden som planeras att bebyggas, dels att lutningen begränsas på planerade fyllningsslänter. Planbestämmelser som säkerställer dessa förutsättningar och ska föras in i plankartan framgår av avsnitt 8.6.

Grundförstärkning rekommenderas i första hand att utföras genom utskiftning och ersättning med friktionsmaterial. Vid större mäktigheter av organisk jord kan masstabilisering, nedpressning eller pålning bli aktuellt i stället för utskiftning. Stora mäktigheter av organisk jord innebär generellt svåra grundläggningsförhållanden. Stora deformationer kan förväntas i områden där fullständig förstärkning inte åstadkoms och de varierande grundläggningsförutsättningarna innebär en risk för differenssättningar.

Den bergtekniska utredningen visar på god bergkvalité och de befintliga bergtekniska förhållandena medför inga restriktioner för byggnation. Områden med risk för blockutfall ska rensas innan markarbeten utförs. Föreslagen exploatering kommer innebära intrång i befintligt berg och slutliga slänter skall vara yt- och storstabila. Selektiv förstärkning av framtida slänter kan behövas. Framtida bergschakt bedöms kunna underhållas med skyddsskrotning.

Den hydrogeologiska utredningen har identifierat flera grundvattenberoende riskobjekt inom och i närområdet till undersökningsområdet. Vid exploatering av en yta på minst 80 ha kommer grundvattensänkning och avvattning bli en nödvändighet vilket även kan komma att påverka omgivningens vattenbalans. Schaktarbeten, förändrade förhållanden avseende grundvattenbildning eller grundvattenbortledning som medför en grundvattensänkning inom eller utanför detaljplaneområdet innebär att verksamhetsutövaren behöver ansöka om tillstånd för vattenverksamhet.

Utförda mätningar med gammaspektrometer på blottad håll är inom intervallet för lågrisk. Marken inom det undersökta området bedöms som lågriskområde med avseende på radon.

Vid sprängning, schaktnings- och packningsarbeten uppstår markrörelser som kan orsaka skador i närliggande byggnadsverk eller installationer. Markrörelser i form av vibrationer kan även medföra störningar av känsliga utrustningar och verksamheter i närområdet. En riskanalys med tillhörande föreskrifter avseende tillåtna markrörelser i samband med planerade entreprenadarbeten ska tas fram i den fortsatta projekteringen.

Innehållsförteckning

1	Objekt	5
2	Syfte	6
3	Styrande dokument	6
4	Underlag för projektering.....	7
4.1	Planerad exploatering.....	7
4.2	Utförda undersökningar	8
4.2.1	Geotekniska undersökningar	8
4.2.2	Bergtekniska undersökningar	8
4.2.3	Hydrogeologiska undersökningar.....	9
4.2.4	Markgasundersökning i berg.....	9
5	Befintliga förutsättningar	9
5.1	Grundvattenberoende objekt.....	9
5.1.1	Allmänna intressen	9
5.1.2	Enskilda intressen.....	11
6	Befintliga förhållanden.....	12
6.1	Befintliga byggnader och konstruktioner	12
6.2	Topografiska förhållanden och ytbeskaffenhet.....	12
6.3	Geotekniska förhållanden.....	13
6.3.1	Jorddjup och jordlagerföljd.....	13
6.3.2	Jordegenskaper	16
6.3.3	Sättningsförhållanden	17
6.3.4	Stabilitetsförhållanden	17
6.4	Bergtekniska förhållanden.....	17
6.5	Hydrogeologiska förhållanden.....	18
6.5.1	Hydrauliska egenskaper.....	19
6.5.2	Grundvattnets strömningsriktning	20
6.6	Markgasförhållanden	21
6.6.1	Radonriskområde eller radonmarkklassning	21
7	Detaljerad stabilitetsutredning.....	22
7.1	Allmänt	22
7.2	Geometri.....	23
7.3	Materialegenskaper.....	24
7.4	Vattenstånd och porttryck.....	26
7.5	Säkerhetsklass och säkerhetsfaktor.....	26
7.6	Laster	26
7.7	Resultat	26
8	Slutsats och rekommendation	28

8.1	Geoteknik.....	28
8.1.1	Stabilitet	28
8.1.2	Grundläggning	28
8.2	Bergteknik.....	29
8.3	Hydrogeologi	29
8.3.1	Vattenverksamhet	30
8.4	Markgasförhållanden	30
8.5	Omgivningspåverkan.....	31
8.6	Planbestämmelser	31

Bilagor

Bilaga 1 Plan med uppskattade ungefärliga torvdjup

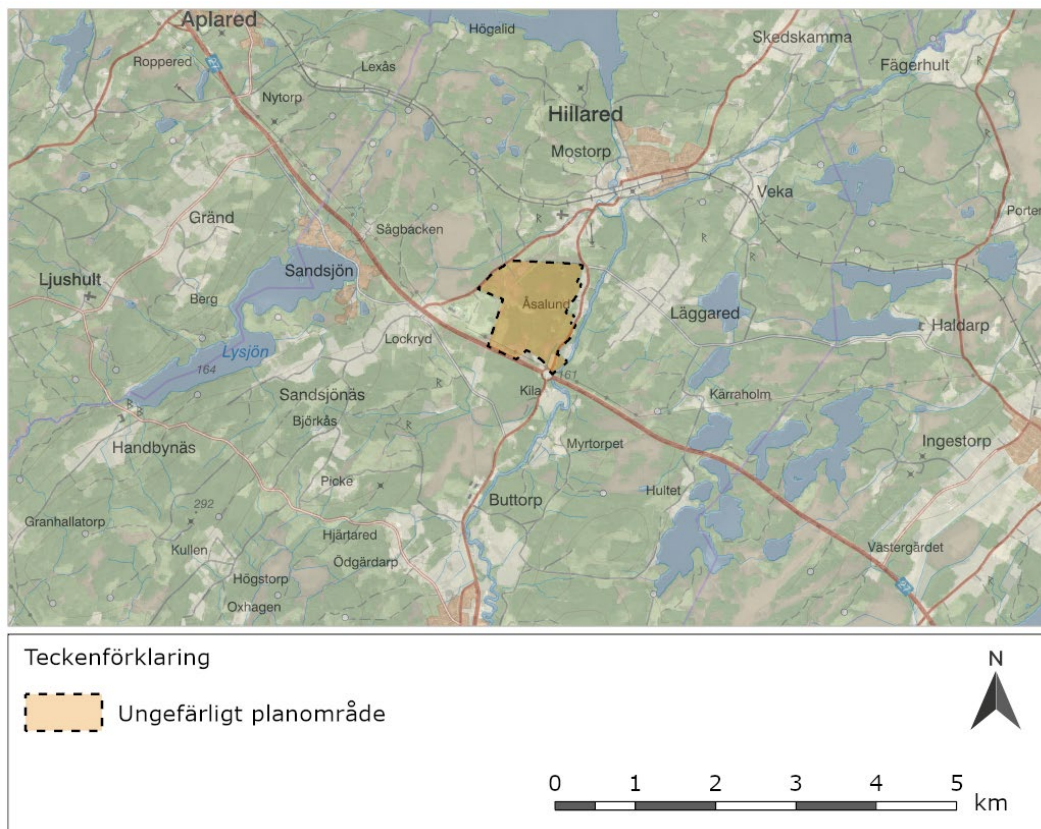
Bilaga 2 Stabilitetsberäkning

Rapporthistorik

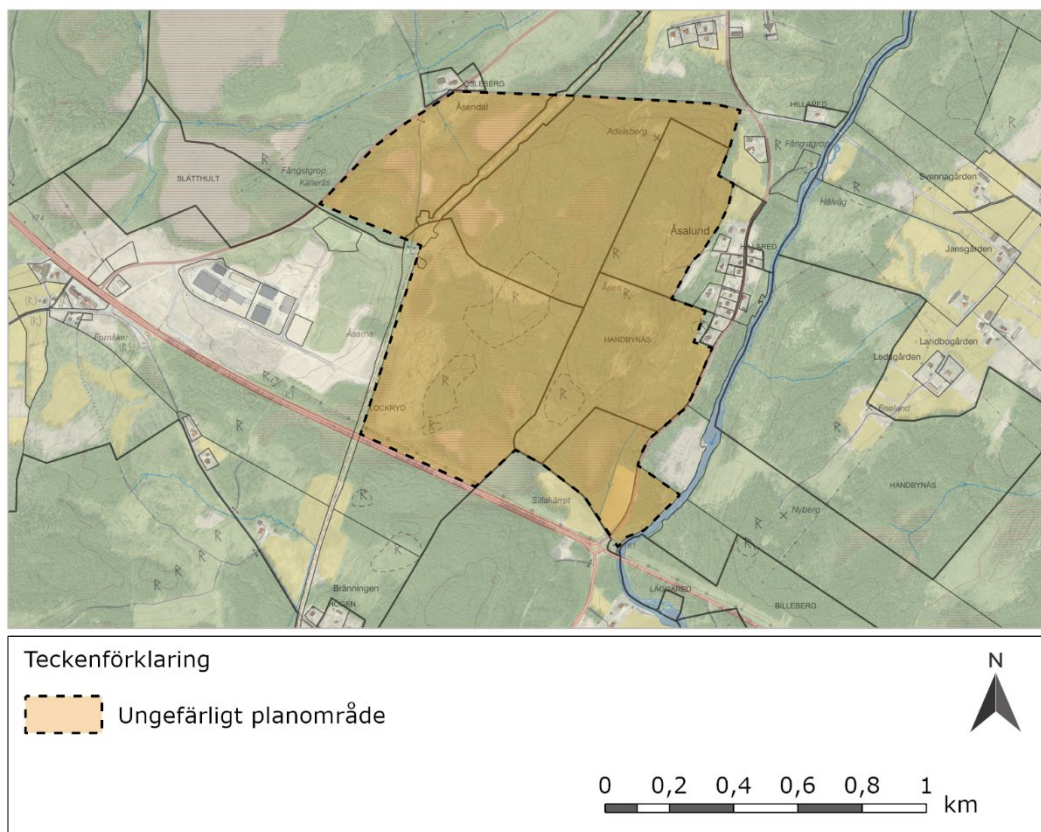
Ver.	Justering/kommentar	Datum	Sign
-	Original PM och MUR	2022-12-02	JD
A	Uppdatering av PM och MUR med tillkommande sticksonderingar	2023-01-30	JD
B	Uppdatering av PM efter intern samgranskning och synpunkter från Svenljunga kommun	2023-03-10	JD
C	Efter planerade nivåer för byggnation närmare bestämts har kompletterande geotekniska undersökningar och stabilitetsberäkningar för den planerade nivån utförts.	2023-08-18	JD
D	Uppdatering av MUR och PM efter kompletterande geoteknisk undersökning och stabilitetsutredning samt bergteknisk utredning avseende rasrisk. Hantering av synpunkter från SGI 2024-02-17.	2024-08-30	KP
E	Komplettering text Bergteknik. Hantering av synpunkter från SGI 2024-12-12.	2025-05-20	LdM

1 Objekt

På uppdrag av Svenljunga kommun har AFRY utfört geotekniska, bergtekniska och hydrogeologiska undersökningar inom fastigheterna; Gälared 6:2, Handbynäs 1:2, Hillared 1:2, Hillared 1:4, Lockryd 1:33, Lockryd 2:6, Laggared 3:3 och Laggared 7:24 i Svenljunga kommun (se Figur 1.1 och Figur 1.2) inför etablering av batterifabrik.



Figur 1.1. Översiktskarta visande ungefärligt planområde med omgivning.



Figur 1.2. Översiktskarta visande ungefärligt planområde samt fastighetsindelning.

2 Syfte

Utredningen har för avsikt att redovisa områdets förhållanden avseende jord, berg och grundvatten samt förutsättningar och eventuella åtgärder som kan komma att behöva vidtas i samband med planerad exploatering. Utredningen omfattar geoteknik, bergteknik samt hydrogeologi för detaljplan och nivån motsvarar en detaljerad utredning.

Följande PM är en beställarhandling och utnyttjas som underlag för fortsatt projektering. Vid upprättande av bygghandlingar inarbetas de geotekniska uppgifter och rekommendationer som överensstämmer med planerat grundläggningsarbete.

