



Uppdragsnamn Extern inert deponi	Ärendenr	Uppdragsnr 23U0999
Författare (Namn) Maria Kaneteg	Sekretess C1 - Öppen	Filnamn 9-AA00-000-G-PM-0002
Revision	Status Informationshandling	Dokumenttyp Rapport
Granskad Ibrahim Al-Zubaidi	Godkänd av Ibrahim Al-Zubaidi	Datum 2025-10-03

PM Geoteknik Bergupplag inom Ön 1:1, Område 8

Revisionsförteckning

Rev	Beskrivning	Granskad	Godkänd



Innehåll

1	Objekt	3
2	Syfte	3
3	Underlag för undersökningen	3
4	Styrande dokument	4
5	Geoteknisk kategori och säkerhetsklass	4
6	Planerade konstruktioner	5
7	Topografi-, mark- och geotekniska förhållanden	6
8	Hydrogeologiska förhållanden,	9
9	Rekommendationer	10
10	Slutsats	11
11	Förslag till kompletterande undersökningar	12
12	Bilagor	12

1 Objekt

Bjerking AB har på uppdrag av SKB utfört en geoteknisk undersökning på delar av fastigheten Östhammar Ön 1:1 som underlag för projektering av bergupplag. Det undersökta området ligger i Forsmark, Östhammar.



Figur 1: Undersökta områden markerat med streckade gränslinjer. Forsmark kärnkraftverk öster i bild.

2 Syfte

Syftet med uppdraget har varit att utreda de geotekniska förutsättningarna för en yta som ska fungera som upplagsyta för bergmassor. Undersökningen syftar till att skapa underlag till projektering.

3 Underlag för undersökningen

3.1 Geotekniska undersökningar

Resultaten från utförda undersökningar framgår av Markteknisk undersökningsrapport (MUR) Bergupplag inom Ön 1:1, Område 8, filnamn 9-AA00-000-G-RA-002, daterad 2025-10-03, upprättad av Bjerking AB.

3.2 Övrigt underlag

Följande handlingar har utgjort underlag för undersökningen:

- Jordarts- och jorddjupskarta från SGU och SKB.
- Bergartskarta från SKB.
- Markmodell 1x1 meter från Lantmäteriet, aktualitet 2020-11-05.
- SLU Markfuktighetskarta via Skogsstyrelsen.

4 Styrande dokument

Denna rapport ansluter till SS-EN 1997 med tillhörande nationell bilaga enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (Eurokoder), grundförfattningen BFS 2011:6 med senaste ändringsförfattningen för EKS BFS 2022:4.

4.1 Författningar

Tabell 1: Författningar.

Publikation	Publikationsnummer	Publicerad av
Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)	BFS 2011:10	Boverket
Byggnads- och anläggningsarbete	AFS 1999:03	Arbetsmiljöverket
Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av eurokoder	TSFS 2018:57	Transportstyrelsen

4.2 Styrande dokument, råd och anvisningar

Tabell 2: Styrande dokument, råd och anvisningar.

Publikation	Publikationsnummer	Publicerad av
Geokonstruktion, Administrativa regler	TRVINFRA-00229	Trafikverket
Geokonstruktion, Dimensionering och utformning	TRVINFRA-00230	Trafikverket
Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten (AMA)	AMA Anläggning	Svensk Byggtjänst
Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk	SS-EN 1990	Svensk Standard
Laster på bärverk	SS-EN 1991	Svensk Standard
Dimensionering av Geokonstruktioner	SS-EN 1997	Svensk Standard

5 Geoteknisk kategori och säkerhetsklass

Val av geoteknisk kategori och säkerhetsklass skall analyseras och väljas för respektive anläggningsdel och konstruktion.

5.1 Geoteknisk kategori

Geokonstruktioner ska utifrån geoteknisk komplexitet och risk klassificeras i geoteknisk kategori enligt SS-EN 1997-1.

Med hänsyn till följande förutsättningar skall schakt och stödkonstruktion utföras och kontrolleras enligt minst Geoteknisk Kategori 2 (GK2):

- Undergrunden är av sådan beskaffenhet att den kan beskrivas med egenskaper och metoder enligt svensk praxis.
- Grundvattensituationen kan analyseras och hanteras med allmänt vedertagna metoder.
- Allmän praktisk erfarenhet föreligger av geokonstruktionen. Dimensionering och utförande görs med allmänt vedertagna metoder.



