

Beskrivning till

Uppgraderade jordartskartor – Uppsala och Enköping



Gustav Sohlenius & Henrik Mikko

www.sgu.se

K 758

ISSN: 1652-8336
ISBN: 978-91-89421-71-4

Författare: Gustav Sohlenius och Henrik Mikko
Granskad av: Elin Norström
Ansvarig enhetschef: Anna Hedenström
Redaktör: Johan Sporrang

Omslagsbild: Kring Uppsala finns stora uppodlade
områden vilka till stor del utgörs av postglacial lera.
Fotograf: Sara Linderöth, SGU

Utgivningsår: 2025

Sveriges geologiska undersökning

Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

Innehåll

Inledning.....	4
Jordartsgeologisk information – metodik och datamängder	5
Jordartskartans uppbyggnad.....	5
Metodik för uppgradering av äldre jordartskartor	6
Skillnader mellan den nya och tidigare jordartskartan.....	8
Den nya jordartskartans osäkerheter.....	11
Annan information som kan användas tillsammans med jordartskartan.....	12
Jordarternas praktiska användning och miljöpåverkan	14
Generell markanvändning.....	14
Grundvatten.....	16
Sättningar och skred.....	18
Sura sulfatjordar.....	19
Materialanvändning.....	21
De jordartsgeologiska förhållandena i det kartlagda området.....	22
Generell beskrivning.....	22
Hällmark	24
Morän.....	25
Isälvsmaterial.....	29
Glacial lera.....	31
Postglacial lera och gyttjehaltiga leror	32
Svallsediment och svallad morän.....	33
Torv	35
Fyllning	36
Jordarternas fördelning på ytan och djupet.....	36
Referenser.....	41