3 Styrande dokument

Denna rapport ansluter till SS-EN 1997-1 med tillhörande nationell bilaga.

Styrande dokument är:

SS-EN 1997-1:2005 Eurokod 7 - Dimensionering av geokonstruktioner –
Del 1: Allmänna regler

För nationella val till Eurokod gäller följande dokument:

BFS 2022:4, EKS 12 Boverkets föreskrifter om ändring i verkets föreskrifter och
allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska
konstruktionsstandarder (eurokoder).

Följande dokument är rådgivande för objektet:

IEG Rapport 2:2008, Rev. 2	Tillämpningsdokument Grunder, SGF
IEG Rapport 6:2008, Rev. 1	Tillämpningsdokument Slänter och bankar, SGF
IEG Rapport 7:2008	Tillämpningsdokument Plattgrundläggning, SGF
IEG Rapport 8:2008	Tillämpningsdokument Pågrundläggning, SGF
IEG Rapport 4:2010	Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar, SGF

4 Underlag för projektering

Som underlag för upprättande av PM har följande använts:

- Information om uppdraget som har erhållits från beställaren
- Jordarts-, berggrunds- och jorrdjupskartor har inhämtats från Sveriges geologiska undersöknings (SGU) tjänst Kartgeneratoren (<https://www.sgu.se/>)
- Ledningsunderlag har inhämtats från Post- och telestyrelsens (PTS) tjänst Ledningskollen (www.ledningskollen.se)
- Brunnsarkivet, information om grundvattenmagasin och karta över grundvattnet i Västra Götalands län (västra delen, f.d. Göteborg och Bohus län) har inhämtats ifrån Sveriges geologiska undersöknings (SGU) tjänst Kartgeneratoren och geolagret (<https://www.sgu.se/>)
- Naturvårdsverket (<https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/>)
- Vatteninformationssystem i Sverige, VISS (<https://viss.lansstyrelsen.se/>)
- Resultat från naturvärdesinventering utförd av WSP under 2022 har erhållits i digitalt format.

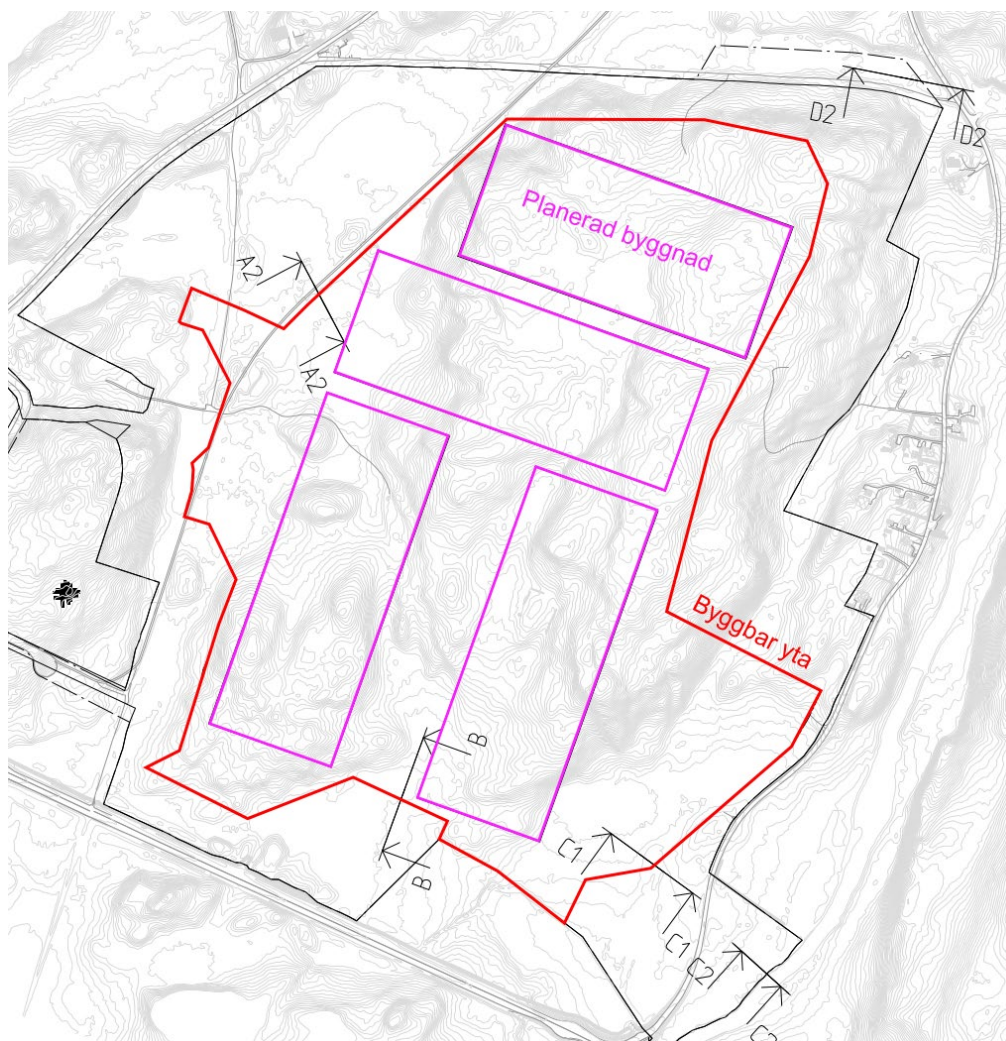
4.1 Planerad exploatering

Svenljunga kommun planerar för en storskalig industrietablering i Lockryd. Planerad exploatering omfattar ca 80 ha industrimark. Trafikanslutning planeras via befintlig infart norr om riksväg 27 i planområdets västra del. I den norra delen av planområdet planeras en vall att anläggas genom utfyllnad av friktionsjord i en svacka med torv mellan två fastmarkspartier.

Den planerade exploateringsgraden uppgår till ca 55 %. Vid anläggning av den byggbara ytan i samma nivå behöver nivån vara ca +173 för att upprätthålla massbalans mellan schakt och fyllning. Generellt skulle det innebära att jord- och bergmassor flyttas från höjdområdet i nordost till områdets västra och södra delar. Detaljplanen tillåter även exploatering i olika nivåer.

Detaljerade uppgifter kring planerade byggnaders tyngd och placering finns inte framtaget i detta skede. Byggnader antas uppföras utan källarplan.

I Figur 4.1 framgår ett förslag på en byggbar yta som tagits fram där marknivån utjämnas till nivå +173 samt ungefärliga byggnadsplaceringar.



Figur 4.1. Planerad byggbar yta vid utjämning av marknivån till +173. Svart linje = detaljplanegräns.

4.2 Utförda undersökningar

Resultat av utförda undersökningar redovisas i separat handling "Markteknisk undersökningsrapport, Geoteknik, bergteknik och hydrogeologi (MUR/Geo/berg/hydro)", daterad 2024-08-30.

4.2.1 Geotekniska undersökningar

AFRY har utfört geotekniska undersökningar under oktober 2022, april-maj 2023 och maj 2024.

4.2.2 Bergtekniska undersökningar

AFRY har utfört bergtekniska undersökningar under september 2022. Undersökningarna omfattar kartering av blottat berg, inspektion av befintliga slänter, sprickkartering och bergprovtagning. Utöver detta har även en riskbedömning avseende block- och bergstabilitet inom och i nära anslutning till detaljplanområdet utförts under augusti 2024.

Bergprovtagningen har analyserats på ackrediterat laboratorium i Kungälv (Svevia) med avseende på Micro-Deval (MD), Los-Angeles (LA), Kulkvarn samt svavel- och glimmerhalt.

4.2.3 Hydrogeologiska undersökningar

I samband med den geotekniska undersökningen har grundvattenrör installerats i torv och friktionsjord (morän). Manuella nivåmätningar har utförts under perioden oktober 2022 till januari 2023, samt under maj-juni 2024.

Slugttester har utförts i utvalda grundvattenrör för att utvärdera jordens hydrauliska konduktivitet.

4.2.4 Markgasundersökning i berg

Den lokala berggrunden har undersökts av AFRY den 5 september 2022 med en gammalspektrometer av typ Surveyor VB6 i 9 punkter.

5 Befintliga förutsättningar

Undersökningsområdet ligger norr om riksväg 27 ca 20 km sydöst om Borås i närheten av Lockryd, Hillared och Laggared.

Undersökningspunkterna är utsatta med GPS. Inmätning har skett i enlighet med geoteknisk mätningssklass B.

Koordinatsystem: SWEREF 99 13 30

Höjdsystem: RH2000

5.1 Grundvattenberoende objekt

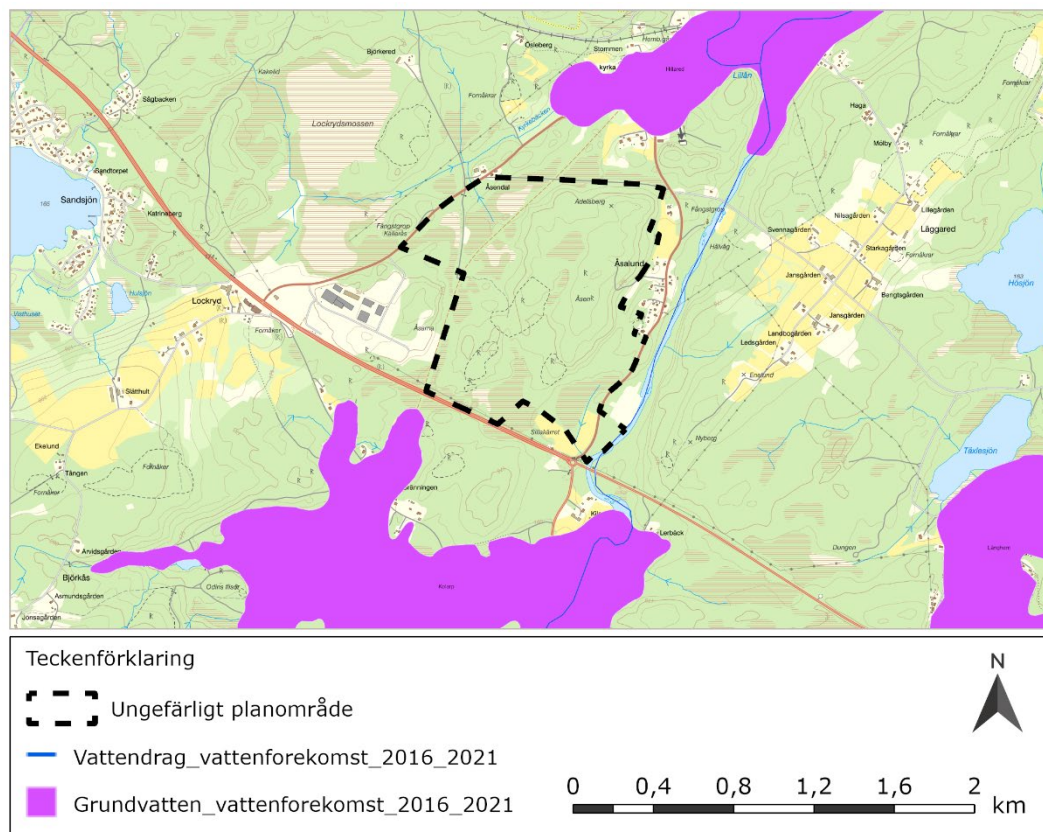
Objekt som riskerar att skadas till följd av vattenverksamhet omfattar huvudsakligen grundvattenberoende naturvärden, yt- och grundvattenförekomster, dricksvatten- och energibrunnar samt markföroreningar.

5.1.1 Allmänna intressen

5.1.1.1 Utpekade grundvattenförekomster och grundvattenmagasin

Inom planområdets sydöstra del finns en utpekad grundvattenförekomst, sand- och grusförekomst (SE638540-133907). Avgränsningen av grundvattenförekomsten varierar men det är sannolikt att dess utbredning åt norr överensstämmer med SGU:s jordartskarta avseende utbredningen av isälvsmaterial.

Det finns mycket goda eller utmärkta uttagsmöjligheter i bästa del av grundvattenmagasinet, storleksordningen 5 – 25 l/s. Avgränsningen baserad på lokala jordarts- och/eller hydrogeologiska kartor. Enligt befintlig statusklassning (VISS) uppfyller grundvattenmagasinet god kemisk och kvantitativ status.