5.2 Säkerhetsklass

Indelning av byggnadsverksdelar i säkerhetsklasser och säkerhetsindex ska göras i enlighet med "Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av Eurokoder" (TSFS 2018:57) Avdelning I, 2 kap.

Med hänsyn till omfattningen av de personskador som kan befaras vid brott i en byggnadsverksdel, skall samtliga byggnadsverksdelar i den nya geokonstruktionen hänföras till säkerhetsklass 2 (SK2) enligt följande förutsättningar:

- Byggnadsverket är så utformat och använt att personer vistas i, på, under eller invid det.
- Byggnadsverksdelen är av sådant slag att kollaps medför medelstor risk för personskador.

6 Planerade konstruktioner

Inom det undersökta området planeras det för att anlägga bergupplag för att lokalt kunna lagra bergmassor för framtida behov. Vid anläggande av bergupplag kommer infrastruktur i form av vägar och VA- och elledningsnät att byggas ut samt anslutande våtmarksrening utanför område 8.

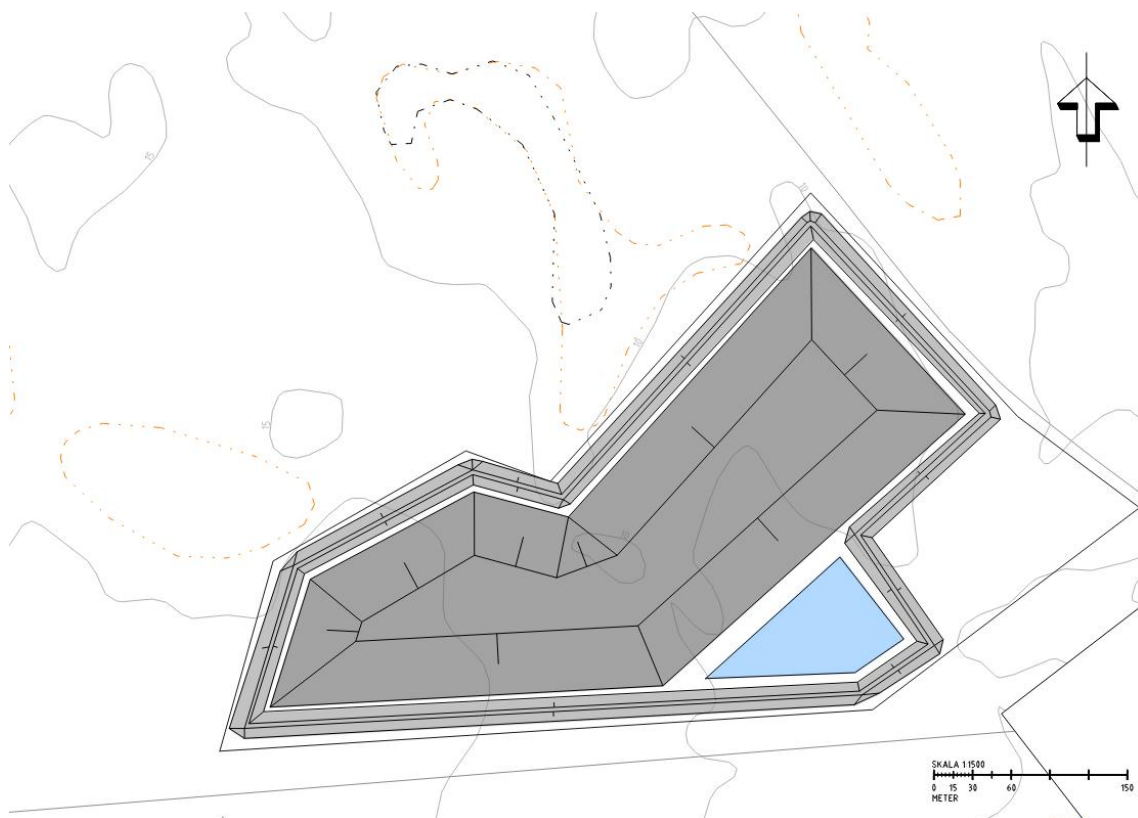
Bergupplagets krav gällande lokalisering och lakvattnets transporttid till recipient skall följa krav för inert avfall enligt förordning (2001:512) om deponering av avfall. Kraven innefattar att lakvatten ska passera genom en geologisk barriär där transporttiden genom barriären inte får vara kortare än 1 år.