Figur 5.1. Utpekade vattenförekomster, yt- och grundvatten.

5.1.1.2 Vattendrag och ytvattenförekomster

Närmaste ytvattenförekomst är Ätran (WA17538765 - SE638502-133936) som rinner i sydlig riktning öster om utredningsområdet. En del av avrinningen i området sker i nord och nordväst mot Kyrkebäcken och i förlängningen Lillån (SE639277-134166). Lillån mynnar ut i Ätran ca 350 m nedströms Kyrkebäckens utlopp.

Information gällande Ätran och dess kemiska och ekologiska ytvattenstatus har inhämtats från Sveriges vatteninformationssystem (VISS). Enligt miljökvalitetsnormer för vattendrag uppfyller Ätran måttlig ekologisk status men uppvisar ej god kemisk ytvattenstatus.

Avseende påverkanskällor på den ekologiska statusen pekas huvudsakligen konnektivitet (dammar, barriärer och slussar) ut som en försämrande faktor.

Avseende påverkanskällor gällande den kemiska klassificeringen anges huvudsakligen utsläpp från förorenade områden samt atmosfärisk deposition medföra en betydande negativ påverkan. Särskilda förorenande ämnen är kvicksilver och bromerad difenyleter.

5.1.1.3 Grundvattenberoende naturvärden

Omfattar värdefulla våtmarker, träd och biotoper vilka kan skadas till följd av en grundvattenpåverkan.

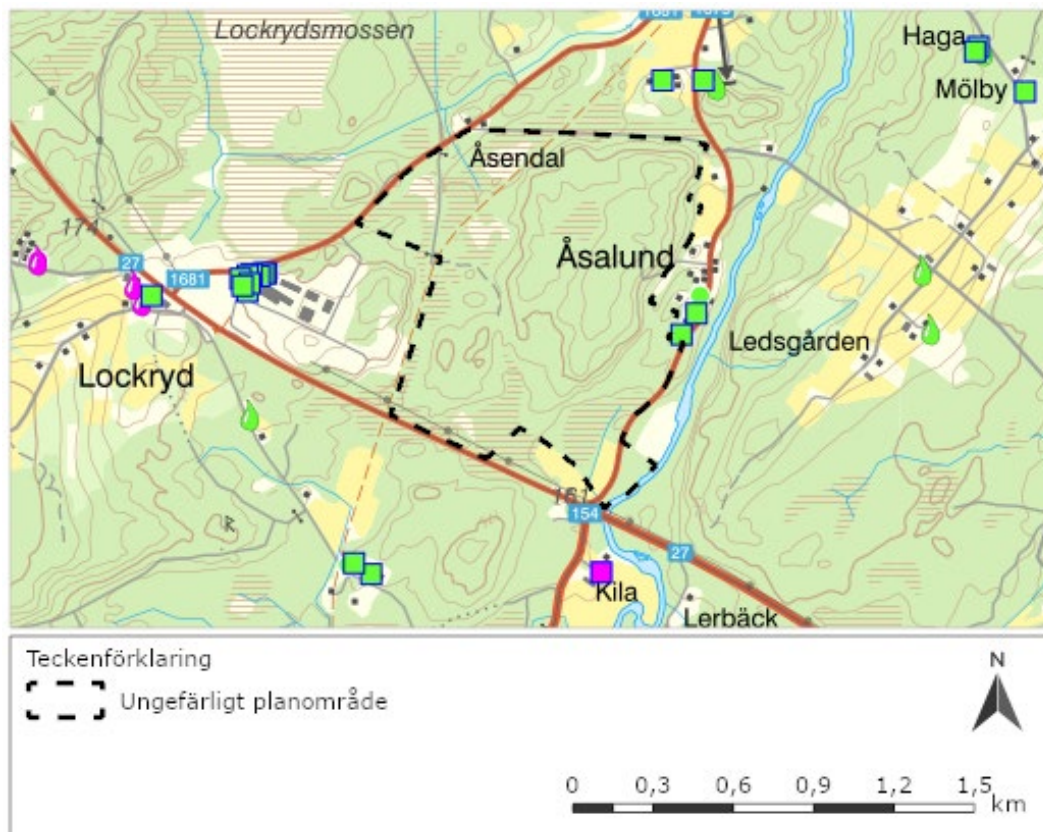
En naturvärdesinventering har utförts av WSP där flera utpekade skyddsvärda objekt har identifierats. Huvudsakligen påträffas identifierade naturvärden i närheten av torvområden i planområdets nordvästra och södra del.



5.1.2.1 Dricksvatten- och energibrunnar

Dricksvattenbrunnar i jord eller berg som kan påverkas negativt med en sämre kapacitet eller kvalitet till följd av sänkta grundvattennivåer. Energibrunnar i berg vilka kan påverkas negativt med ett sämre energiutbyte som följd av sänkta grundvattennivåer i berg.

I SGU:s brunnarkiv förekommer inga dricksvattenbrunnar i undersökningsområdets direkta närhet. Flera energibrunnar förekommer inom befintlig företagspark väster om området, samt inom den samlade bebyggelsen öster om undersökningsområdet. Bostäderna belägna runtomkring planområdet är inte anslutna till kommunalt VA, och förutsätts ha enskilda vattentäkter. Ingen brunnsinventering har utförts, så det är oklart hur många enskilda dricksvattenbrunnar det finns och om de är grävda eller bergborrade.



Figur 5.3. Utdrag ur SGU:s brunnarkiv.

6 Befintliga förhållanden

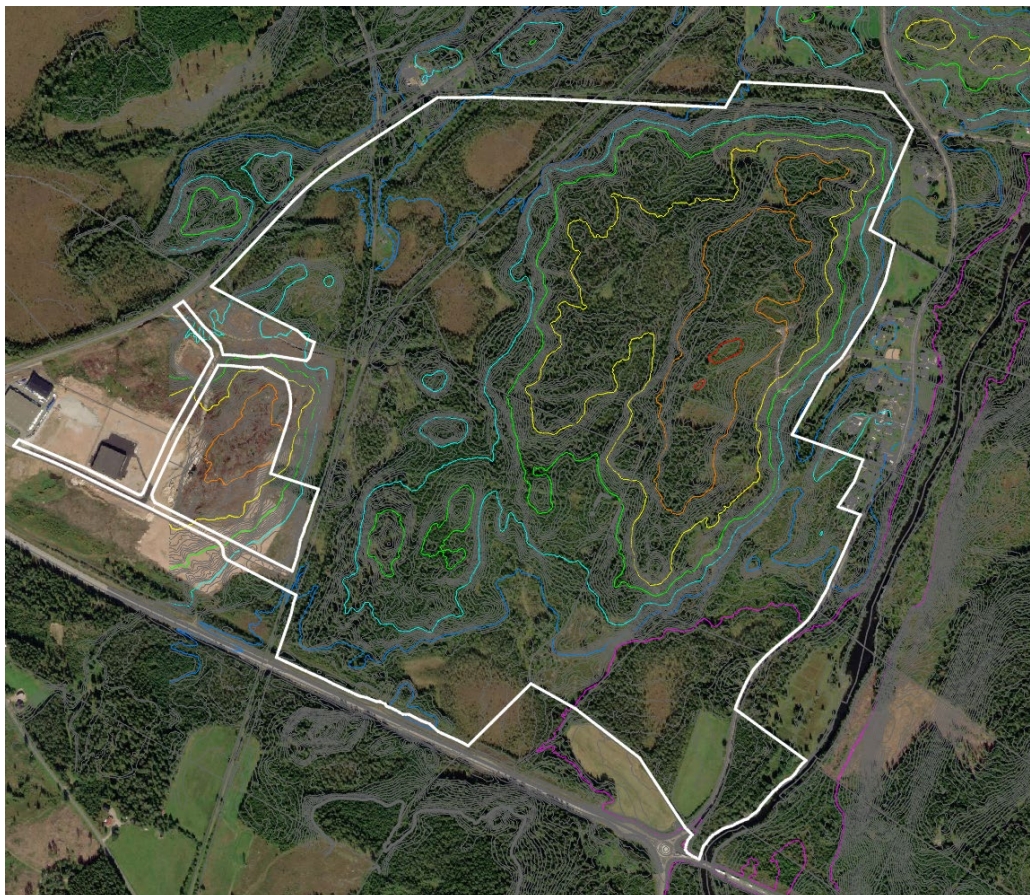
Undersökningsområdet ligger norr om riksväg 27 ca 20 km sydöst om Borås i närheten av Lockryd, Hillared och Laggared.

6.1 Befintliga byggnader och konstruktioner

Området angränsar i sydväst mot en nyetablerad företagspark, i söder mot väg 27 och en kraftledning, i sydost mot Ätran, i öster mot Centralvägen och samhället Åsalund samt i norr mot en traktorväg.

6.2 Topografiska förhållanden och ytbeskaffenhet

Området utgörs huvudsakligen av skogsmark med omväxlande torvområden och kuperade fastmarkspartier. Marknivån inom planområdet varierar mellan ca +157 och +190, se Figur 6.1. Översikt Figur 6.1. Högst nivåer återfinns i områdets nordöstra del, väster om Åsalund, medan lägst nivåer återfinns i sydost, i anslutning till väg 27 och Ätran. Områdets nordvästra del är relativt plan med nivåer mellan ca +165 och +170.



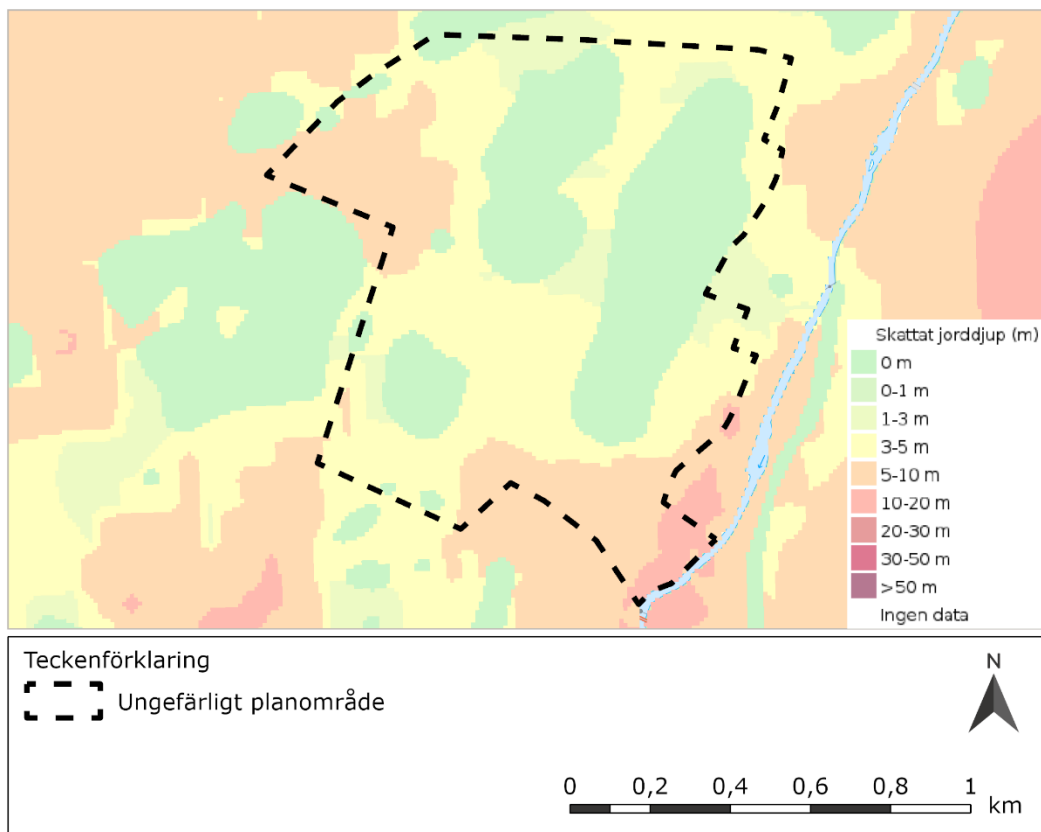
Figur 6.1. Översikt planområde och topografi. Vit linje = detaljplanegräns. Röd linje nivå +190, orange +185, gul +180, grön +175, cyan +170, blå +165 och lila +160.

6.3 Geotekniska förhållanden

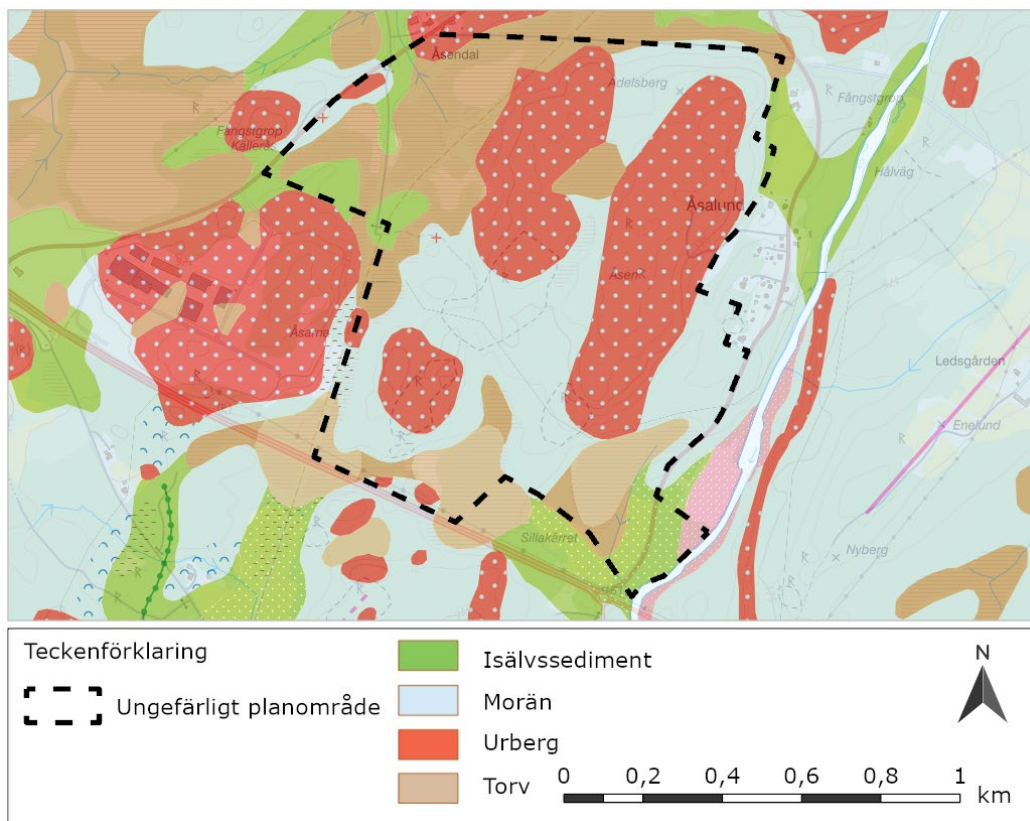
6.3.1 Jorddjup och jordlagerföljd

6.3.1.1 SGU:s kartvisare

Enligt SGU:s jordarts- och jorddjupskarta utgörs höjdpartierna inom planområdets centrala och nordöstra delar samt det angränsande industriområdet i väster av urberg och jorden emellan dessa av morän med en skattad mäktighet på ca 3,5 m, se Figur 6.2 och Figur 6.3. Våtmarksområden med torv förekommer inom låglänta ytor i planområdets norra, västra och södra utkanter samt lokalt på en plats inom höjdområdet. Torvområdena i nordväst och sydöst har ett skattat jorddjup på ca 5-10 m och övriga på ca 0-5 m. I planområdets sydöstra ände samt i anslutning till torvmarken i nordväst förekommer isälvsediment med ett skattat jorddjup på ca 5-20 m respektive 5-10 m. Närmast Ätran förekommer ytliga svämsediment.



Figur 6.2. Utdrag ur SGU:s jorddjupskarta.



Figur 6.3. Utdrag ur SGU:s jordartskarta.

6.3.1.2 Utförda undersökningar

Då höjdområdet tydligt utgörs av fastmark, ytnära berg och berg i dagen så har geotekniska fältundersökningar koncentrerats till de låglänta delarna av planområdet där torv och isälvsediment är de dominerande jordarterna. Förutom undersökning med borrhandsvagn har ett stort antal undersökningar med handburen sticksondering utförts inom torvområdena - dels för en indikation om den organiska jordens mäktighet, dels för kartering av dess utbredning (övergång till fastmark). Utförda undersökningar visar att SGU:s kartmaterial överensstämmer relativt väl med verkliga förhållanden inom planområdet.

Sydöstra änden av planområdet

Tre undersökningspunkter har utförts längs med och ca 15 m väster om Centralvägen, samt en punkt närmare Ätran i öster. Samtliga visar att jordprofilen huvudsakligen utgörs av isälvsediment (sand, grusig sand och sandig grus). Väster om Centralvägen har bergytans läge undersökts, som från norr till söder är ca 2,8 m, 7,7 m respektive 17,3 m. I den södra punkten övergår sanden i morän på ca 9,5 m djup, vilket är samma djup som tryck- och CPT-sondering stoppat på i punkten närmast Ätran, där bergytans läge inte undersökts.

Korsning befintlig industritomt, traktorväg och GC-väg i väster

Tre jord-bergsonderingar har utförts och bergytans läge har verifierats ca 15-18 m under markytan. Jorden bedöms utgöras av isälvsediment (sand) som övergår till morän på ca 9 m djup.

Torvområden

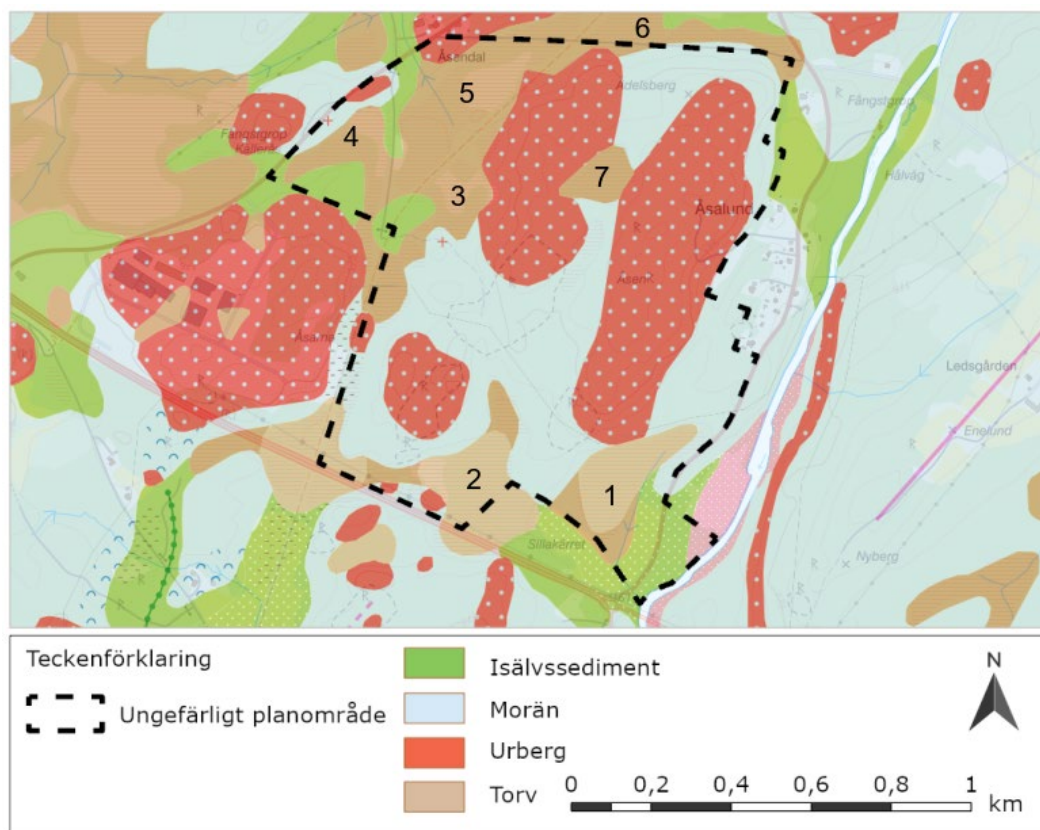
Undersökningar har utförts till stopp mot fastare jordlager eller avbrutits utan stopp då sonderingsdjupet uppgått till 9 m. De torvområden där den organiska jorden har en mäktighet överstigande 9 m är område 1, 2 och 5 i Figur 6.5. Övriga torvområden har en mer begränsad mäktighet, mellan ca 1-5 m. Det torvområde som är beläget uppe på höjdområdet har en mäktighet på ca 1-3 m och i planområdets sydvästra del understiger mäktigheten generellt 2 m. Torvområdet i den norra delen av planområdet har en mäktighet som generellt är under 2 m men som lokalt uppgår till ca 5 m; dels i den västra delen, dels i anslutning till Centralvägen i öster.

I Bilaga 1 redovisas resultat från sticksondering i form av stoppdjup och bestämd utbredning av torvområden tillsammans med uppskattade ungefärliga torvdjup samt uppskattad utbredning av torvområden enligt Skogsstyrelsens Torvkarta. i

Det är osäkert om hela den lösa jordprofilen som undersökts med sticksondering utgörs av torv, eller om torven underlagras av ytterligare lösa jordlager så som gyttja och lera. Av de två sonderingar som utförts med borrhandsvagn inom de djupare torvområdena, en i nordväst och en i sydost, visar den förstnämnda att ett relativt fastare jordlager förekommer från ca 13 m djup ner till bergytans läge på ca 20 m djup, medan den andra visar att torv förekommer ner till ca 5 m djup, följt av dyig siltig sand till 6 m och gyttja/lera till 9 m djup. I grundare torvområden, där provtagning kunnat utföras både av torven och underlagrande jordar, förekommer ett tunt lager av dyig och siltig sand mellan torven och fastare jordlager. Bedömningsvis förekommer ett liknande lager inom området som helhet, med en mäktighet som sannolikt ökar i proportion till torvmäktigheten.

De organiska jordlagren underlagras generellt av isälvsediment (sand) som vilar på morän eller direkt på berg. I grundare områden saknas isälvsedimenten.

I Figur 6.4 visas en översiktlig numrering av torvområden. I Tabell 6.1 redovisas största uppmätta mäktighet för organisk jord vid de olika torvområdena.



Figur 6.4. Utdrag ur SGU:s jordartskarta med en översiktlig numrering av torvområden.

Tabell 6.1. Uppskattad torvmäktighet baserat på sticksondering och skruvprovtagning.

Torvområde	Stopp för djupaste sticksondering
01	>9 m
02	>9 m
03	4,6 m
04	4,9 m
05	>9 m
06	4,4 m
07	2,95 m

6.3.2 Jordegenskaper

Torvens förmultningsgrad varierar mellan låg, mellan och hög. Den är generellt mörkbrun till färgen och har en uppmätt vattenkvot mellan ca 150-1350 %. Hållfastheten i torv beskrivs vanligtvis med empiriskt valda effektiva parametrar, där den effektiva kohesionen normalt är 2 kPa och den effektiva friktionsvinkeln 28 grader vid betydande normalspänning. De lösare jordlager i området som bedöms kunna utgöras av gytta eller lera har en odränerad skjuvhållfasthet som utvärderats till ca 5-10 kPa.

Sanden i området är generellt grå eller brun och innehåller i varierande grad dy, silt och grus. Den uppmätta vattenkvoten är ca 5-30 %. Jordprofilen i området innehåller delvis siltskikt vars vattenkvot efterliknar både sandens och torvens. Sandens friktionsvinkel och elasticitetsmodul har utvärderats till ca 35-38 grader respektive 5-30 MPa.

6.3.3 Sättningsförhållanden

Inom planområdet bedöms endast organiska jordar kunna uppvisa pågående sättningar. Sättningar kan uppstå till följd av belastning eller nedbrytning av organiskt material. Torven i området bedöms som mycket sättningsbenägen. Utmärkande för torv är att stora sättningar kan utbildas både momentant och över tid då permeabiliteten minskar dramatiskt vid kompression. Där jordprofilen består av friktionsjord sker en momentan deformation av jorden vid belastning, men ytterligare sättningar efter belastning under lång tid bedöms som små.