En geologisk barriär utgör ett skydd mot spridning av föroreningar. Barriären ska under en deponi för inert avfall ha en mäktighet om minst 1 meter med en permeabilitet om högst $1,0 \times 10^{-7}$ meter per sekund.

6.1 Principiell utformning

Den geologiska barriären kan konstrueras av finkornig jordart, stenmjöl och/eller en tät duk. För att fördröja spridning i sidled kan vallar med tillräcklig barriär anläggas kring bergupplaget, se skiss i figur 2.

Lakvatten inom bergupplaget bör omhändertas inom upplaget och pumpas vidare till vattenreningsanläggningar. Vattenhanteringen placeras med fördel i lågpunkter inom området.



Figur 2: Skiss på bergupplag med omgivande vall i grått och yta för lakvattenhantering i blått.

7 Topografi-, mark- och geotekniska förhållanden

Markytan är kuperad och marknivån har i sonderade punkter uppmätts till +5,6 - +15,6 (RH 2000). Lantmäteriets höjddata redovisar marknivåer från +4 - +18 inom området, se figur 3.

Generellt utgörs jorden av ett tunnare lager humusjord på upp till 6,7 m friktionsjord på berg. I områdena med högre markfukt, i närheten av våtmarkerna, utgörs jorden lokalt av upp till 1,1 m torv, humusmaterial eller fyllning på upp till 1,0 m lera på friktionsjord på berg, se figur 4.

Torven utgörs av svart, lågförmultnad torv med sandkorn och gråsvart högförmultnad torv. Torven bedöms tillhöra materialtyp 6B och tjälfarighetsklass 1.

Fyllningen kring den norra våtmarken består av brunt och grått sandigt *grus* med enstaka lerklumpar och delvis krossat material samt av grå grusig *sand*. Fyllningen i den västra delen av området består av brun humushaltig något grusig siltig *sand* med växtdeklar och delvis krossat material. Fyllningen bedöms tillhöra materialtyp 2 och tjälfarighetsklass 1 och dess densitet varierar mellan 1,6-2,2 t/m³.

Lerans sammansättning varierar. Det har påträffats gråbrun, rostfläckig lera med sand- och gruskorn samt brungrå rostfläckig lera med sandskikt och gruskorn. Leran bedöms tillhöra materialtyp 4B och tjälfarighetsklass 3. Lerans vattenkvot har uppmätts till 41-51%, dess konflytgräns till 47-59% och dess densitet varierar mellan 1,8-1,9. Lerans skjuvhållfasthet har inte utvärderats i denna undersökning.



Friktionsjorden utgörs av morän med varierande sammansättning. I våtmarken påträffas grå, något sulfidjordshaltig sandig siltig *lermorän* med gruskorn som bedöms tillhöra materialtyp 5A och tjälfarighetsklass 4.

Ytligare friktionsjord utgörs av brun, något humushaltig grusig sandig siltig *morän* och gråbrun, något humushaltig grusig *sandmorän* samt grå något grusig sandig siltig *morän* som bedöms tillhöra materialtyp 3B, 2 respektive 4A och tjälfarighetsklass 2, 1 respektive 3. Friktionsjordens densitet varierar mellan 1,7-2,2 t/m³.

På grund av lagringstätheten och block har det varit svårt att provta moränen på djupare nivåer.

Block har registrerats i 10 av 16 sonderingspunkter där blockstorleken varierar från 0,1–1,3 m och friktionsjorden bedöms vara blockig.

Bergets överyta har registrerats på nivå +2,4 - +12,9 vilket motsvarar 0,8–7,8 m under befintlig marknivå. Berget har registrerats som sprickigt i 7 av 16 jord-bergsonderingar. Berget utgörs enligt SKB:s bergartskarta av pegmatit/pegmatitgranit och tonalit till granodiorit.