6.3.4 Stabilitetsförhållanden

Befintliga slänter bedöms vara stabila med avseende på marklutning, jordlagerföljd samt djup till fast botten. Vid betydande belastning av torvområden krävs generellt någon form av åtgärd för att stabiliteten ska förbli tillfredsställande.

En detaljerad stabilitetsutredning har utförts, dels för att utreda förhållandena i anslutning till Åtran, dels i utkanterna av den byggbara ytan vid uppfyllnad till nivå +173, se avsnitt 7.

6.4 Bergtekniska förhållanden

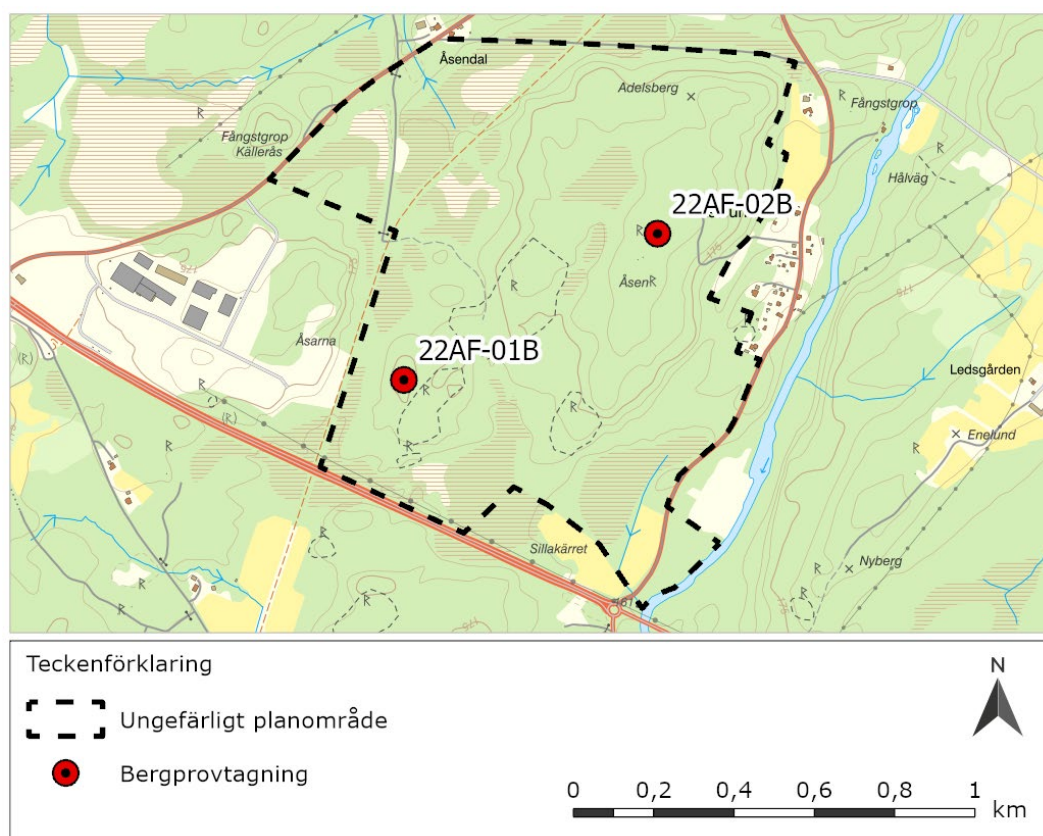
Berget inom undersökningsområdet består av en grå-röd granitisk gnejs. Det förekommer få blottade hållar inom undersökningsområdet och berget täcks även i höjdområdena av ett tunnare lager morän. Utförd bergprovtagning har undersökt berg från sprängd slänt längs banvall samt naturlig håll, se Figur 6.5.

Analys av bergmaterial visar på stor skillnad i kvalitet mellan proverna tagna vid lokal 22AF-01B relativt 22AF-02B. Bergmaterial vid lokal 22AF-01B klassificeras som Bergtyp 3 medan bergmaterial vid lokal 22AF-02B uppvisar betydligt bättre kvalitet och klassificeras som Bergtyp 1. Erhållet resultat för bergmaterial taget vid lokal 22AF-01B är inte inom normala värden för en granitisk gnejs. Det avvikande resultatet är troligen på grund av ett påskyndat vittringsförlopp till följd av sprängskador som uppstått vid tidigare schaktning i berg. Resultatet bör därför inte betraktas som representativt för berget. Utan ytterligare provtagning bedöms bergmaterial vid lokal 22AF-02B ge god indikation på vilken bergkvalité man kan förvänta sig vid loss hållning av bergmaterial inom området.

Fem områden med potentiell risk för blockutfall har identifierats inom och i nära anslutning till detaljplanområdet. En karta över dessa samt exempelfoton presenteras i Bilaga 6, MUR.

I område 1 och 2 i nordost återfinns block på släntkrön på låga slänter. Sannolikheten för ras bedöms som låg. Område 3 utgörs av ett längre släntparti i sydost med varierande lutning. Här finns rikligt med block då terrängen utgörs av blockig morän samt delvis uppspruckna bergslänter. Här bedöms sannolikheten för blockutfall till måttlig. Område 4 utgörs av en låg skärning intill cykelvägen i nordväst. Sannolikheten för blockutfall är låg vid GC-banan, dock sträcker sig bergpartiet in i skogen där det blir högre och bildar en uppsprucken slänt mot sydväst. I slänten återfinns lösa block och sannolikheten för ras bedöms här till måttlig. Område 5 ligger utanför planområdet och utgörs av en terrasserad slänt av sprängsten. Slänten bedöms i dagsläget som stabil.

Sammanfattningsvis bedöms sannolikheten för ras och blockutfall inom och i nära anslutning till planområdet generellt som låg. Dock återfinns områden där sannolikheten för ras bedöms vara måttlig. I dessa områden rekommenderas att bergrensning av lösa block utförs. Om markarbeten såsom avtäckning, schaktning och sprängning planeras i närheten av dessa områden ska lösa block som då riskerar utfall rensas ner på ett kontrollerat sätt innan arbeten påbörjas. Vid skapande av nya bergskärningar ska bergsakkunnig närvara för bedömning av eventuella förstärkningsåtgärder, exempelvis förförstärkning eller permanentförstärkning. Kvarstående slänter bedöms kunna underhållas genom bomknackning och skyddsskrotning.

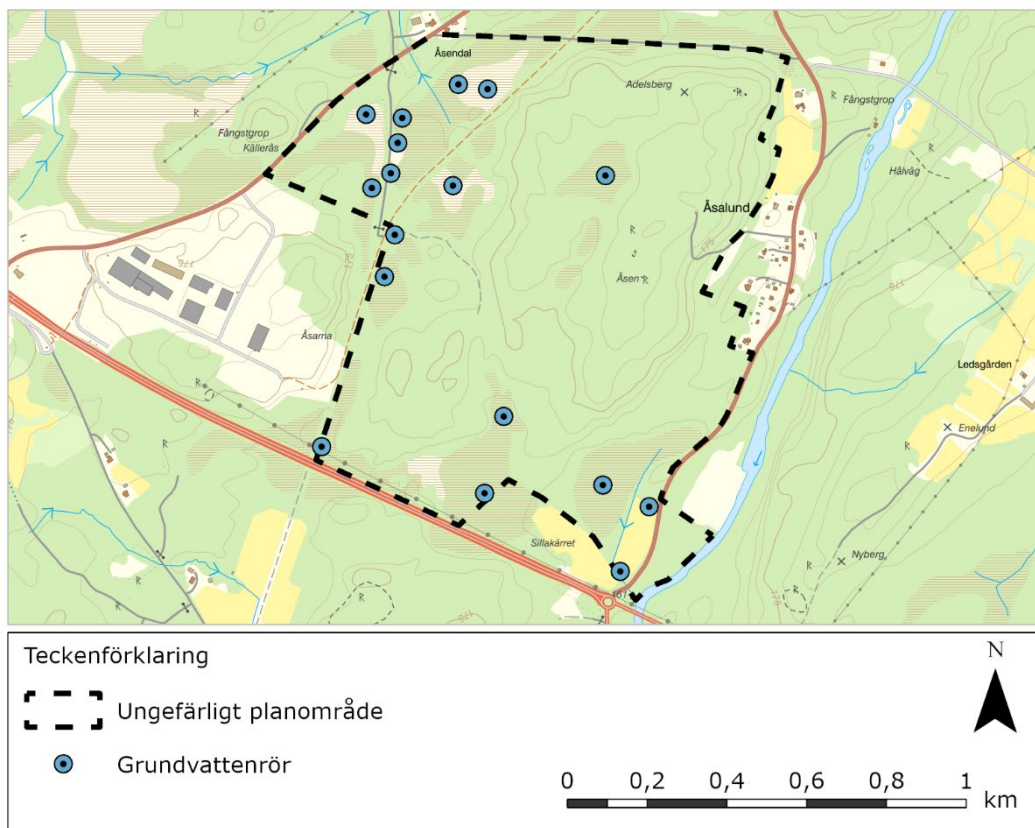


Figur 6.5. Översiktskarta visande lokal för bergprovtagning. Vid lokal 22AF-01B har prover tagits från utsprängd bergslänt och vid lokal 22AF-02B har prover tagits från naturlig håll.

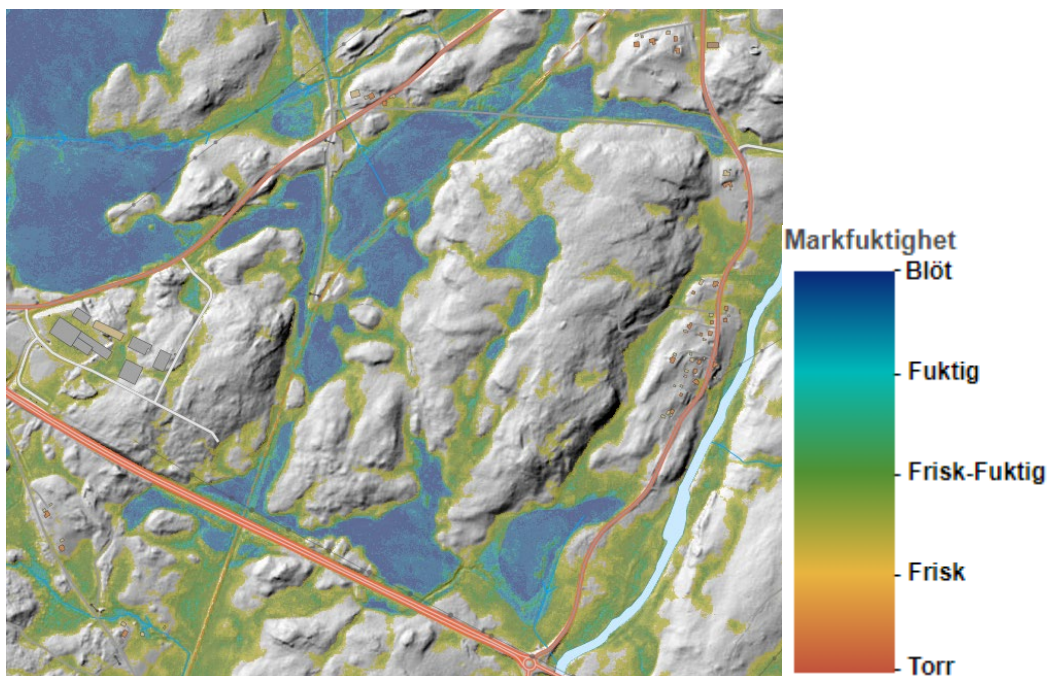
6.5 Hydrogeologiska förhållanden

Huvudsaklig grundvattenströmning sker i konduktiva jordlager, i sprickrikt ytligt berg, samt i vattenförande kross- eller sprickzoner i berggrunden. Inom aktuellt område bedöms grundvatten förekomma i ett övre grundvattenmagasin i jord och som grundvatten i berg. Grundvattennivån varierar beroende på årstid och nederbörd, den normala årstidsvariationen medför att grundvattennivån vanligen är som högst under våren efter snösmältningen och som lägst under sen sommar och tidig höst. Grundvattenmätningar visar att grundvattennivån står ca 0 – 2 meter under marknivån inom undersökningsområdet, med grundare nivåer i torvområden, ca 0–0,5 m. För grundvattenrörens placering se Figur 6.6 samt planritningar.

Se Figur 6.7 för utdrag ur Skogsstyrelsens karttjänst "skogens pärlor" visande markfuktighet, områden med hög markfuktighet sammanfaller med bedömda områden med grundvattennivåer nära markytan.



Figur 6.6. Översiktskarta visande grundvattenrörens placering.



Figur 6.7. Utdrag ur Skogsstyrelsens karttjänst "skogens pärlor" visande markfuktighet.

6.5.1 Hydrauliska egenskaper

Hydraulisk konduktivitet i morän har undersökts med slugtest i grundvattenrör, resultatet visar på en genomsläpplighet av ca 6×10^{-6} m/s, detta är inom intervallet för vad jordarten kan uppvisa och bedöms vara representativt för jordarten.

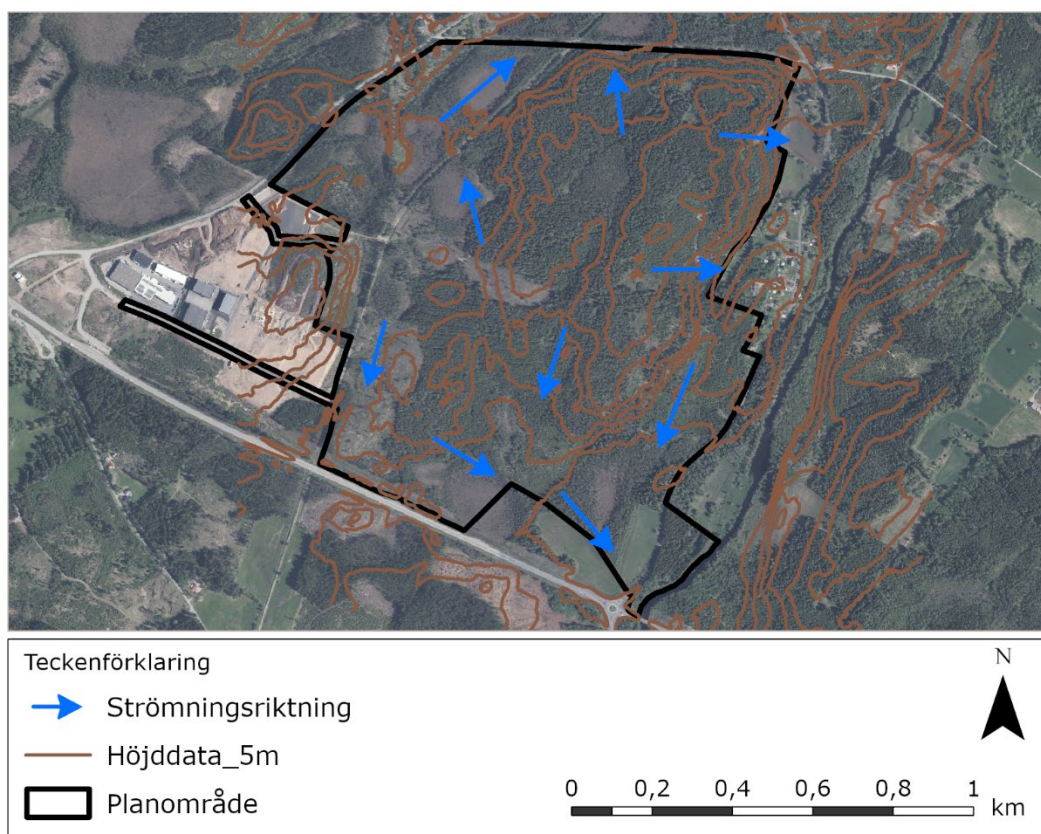
Hydraulisk konduktivitet i isälvsmaterial har undersökts med slugtest i grundvattenrör, resultatet visar på en genomsläpplighet av ca 1×10^{-7} till 5×10^{-7} m/s. Detta är inom intervallet för vad jordarten kan uppvisa men det är sannolikt att materialets genomsläpplighet varierar spatialt och kan vara betydligt högre.

Tryckförändringen vid slugtest är i allmänhet relativt liten och därmed är influensområdet kring grundvattenrören mycket begränsat. Filterdelen av grundvattenrören är installerade i en begränsad del av grundvattenmagasinet och därför ska de utvärderade hydrauliska konduktiviteterna ses som stickprov på de hydrauliska egenskaperna för det absoluta närområdet kring grundvattenrören i den del av grundvattenmagasinet i vilken filterdelen är installerad.

6.5.2 Grundvattnets strömningsriktning

Baserat på grundvattennivåmätningar har en konceptuell hydrogeologisk modell upprättats som översiktligt redovisar grundvattnets strömningsmönster i jord. Bergsryggen som sträcker sig i nord-sydlig utbredning utgör en naturlig topografisk grundvattendelare som medför att det finns tre dominerande strömningsmönster för grundvattnet i jord.

Huvudsaklig strömningsriktning för grundvattnet i planområdets norra del är mot den nordvästra torvmarken och sedan mot norr. Inom planområdets mellersta och södra del sker den huvudsakliga strömningen för grundvattnet mot den södra torvmarken och sedan mot öster längs riksväg 27 och vidare mot Ätran. Inga grundvattenmätningar har utförts söder om riksväg 27 och eventuell strömning under vägen har inte utretts. I en mindre del av planområdets nordöstra del sker grundvattenströmningen mot öster i riktning mot Åsalund och Ätran (Figur 6.8).



Figur 6.8. Grundvattnets strömningsriktning i planområdet.

6.6 Markgasförhållanden

Radon är en gas som bildas i jord och berg vid sönderfall av uran och torium. Jordluft och vatten kan på grund av berggrunden innehålla höga radonhalter vilket i sin tur kan ge upphov till förhöjda halter inomhus då jordluften sugas in i otäta byggnader eller vatten pumpas ur borrhållar. Även stenbaserade byggnadsmaterial kan avge radongas.

Markegenskaper, förutom innehållet av radon och uran, som har stor betydelse vid bedömning av radonrisker är kornstorlek, porositet, vattenhalt och jordlagrens mäktighet. Radongasen transporteras genom jordlagren med jordluft och grundvatten. Hos leror är vattenhalterna vanligtvis höga samt permeabiliteten låg vilket medför att transporten av radongas försvåras. Jordarter, som sand, grus och grusiga moräner, med hög porositet och genomsläpplighet innehåller stora mängder luft vilket gör transporten av radongas enklare. En byggnad har normalt ett svagt undertryck gentemot jordluften och kan därför suga in markradon.

Mätning av totalstrålning från berggrunden med gammaspektrometer ger indirekt koncentrationerna av de tre radioaktiva ämnena uran, torium och kalium. Av de tre är det uran och torium som sönderfaller till radon. Radonisotopen som bildas av torium kallas toron och har en mycket kort halveringstid, vilket medför att den i normalfallet inte kan ansamlas i mängder inomhus som är skadliga för människor. När man beräknar radiumhalt är det alltså sönderfallet av uran som används.

Metod och gränsvärden för markradonundersökning beskrivs i "Radonboken – förebyggande åtgärder i nya byggnader" (Clavensjö, Åkerblom 2004) och Radon i bostäder – markradon (BRF R85:1988).

6.6.1 Radonriskområde eller radonmarkklassning

Markradonundersökningar kan utföras enligt två definitioner:

- Indelning i radonriskområden (radonriskområde)
- Klassning av radonmark (radonmarkklassning)

Enligt radonboken gäller indelningen i radonriskområden (låg-, normalrisk- och högrisk) orörda markförhållanden, där ingen hänsyn är tagen till markbearbetning i samband med exploatering. De flesta kommuner har radonriskkartor men det kan alltid finnas enskilda områden med avvikande bedömning och därför rekommenderas alltid platsspecifik mätning för aktuell plats.

Vid klassning av radonmark (låg-, normal- och högradonmark) ska hänsyn tas till markförhållandena när byggnaden är färdigställd, vilket innebär hänsyn till bl.a. schaktning, sprängning, uppfyllnader och ledningsgravar. Berg och jord som påverkas av byggnationen behöver vara åtkomligt för provtagning/mätning. Till radonmarkklassning kommer dessutom krav på åtgärder vid nybyggnation.

AFRY:s undersökningar i området är gjorda enligt definitionen för radonriskområde (Tabell 6.2) och inför uppförandet av nya byggnader bör en radonmarkklassificering utföras för att utvärdera den samverkande effekten av fyllningsmassor och undergrunden.

Tabell 6.2. Gränsvärden för bedömning av radonriskområde (Clavensjö och Åkerblom, 2004).
 Totalstrålning utgörs av gammastrålning från uran, torium och kalium.

Lågriskområde			
Berg- eller jordart	Totalstrålning, gamma (µSv/h)	Radiumhalt (Bq/kg)	Radonhalt i jordluften 1 m under markytan (Bq/m³)
Berggrund	< ca 0,10	< 35	-
Morän, grus, sand	-	-	< 10 000
Lera, silt	-	-	Lagertjocklek > 2 m ¹⁾

Högriskområde			
Berg- eller jordart	Totalstrålning, gamma (µSv/h)	Radiumhalt (Bq/kg)	Radonhalt i jordluften 1 m under markytan (Bq/m³)
Berggrund	> ca 0,15	> ca 100	-
Morän, grus, sand, silt, moränlera	-	> ca 50 ²⁾	> 50 000

1) Jordlagret får ej vara uttorkat, då gäller samma gränsvärde som för morän, grus och sand.

2) Grovkornig morän, grus och grovsand

Normalriskområde bedöms som mark vars radiumhalt från berggrunden är 35 – ca 100 Bq/Kg eller radonhalt i jordluften är 10 000 – 50 000 Bq/m³.

6.6.1.1 Gammastrålning från berggrund

Berggrundens strålningsnivåer visar på värden motsvarande lågriskområde. Den lokala berggrunden ska betecknas som lågriskområde avseende radonförhållanden.

Enligt strålskyddsmyndigheten gäller att högsta tillåtna gammastrålning från byggnadsmaterial är 1,0 mSv/år enligt strålskyddsförordningen 2018:506. Detta motsvarar ett byggnadsmaterial med ett aktivitetsindex på 1. Aktivitetsindex beräknas enligt Ekvation 1.

$$\frac{cK}{3000} + \frac{cRa}{300} + \frac{cTh}{200} = \text{Aktivitetsindex} \quad \text{Ekvation 1.}$$

Där cK, cRa och cTh representerar aktivitetskoncentrationerna av Kalium-40, Radium-226 och Torium-232.

Uppmätt aktivitetsindex varierar mellan 0,48 – 0,84 och eventuellt lossgjort material från den lokala berggrunden är därmed lämpligt som byggnadsmaterial avseende radonrisk.