Se tabell 3 för en sammanställning av jordlagerföljden i de sonderade punkterna.

Tabell 3: Identifierad jordlagerföljd med mäktigheter.

ID	Marknivå [m ö h]	Bergnivå [m ö h]	Jorddjup [m]	Fyllning [m]	Torv [m]	Lera [m]	Friktionsjord [m]
QFM351	9,1	6,1	3,0	-	1,1	-	1,9
QFM352	11,4	9,2	2,2	-	-	-	1,7
QFM446	15,6	12,9	2,7	-	-	-	2,7
QFM447	13,7	12,9	0,8	-	-	-	0,8
QFM448	7,8	6,3	1,5	-	-	-	0,9
QFM555	9,3	5,8	3,5	-	-	-	3,5
QFM556	14,3	11,9	2,4	0,4	-	-	1,4
QFM557	11,6	9,6	2,0	-	-	-	1,7
QFM558	9,3	7,5	1,8	0,5	-	0,4	0,5
QFM559	13,3	9,9	3,5	-	0,4	0,4	2,3
QFM560	13,9	8,8	5,1	-	-	-	4,2
QFM561	9,2	5,7	3,5	-	0,3	1,0	1,6
QFM562	10,9	7,2	3,7	-	-	-	1,5
QFM563	14,4	6,6	7,8	-	-	-	6,7
QFM564	5,6	2,4	3,3	-	-	-	3,3

Sekretess: C1 - Öppen

8 Hydrogeologiska förhållanden,

Grundvattenobservationer har utförts i 3 grundvattenrör inom området. Grundvattnet har observerats på nivåer motsvarande 0,1-2,9 meter under markytan, se tabell 4.

Tabell 4: Utförda grundvattenobservationer (RH2000).

Grundvattenrör	Datum	Marknivå	Nivå GVY	Djup från markyta
SFM902	2025-06-27	+9,25	+9,13	0,12
	2025-08-06		+9,27	-0,02
SFM903	2025-06-27	+13,28	+12,92	0,36
	2025-08-06		+13,04	0,24
SFM904	2025-06-27	+5,57	+2,72	2,85
	2025-08-13		+2,58	2,99

8.1 Hydraulisk konduktivitet i jorden

Jorden har även provtagits för undersökning av materialets kornstorleksfördelning (siktanalys). Andelen finjord påverkar permeabiliteten och således jordens förmåga att agera som geologisk barriär.

En grov empirisk uppskattning av den hydrauliska konduktiviteten är utförd med hänsyn till erhållna resultat från utförda siktanalyser inom området, se tabell 5. Då utförda sonderingar visar att det finns block i moränen samt att siktanalyserna är störda provtagningar kommer redovisade empiriska hydrauliska konduktiviteten vara lägre än den hydrauliska konduktiviteten in-situ. Uppskattning av hydraulisk konduktivitet har inte utförts för prover bestående av andra material än morän.

Tabell 5: Kornstorleksfördelning.

Sondering	Djup [m]	Benämning	Grus	Sand	Finjords-halt	k-värde (Gustafson) [m/s]
QFM351	1,3-1,7	Grå, något sulfidjordshaltig sandig siltig LERMORÄN med gruskorn	16,4%	40,9%	42,6%	$1,74 \times 10^{-10}$
QFM555	0,4-0,9	Fyllning: Brunt sandigt GRUS med enstaka lerklumpar delvis krossat material	62,3%	34,8%	2,9%	-
QFM556	0,1-0,4	Fyllning: Brun humushaltig något grusig siltig SAND med växtdelar delvis krossat material	12,3%	62,4%	25,3%	-
QFM558	0,4-0,6	Grått sandigt GRUS med enstaka lerklumpar delvis krossat material	49,0%	46,9%	4,1%	-
	0,6-1,0	Gråbrun rostfläckig LERA med sand- och gruskorn	7,1%	12,5%	80,4%	-
QFM560	0,7-1,0	Grå något grusig sandig siltig MORÄN	23,3%	37,2%	39,5%	$1,54 \times 10^{-7}$
QFM561	0,3-0,4	Fyllning: Grå grusig SAND	38,0%	57,1%	4,9%	-

Sondering	Djup [m]	Benämning	Grus	Sand	Finjords-halt	k-värde (Gustafson) [m/s]
	0,4-1,0	Brungrå rostfläckig LERA med sandskikt samt gruskorn	7,3%	20,4%	72,4%	-

Det finns överslagsvärden för permeabiliteten för olika jordarter, se tabell 6. Överslagsvärdena ger en indikation på att permeabiliteten hos moränen i området varierar mellan 10^{-6} och 10^{-10} m/s. Notera att överslagsvärdena för permeabiliteten i moränen inte tar hänsyn till antalet och storleken på naturligt förekommande block.

Tabell 6: Överslagsvärden på permeabilitet för olika jordarter (SGI, 2008).

Jordart	Permeabilitet [m/s]	Jordart	Permeabilitet [m/s]
Grusig morän	10^{-5} – 10^{-7}	Grovsand	10^{-2} – 10^{-4}
Sandig morän	10^{-6} – 10^{-8}	Mellansand	10^{-3} – 10^{-5}
Siltig morän	10^{-7} – 10^{-9}	Finsand	10^{-4} – 10^{-6}
Lerig morän	10^{-8} – 10^{-10}	Grovsilt	10^{-5} – 10^{-7}
Moränlera	10^{-9} – 10^{-11}	Mellansilt-finsilt	10^{-7} – 10^{-9}

9 Rekommendationer

9.1 Grundläggning

All organisk jord ska schaktas bort innan fyllning för grundläggning av byggnad, väg eller plan utförs. Mullhaltig jord ska schaktas bort vid ytor som ska hårdgöras eller beläggas.

Grundläggning utförs på packad fyllning av krossmaterial, på berg eller på packat sprängbotten. Schaktbotten ska packas innan fyllning. Packad fyllning utförs enligt AMA Anläggning 17 CEB.2. Bergschakt för grundläggning på fast berg utförs enligt AMA 17 CBC.562. Packad sprängbotten utförs enligt AMA 17 CBC.561. Som materialskiljande lager på schakterterrass skall geotextil bruksklass N2 användas. Plattgrundläggning ska utföras tjälsäkert.

Dimensionerande bärförmåga på berg väljs utifrån bergart, sprickighet, bergkvalitet och sprickplan. Dimensionerande bärförmåga på berg begränsas till max 3 MPa för granit och hårda kristallina bergarter under förutsättningen att bergytan har kontrollerats med jord-bergsonderingar och besiktning.

Innan grundläggning på berg ska bergsakkunnig besiktiga bergets överyta för kontroll att bergmassan och bergkvalitet stämmer överensstämmer med de antaganden som har gjorts under projekteringen.

I närheten av det planerade bergupplaget norra delar finns det våtmarker. Enligt befintligt geotekniskt underlag består dessa delar av torv och lera. Dessa kommer vid påförd tillskottslast att orsaka sättningar samt medföra en skredrisk under utförande om förstärkningsåtgärder negligeras. Valet av förstärkningsåtgärd beror på vilka krav som ställs



på den planerade konstruktionen, de geotekniska förutsättningarna på platsen samt att tillräcklig säkerhet mot skred uppnås i både det temporära- och permanenta skedet.

Innan etablering av en mobilkran, betongpumpbil eller andra tyngre arbetsfordon ska geotekniker kontaktas för att kontrollera att jorden har erforderlig bärförmåga.

9.2 Schakt

Schakt ska alltid utföras med betryggande säkerhet mot ras och skred. Temporära schakter i friktionsjord bedöms kunna utföras med maximal släntlutning motsvarande 1:1,5 ned till 3 meters schaktdjup förutsatt att schaktbotten är ovan grundvattenytan. För bedömning av schakt i lera rekommenderas kompletterande geotekniska undersökningar för bedömning av stabilitet.

Schaktbotten skall besiktigas av geoteknisk sakkunnig innan vidare arbeten får utföras. Vid framschaktning av eventuell bergöveryta ska denna synas av bergsakkunnig.

Schaktning invid befintlig ledning, brunn eller brandpost ska utföras så att ensidigt jordtryck inte uppkommer på ledning eller anläggning.