7 Detaljerad stabilitetsutredning

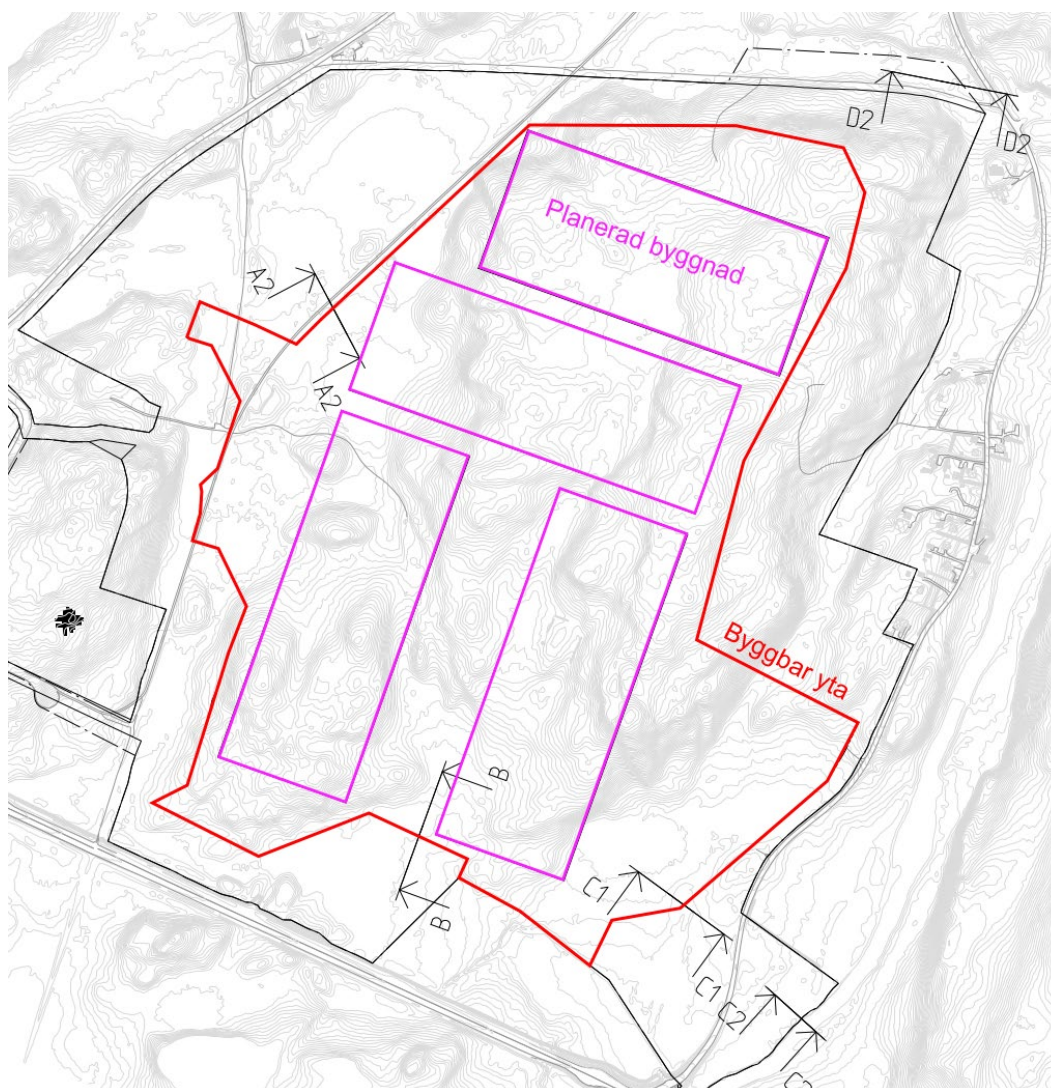
7.1 Allmänt

En detaljerad stabilitetsutredning har utförts för nyexploatering i samband med planläggning. Partialkoefficientmetoden har använts i enlighet med IEG rapport 4:2010 och IEG rapport 6:2008. Befintliga och planerade förhållanden har utretts.

Beräkning har utförts i programvaran Geostudio Slope/W, version 11.21.2.23310. Cirkulärcylindriska glidytor har beräknats med Morgenstern-Prices lamellmetod. I torv- och sandjord har dränerad analys utförts med materialmodellen Mohr-Coulomb. För torven har den effektiva kohesionen valts konservativt.

Beräkning har utförts i 5 sektioner, se Figur 7.1. Sektion A2-A2, B-B och C1-C1 omfattar gränsen för planerad fyllning (den byggbara ytan) medan Sektion C2-C2 omfattar den del av planområdet som gränsar mot vattendraget Ätran. Sektion D2-D2 omfattar anläggning av en ny vall i områdets norra del.

I övriga delar av planområdet är avståndet till Ätran minst 100 m varvid stabiliteten mot Ätran bedöms vara tillfredställande både vid befintliga och planerade förhållanden.



Figur 7.1. Beräkningssektioner.

7.2 Geometri

Den befintliga markytans geometri har hämtats från den digitala grundkartan, som verifierats mot borrhäls punkter som mätts in med GPS. För Sektion C2-C2 har markytan mätts in närmast Ätran. Ätrans botten geometri har mätts in genom lodning i den aktuella sektionen samt i ett tiotal övriga sektioner och enstaka punkter mellan dessa. Bottennivån varierar mellan ca +153 och +156. Där planområdet gränsar mot Ätran är den inmätta bottennivån som lägst ca +154.

Uppfyllnaden i sektion A-A, B-B och C1-C1 har antagits ha en överyta på nivå +173, med en utbredning motsvarande den byggbara ytan i Figur 7.1. En släntlutning på 1:1,5 har använts som utgångspunkt för det oförstärkta fallet. Vallen i sektion D2-D2 har antagits ha en överyta på +180 och en släntlutning på 1:3,5.

7.3 Materialegenskaper

Dimensionerande värden på materialparametrar, X_d sätts till:

$$X_d = \frac{1}{\gamma_M} * \eta * \bar{X}$$

Där γ_M är en fast partialkoefficient, η är en omräkningsfaktor som tar hänsyn till osäkerheter relaterade till jordens egenskaper och aktuell geokonstruktion och $\bar{X}$ är valt medelvärde baserat på härledda värden.

Valda värden, $\bar{X}$, redovisas i Tabell 7.1.

Torvens friktionsvinkel har valts enligt TRVINFRA-00230. Den effektiva kohesionen har valts konservativt till $0,1 * c_u$ för värden på c_u i den lägre delen av det uppmätta spannet ($c_u = 5$ kPa). Mulljordens friktionsvinkel har antagits motsvara torvens.

Den relativt lågt valda friktionsvinkeln för sprängstensmaterialet beror på att den stora uppfyllnadshöjden förväntas leda till svårigheter att packa materialet på ett tidseffektivt sätt.

Den vall som planeras i norr kan komma att utgöras av varierande jordmaterial. Materialparametrar har antagits på säkra sidan, med en relativt hög tunghet och en relativt låg friktionsvinkel, motsvarande den för torv.

Tabell 7.1. Valda värden på materialparametrar.

Jordlager	Materialparameter	Valda värden, $\bar{X}$
Mulljord	Tunghet	$\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 4 \text{ kN/m}^3$
	Friktionsvinkel	$\varphi' = 28^\circ$
Sand	Tunghet	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
	Friktionsvinkel	$\varphi' = 38^\circ$
Torv	Tunghet	$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 2 \text{ kN/m}^3$
	Friktionsvinkel	$\varphi' = 28^\circ$
	Effektiv kohesion	$c' = 0,5 \text{ kPa}$
Sprängsten	Tunghet	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$
	Friktionsvinkel	$\varphi' = 36^\circ$
Vall	Tunghet	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
	Friktionsvinkel	$\varphi' = 28^\circ$

Val av omräkningsfaktorer för materialparametrar, η , redovisas i

Tabell 7.2. För empiriskt valda värden och tabellvärden nyttjas $\eta = 1,0$.

Tabell 7.2. Omräkningsfaktorer η .

Jordlager	Materialparameter	$\eta_{(1,2)}$	η_3	$\eta_{(4,5,6,7)}$	η_{tot}
Sand	Friktionsvinkel	1,0	1,0	1,0	1,0
Sprängsten	Friktionsvinkel				1,0*
Torv	Odränerad skjuvhållfasthet				1,0*
Vall	Friktionsvinkel				1,0**

*Tabellvärden/empiri har nyttjats

**Antaget värde på säkra sidan

Partialkoefficienter för materialparametrar, γ_M , redovisas i Tabell 7.3.

Tabell 7.3. Partialkoefficienter för materialparametrar, γ_M .

Materialparameter	Beteckning	η_3
Friktionsvinkel	$\gamma_{\varphi'}$	1,3
Effektiv kohesion	$\gamma_{c'}$	1,3
Odränerad skjuvhållfasthet	γ_{cu}	1,5
Tunghet	γ_γ	1,0

Dimensionerande värden, X , redovisas i Tabell 7.4.

Tabell 7.4. Dimensionerande värden på materialparametrar.

Jordlager	Materialparameter	Valda värden, $\bar{X}$
Mulljord	Tunghet	$\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 4 \text{ kN/m}^3$
	Friktionsvinkel	$\varphi'_{,d} = 22,2^\circ$
Sand	Tunghet	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
	Friktionsvinkel	$\varphi'_{,d} = 31^\circ$
Torv	Tunghet	$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 2 \text{ kN/m}^3$
	Friktionsvinkel	$\varphi'_{,d} = 22,2^\circ$
	Effektiv kohesion	$c'_{,d} = 0,385 \text{ kPa}$
Sprängsten	Tunghet	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$
	Friktionsvinkel	$\varphi'_{,d} = 29,2^\circ$
Vall	Tunghet	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
	Friktionsvinkel	$\varphi'_{,d} = 22,2^\circ$

7.4 Vattenstånd och portryck

Grundvattenytans nivå i jorden har utifrån avlästa GV-rör, observationer i öppna skruvborrhål samt utjämningsförsök vid CPT-sondering valts till ca 0,5 m under markytan. Vattentrycket antas öka hydrostatiskt mot djupet. Där de ytliga jordlagren utgörs av torv antas grundvattenytans nivå sammanfalla med markytans nivå.

Vid lodning i Ätran 2024-07-04 inmättes vattenytan kring den aktuella sektionen till nivå ca +156,5. I PM Hydro – Dimensionerande vattennivåer har vattenståndet i den aktuella sektionen angivits till +155,9 vid ett antagande om ett extremt lågflöde, lägre än de värden som uppmätts mellan 2010–2022. Denna nivå sammanfaller med den fors/flodnacke som finns längre nedströms, under vilken vattnet skulle bli stillastående.

För att vara helt på säkra sidan och eliminera osäkerheten kring vattenstånd har nivån +155,5 antagits vid beräkning.

7.5 Säkerhetsklass och säkerhetsfaktor

Planerad exploatering hänförs till säkerhetsklass 2 (SK2).

I SK2 ska beräknade säkerhetsfaktorer med partialkoefficientmetoden uppgå till minst 1,0.

7.6 Laster

En permanent karakteristisk byggnadslastseffekt på 100 kPa/m har antagits fram till uppfyllnadernas släntröner i sektion A-A, B-B och C1-C1. För permanenta laster i SK2 motsvarar det karakteristiska värdet det dimensionerande värdet:

$$Geo.last = y_d * 1,1 * G_{kj} + y_d * 1,4 * Q_{kj} = 0,91 * 1,1 * 100 = 100 \text{ kPa}$$

I sektion C2-C2 är avståndet från Ätran till kvartersmarken över 200 m och till vägområdet ca 20-150 m. Marken däremellan planeras att bevaras som ett naturområde. Uppfyllnader för industribyggnader samt laster från dessa har därmed inte medräknats. Däremot har en last på 20 kPa medräknats över hela ytan fram till plangränsen för att ta hänsyn till en eventuell höjning av markytan med 0,5 m samt eventuella trafiklaster.

7.7 Resultat

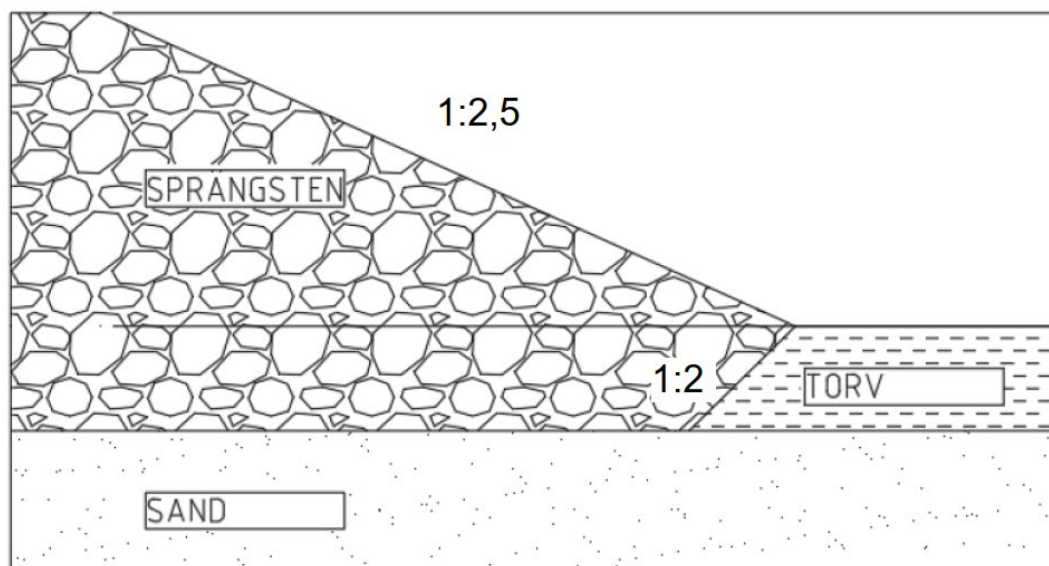
Beräkningsresultatet visar att erforderlig säkerhetsfaktor 1,0 inte uppnås i sektionerna A2-A2, B-B och C1-C1 vid planerade förhållanden, se Tabell 7.5. För sektion A2-A2 och B-B erfordras åtgärder i form av utskiftning av torven mot sprängsten och en utfläckning av sprängstensbanken till högsta lutning 1:2,5 för att uppnå tillfredsställande stabilitet, se principskiss i Figur 7.2. Schaktslätten vid utskiftning har antagits ha en lutning 1:2.

För sektion C1-C1, där bankfoten vilar på sand, erfordras en utfläckning av banken till en högsta lutning 1:2. För sektion C2-C2 uppnås tillfredsställande mot Ätran. För sektion D2-D2 uppnås tillfredsställande stabilitet för vallen då släntlutning begränsas till 1:3,5.

Stabilitetsberäkningar redovisas i Bilaga 2.

Tabell 7.5. Beräknade säkerhetsfaktorer.

Sektion	Förhållanden	F
A2-A2	Planerat	0,75
	Planerat med åtgärd	1,07
B-B	Planerat	0,78
	Planerat med åtgärd	1,12
C1-C1	Planerat	0,82
	Planerat med åtgärd	1,09
C2-C2	Planerat	1,02
D2-D2	Planerat	1,06



Figur 7.2. Principskiss för åtgärd, utskiftning av torv mot sprängsten.

8 Slutsats och rekommendation

8.1 Geoteknik

8.1.1 Stabilitet

De befintliga stabilitetsförhållandena bedöms vara tillfredsställande inom planområdet. Förekommande våtmarksområden med torv och annan organisk jord är relativt flacka och vid området närmast Ätran utgörs jordprofilen av sand. Vid Ätran bedöms stabiliteten vara tillfredsställande även vid belastning av ytan inom planområdet med 20 kPa. Slänten ner mot Ätran är täckt med vegetation som bedöms armera jorden ytligt och skydda mot erosion. Området mellan Ätran och Centralvägen planeras även att bevaras som ett naturområde som i praktiken kan verka som en buffertzona mot eventuell stranderosion.

Blivande stabilitetsförhållanden är inte tillfredsställande där den planerade byggbara ytan (utfyllnaden) gränsar mot torvområden. Planerade laster är alldeles för stora i relation till torvens begränsade hållfasthet. Grundförstärkning av torven erfordras och rekommenderas att utföras genom utskiftning av torv mot friktionsjord och att bankfyllningen läggs med en maximal lutning på 1:2,5. Det är viktigt att slänterna utgörs av sprängsten eller likvärdigt material som inte är erosionskänsligt. Där denna åtgärd inte ryms inom planområdet behöver den byggbara ytan justeras.

Där bankslänten läggs ovan friktionsjord räcker det ur totalstabilitetssynpunkt med att den läggs med en maximal lutning på 1:2. Det rekommenderas dock att torven skiftas ut mot friktionsjord under hela den planerade fyllningen för att undvika lokala brott under byggskedet och stora deformationer i jorden under såväl bygg- som permanentskedet.

I den norra delen av planområdet, där en vall planeras att anläggas i en svacka som sträcker sig i väst-östlig, bedöms stabiliteten vara tillfredsställande utan grundförstärkning under förutsättning att vallens släntlutning maximalt är 1:3,5.

Vid detaljprojektering är det av avgörande betydelse att jordlagerföljden och torvdjupet längs med den planerade utfyllnadens randzon noggrant kartläggs och att erforderliga stabilitetshöjande åtgärder vidtas. Innan markarbeten påbörjas krävs kompletterande undersökningar för att verifiera gjorda antaganden inom hela området.

Utskiftning av torv (urgrävning) kan ersättas av andra åtgärder. Det väsentliga för stabilitetsförhållandena är att torven i permanentskedet är ersatt med sprängsten eller att torvens hållfasthet har förbättrats till motsvarande grad.

8.1.2 Grundläggning

Vid grundläggning rekommenderas allt organiskt material att skiftas ut och ersättas med friktionsmaterial. Utskiftning, som generellt bedöms vara den enklaste och mest kostnadseffektiva metoden att hantera torven med, kan generellt antas vara genomförbar där torvmäktigheten är mindre än 3 m. Tillfälliga schakter kan behöva hållas vattenfyllda för att bibehålla tillfredsställande stabilitet under byggskedet.

Vid större mäktigheter kan den organiska jorden stabiliseras i pelare eller celler. Nedpressning/förbelastning kan också utföras. Den senare metoden syftar till att komprimera jorden, så att den i praktiken ersätts av sprängsten för större delen av jordprofilen samtidigt som hållfasthet ökar. För att metoden ska gå att utföra inom en rimlig tid kan vertikaldränering installeras för att påskynda förloppet.

Grundläggning på den naturliga friktionsjorden bedöms kunna utföras med plattgrundläggning på packad fyllning.

Belastning av organisk jord är generellt förknippat med stora deformationer. Även om sättningar inte beräknas i detaljplaneskedet ska det poängteras att långtidsbundna sättningar kan förväntas där fullgod utskiftning eller förstärkning inte uppnås. Differenssättningar kan också förväntas mellan sådana ytor och övriga ytor, samt mellan grundförstärkta områden och omgivande ytor.

För områden med stora mäktigheter av organisk jord bör det i första hand övervägas vilken nytta eventuell exploatering medför jämfört med komplexiteten det innebär att hantera jorden, sett till tid, kostnader och osäkerheter. Ur geoteknisk synpunkt bör den byggbara ytan optimeras för att i möjlig mån undvika att överlappa de djupaste områdena med organisk jord inom planområdet. Lämpligtvis väljs randzonen så att den torv som förekommer kan hanteras genom utskiftning eller i värsta fall masstabilisering. Nedpressning bedöms medföra ett betydligt större behov av projektering samt uppföljning under byggskedet.

8.2 Bergteknik

De bergtekniska förhållandena medför inga restriktioner för byggnation, dock ska områden där sannolikheten för blockutfall bedömts till måttlig rensas från lösa block. I områden med risk för blockutfall ska skrotning utföras innan markarbeten påbörjas. Slutliga slänter ska var yt- och storstabila. Bergmassans egenskaper tyder på god hållfasthet, men det föreligger alltid risk för ras vid större bergslänter och framtida bergschakt kommer sannolikt vara i behov av bergförstärkande åtgärder för att förhindra utfall.

Vid analys av bergmaterial framgår att berget lämpar sig väl till byggnation av väg eller som ballastmaterial. Bergmaterialet innehåller mycket låg till låg halt svavel (ca 100 mg/kg).

8.3 Hydrogeologi

Det förekommer flera grundvattenberoende riskobjekt inom och i nära anslutning till undersökningsområdet som kan komma att påverkas negativt vid en framtida exploatering. Huvudsakligen föreligger risk för påverkan på grundvattenberoende naturvärden samt utpekade grundvattenmagasin.

Dagvattenhantering planeras att utformas på sådant sätt att avrinning till stor del följer de befintliga strömningsriktningarna. Detta medför att påverkan på vattenbalansen i omkringliggande områden begränsas. Längs med GC-banan vid det nordvästra torvområdet planeras en dagvattendamm med flera utsläppspunkter mot våtmarken. Detta för att vattenbalansen och grundvattnets strömningsmönster i våtmarken ska bevaras.

Inga dimensioner på planerade byggnader har erhållits inför projektering och således har ej beräkningar för analytisk bedömning av omgivningspåverkan avseende grundvatten utförts. När byggnaders placering, grundläggning och dimensioner fastställts bör beräkningar avseende omgivningspåverkan utföras. Men vid exploatering av en yta på minst 80 ha kommer grundvattensänkning och avvattning bli en nödvändighet. Schaktarbeten, förändrade förhållanden avseende grundvattenbildning eller grundvattenbortledning som medför en grundvattensänkning inom eller utanför detaljplaneområdet innebär att verksamhetsutövaren behöver ansöka om tillstånd för vattenverksamhet.

Utan ytterligare undersökning rekommenderas att exploatering och schakt i isälvsaterialet i områdets sydöstra del undviks. Utvärderad hydraulisk konduktivitet från slugtester visar på en förhållandevis låg permeabilitet men sannolikt varierar isälvsaterialets hydrauliska konduktivitet spatialt och det finns risk för att materialet kan uppvisa en betydligt högre genomsläpplighet av vatten. Vilket kan medföra ett omfattande påverkansområde även vid en mindre avsänkning i grundvattennivå. Även risk för utsläpp och förorening av utpekat grundvattenmagasin behöver beaktas och förebyggas.

Det föreligger i verksamhetsutövarens intresse att inför byggskedet upprätta ett kontrollprogram för att övervaka grundvattennivåer. Detta för att kontrollera och bevaka en eventuell grundvattensänkning så att man i god tid innan skada uppstår kan införa åtgärder för att förhindra att grundvattenberoende riskobjekt påverkas negativt. I samband med ett kontrollprogram bör nya grundvattenrör installeras i riktning mot grundvattenberoende objekt.

8.3.1 Vattenverksamhet

Vattenverksamhet omfattas av en generell tillståndsplikt enligt 11 kapitlet 9 § Miljöbalken och prövning sker i Mark- och miljödomstolen. Med begreppet vattenverksamhet avses bland annat åtgärder som antingen syftar till att förändra vattnets djup eller läge, avvattnar mark, leder bort grundvatten eller ökar grundvattenmängden genom tillförsel av vatten. Undantag från tillståndsplikt kan gälla om det är uppenbart att inga allmänna eller enskilda intressen kan komma att skadas av grundvattensänkningen. Endast verksamhetsutövaren kan avgöra om undantaget enligt 11 kap 12 § Miljöbalken ska åberopas.

8.4 Markgasförhållanden

Marken inom det undersökta området bedöms som lågriskområde med avseende på radon. För byggnader inom lågriskområde krävs inga åtgärder ur radonsynpunkt. I samband med byggnation skall dock säkerställas att fyllnadsmassor i ledningsgravar under och i anslutning till planerade hus samt övriga ditforslade massor ej utgörs av material med förhöjda radonhalter, eftersom det då kan finnas risk för att radongas transporteras in i byggnader via exempelvis ledningar.

Inför byggnation rekommenderas att en klassificering av radonmark utförs med en gammastrålningsmätning över terrassnivå. Vid klassificering av radonmark beaktas radontillförsel från berggrund och fyllning till byggnad. Denna klassificering ska gälla för rådande markförhållanden där byggnaden skall uppföras, varför hänsyn måste tas till bland annat; schaktning, sprängning, fyllning och ledningsgravar. Klassificeringen av radonmark är kopplad till rekommendationer för åtgärdskrav.

8.5 Omgivningspåverkan

Vid sprängning, schaktnings- och packningsarbeten uppstår markrörelser som kan orsaka skador i närliggande byggnadsverk eller installationer. Markrörelser i form av vibrationer kan även medföra störningar av känsliga utrustningar och verksamheter i närområdet. En riskanalys med tillhörande föreskrifter avseende tillåtna markrörelser i samband med planerade entreprenadarbeten ska tas fram i den fortsatta projekteringen.

I riskanalysen ska behovet av synförrättning och övervakningsmätning av närliggande byggnadsverk och installationer utredas.

Det förekommer flera grundvattenberoende riskobjekt inom och i nära anslutning till undersökningsområdet som kan komma att påverkas negativt vid en framtida exploatering.

8.6 Planbestämmelser

Följande bestämmelser ska införas i plankartan:

- Mark med organisk jord ska, utifrån torvgräns enligt Skogsstyrelsens torvkarta i Bilaga 1, markeras i plankartan och ges följande egenskapsbestämmelse:

Mark med organisk jord som måste grundförstärkas ner till fast botten innan den får bebyggas.

- Den planerade vallen i den norra delen av området ska ges följande egenskapsbestämmelse:

Maximal släntlutning 1:3,5.

- Den byggbara ytan ska ges följande egenskapsbestämmelser:

Mark som gränsar mot områden med organisk jord får ha en maximal släntlutning på 1:2,5.

Mark som gränsar mot övriga områden får ha en maximal släntlutning på 1:2.