Schaktarbetet ska bedrivas i torrhet och på sådant sätt att vattensamlingar i öppna schakter undviks. Schaktbotten och slänter ska skyddas mot vatten. Fritt vatten på schaktbotten ska omedelbart pumpas bort. Vatten ska avledas för att förhindra vattensamlingar, erosion, bottenuppträckning, rörbildning (piping), uppluckring och uppmjukning av schaktbotten och schaktslänter mm. Vid avledning av länshållnings-, spol- och processvatten ska åtgärder vidtas för effektiv avskiljning av sand, slam och eventuell olja innan vatten släpps ut i allmänna ledningar, diken eller vattendrag alternativt infiltreras i mark.

Vid våt väderlek eller vattenmättade förhållanden kan siltig jord erhålla flytjordsegenskaper. Detta kan avsevärt försvåra schaktarbeten samt kräva flackare slänter. Schaktbotten och/- eller slänter bör därför täckas vid regnväder för att förhindra erosion.

I jorden har skikt av både silt och sand noterats. Dessa skikt kan bli vattenförande och tillföra vatten till schakten i samband med våt väderlek. Med hänsyn till grundvattennivåerna som noterats kan inströmning av grundvatten från underliggande friktionsjord ej uteslutas.

9.3 Övrigt

I god tid före entreprenadarbetenas start bör en riskanalys upprättas. Där utförs en riksinventering av angränsade byggnader och anläggningar. Vidare anges erforderlig omfattning av exempelvis syneförrättning, kontrollavvägning och vibrationsövervakning. Vid vibrationsövervakning anges även max tillåtna vibrationsnivåer för respektive kontrollobjekt.

10 Slutsats

Med största sannolikhet kommer schakt att behöva utföras under grundvattenytan då den, enligt hittills uppmätta observationer, ligger ytligt i relation till markytan. Det i kombination med den relativt permeabla jorden innebär att inläckande grundvatten kommer behöva hanteras.

Ytterligare grundvattenobservationer behövs i installerade rör för att kunna se variationer av grundvattenytan. Bedömningen är att sannolikheten av schakt under grundvattenytan är stor och man bör därför ta fram en plan för grundvattenpåverkan och grundvattenhantering i



byggskede. En grundvattensänkning kan i området orsaka sättningar i omkringliggande lerjordar. En plan med omgivningspåverkan/influensområde bör tas fram i senare skede.

Begränsat jorddjup har registrerats vid sondering QFM447, QFM448, QFM557 och QFM558 där jorddjupet understiger 2 meter. Av dessa sonderingar har det i QFM557 noterats sprickor i berget i samband med jord-bergsondering. Även om vissa av de nämnda sonderingarna ligger utanför nuvarande områdesgräns finns det fortfarande en risk att vi har otillräckligt jorddjup i kombination med sprickor i berget inom det aktuella området. Enligt jordartskartan finns det ytligt berg inom den västra delen av området.

Den låga mäktigheten och bergets sprickighet i kombination med den provtagna moränens uppskattade hydrauliska konduktivitet innebär det att för att uppnå Naturvårdsverkets krav på geologisk barriär kan det krävas åtgärder för att öka transporttiden mellan upplaget och recipient. Dessa åtgärder kan bestå av membran, bentonitblandning eller fyllning av naturligt jordmaterial som uppfyller täthetskraven.

Området är kuperat och bättre information om marknivåer ger möjligheten till vidare projektering/planering av de vattenhanterande funktionerna inom bergupplaget.

11 Förslag till kompletterande undersökningar

Tätare undersökningspunkter skulle förbättra det geotekniska underlaget. I en kompletterande undersökning bör följande metoder inkluderas:

- Kontroll av lerans odränerade skjuvhållfasthet genom ostörd provtagning, vingförsök och/eller CPT-sondering.
- Hejarsondering för utvärdering av lagringstäthet i friktionsjorden.
- Jord-bergsonderingar för kontroll av jordlager samt bergets överyta.
- Geofysiska undersökningar för kartläggning av bergdjup och sprickighet i berg.
- Provgropar utföras för kontroll av jordlagerföljden samt för provtagning av moränen på större djup för att kunna utföra ytterligare siktanalyser.

12 Bilagor

Bilaga 1 Laboratorieresultat (4 sidor)

Bilaga 2 Geoteknisk undersökning i relation till markfukt (1 sida)