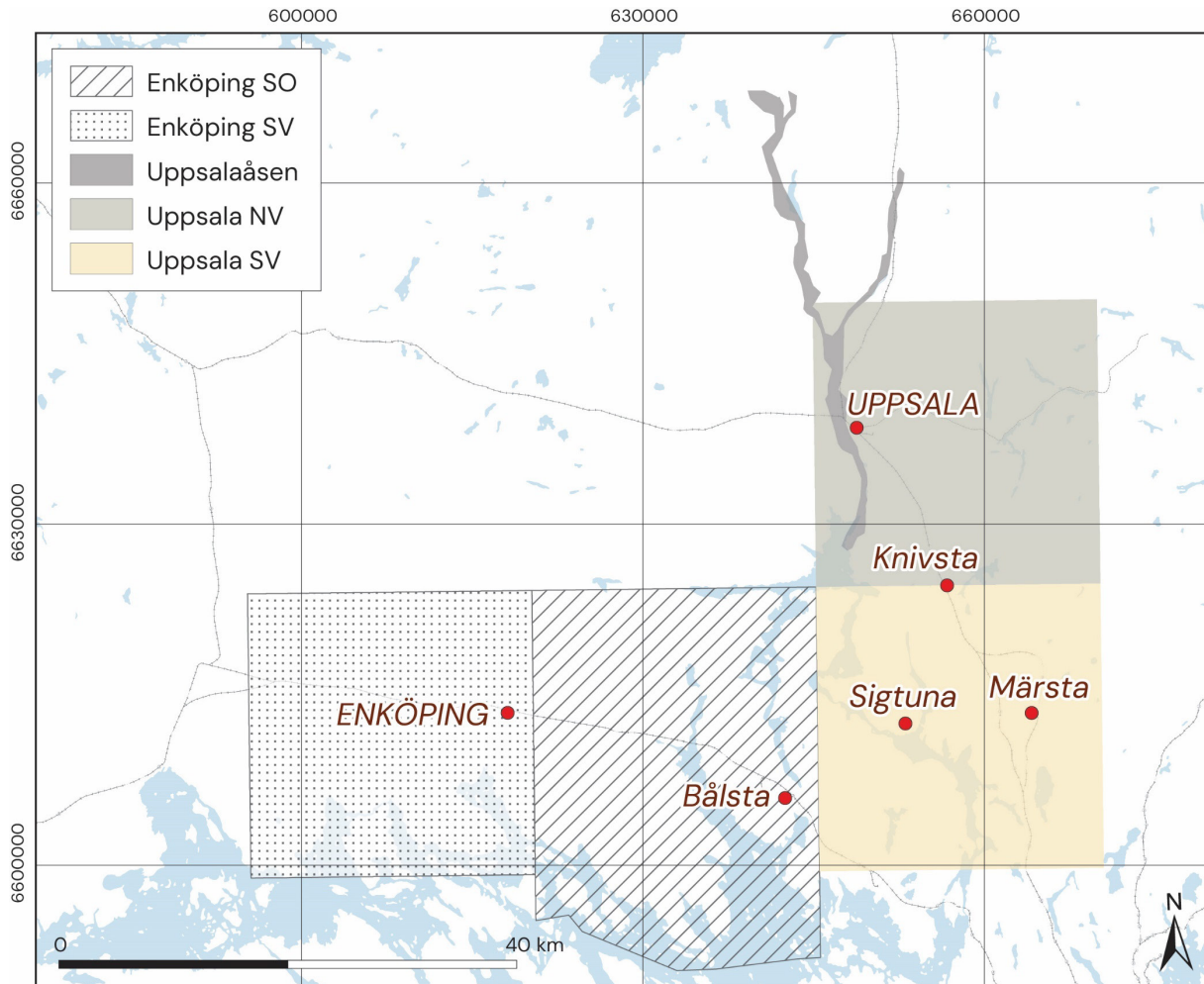
Inledning

Geologiska underlag i form av jordartskartor är centrala för samhällsplaneringen. Kvartär-geologiska kartor och information om jordarternas fördelning på djupet kan till exempel användas som underlag inför projektering av bygg- och infrastrukturprojekt, klimatanpassningsåtgärder, etablering av täktverksamhet och kartläggningar av grundvattenmagasin. Den jordartsgeologiska informationen kan även användas för frågeställningar som är viktiga för jord- och skogsbruk samt av universitet och högskolor dels i undervisning, dels för att besvara frågeställningar inom olika forskningsprojekt.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) förbättrar, eller uppgraderar, kontinuerligt de äldre jordartsgeologiska kartorna. Här redovisas resultat från uppgraderingen av fyra kartblad vilka ursprungligen givits ut i SGU:s kartserie Ae (fig. 1), Uppsala NV (Möller 1993), Uppsala SV (Möller & Stålhös 1971), Enköping SO (Möller 1977) samt Enköping SV (Möller 1985). Dessutom redovisas resultat från delar av kartbladen Östhammar SV (Ae53) Söderfors SO (Ae 104) som endast uppgraderats längs Uppsalaåsen och Vattholmaåsens sträckningar (Persson 1982, Grånäs 1990). Hela det uppgraderade områdets omfattning visas i figur 1. Kartorna togs fram under perioden 2020–2023. Den äldsta av de äldre kartorna, Uppsala SV, innehåller både information om jordarters och bergarters utbredning. De här beskrivna kartorna omfattar dock endast jordartsgeologisk information. Samtliga dessa äldre kartor med tillhörande beskrivningar kan laddas ner i pdf-format från Geolagret från SGU:s webbplats (www.sgu.se).

Det lösa jordtäcket delas in i olika jordarter med specifika egenskaper vilka är kopplade till de miljöer som de bildats i. I Sverige har jordarterna till största delen bildats under och efter den senaste istiden. Denna period kännetecknas av högst skiftande klimat och miljö, vilket i sin tur har lett till att jordarter med skiftande karaktär många gånger har avsatts på en och samma plats. I rapporten ges en kortfattad beskrivning av hur jordarterna bildats. För att få veta mer om hur Sveriges jordarter har bildats, se Karlsson m.fl. 2021.

Henrik Mikko har varit projektledare för uppgraderingen av samtliga kartblad. Kartbladet Uppsala NV har till största delen uppgraderats av Henrik Mikko. Gustav Sohlenius har arbetat med uppgraderingen av övriga kartblad. Dessutom har Otto Pile, Christina Nysten, Elin Norström, Robin Blomdin, Lina Nolin Nyström, Maria Forsgård och Simon Larsson deltagit. De undersökningar av sura sulfajordar som beskrivs i rapporten utfördes av Saga Olsson och Elsa Lindgren. Den profil som visas i figur 18 har tagits fram av Eva Wendelin.



Figur 1. Fyra äldre kartblad i SGU:s serie Ae har upgraderats och finns tillgängliga i SGU:s databas Jordarter 1:25 000–1:100 000. Dessutom har områden som utgör Uppsalaåsens och Vattholmaåsens grundvattenmagasin upgraderats.

Jordartsgeologisk information – metodik och datamängder

Jordartskartans uppbyggnad

Den upgraderade jordartskartan är avsedd att kunna presenteras i skala 1:25 000. Även om det förstås går att titta på kartan i en större skala så är det viktigt att tänka på att gränserna mellan olika jordarter har osäkerheter som gör att kartan inte är tillförlitlig i en allt för stor skala.

Jordarterna benämns dels utifrån den miljö där de avsatts, dels utifrån deras kornstorleksfördelning och innehåll av organiskt material. I en SGU-rapport Karlsson m.fl. (2021) beskrivs mer utförligt hur de jordarter som visas på kartorna har klassificerats.

Jordartskartan är uppbyggd av tre yttäckande lager samt punkt- och linjeobjekt. På kartan symboliseras de olika jordarterna med färger. De tre yttäckande lagren består av: **1)** Grundlagret vilket i de flesta sammanhang utgör det viktigaste lagret. Detta lager finns i hela det undersökta området och visar jordarternas fördelning på cirka 0,5 m djup. **2)** Tunna och osammanhängande

jordlager överlagrar i vissa områden grundlagret. I sådana områden kan det finnas en ytlig jordart som är tunnare än 0,5 m eller så har den ytliga jordarten en osammanhängande utbredning som fläckvis är tjockare än 0,5 m. På många platser redovisas exempelvis ett tunt torvlager vilket överlagrar den jordart som utgör grundlagret. I andra fall kan det finnas ett osammanhängande moränlager som överlagrar berget, och som på vissa platser saknas helt, medan det på andra platser kan överskrida 0,5 m. **3)** Djuplagret redovisas i vissa områden där det finns kännedom om jordarter belägna djupare än 0,5 m, det vill säga jordarter som underlagrar grundlagret. På de här redovisade kartorna visas djuplagret främst i områden där det förekommer fyllnadsmassor (grundlager) vilka överlagrar andra jordarter (djuplager). I många områden underlagras dock grundlagret av andra jordarter som inte redovisas eftersom det finns otillräcklig kunskap om detta lagers utbredning. Det finns dessutom ett skikt som i områden med morän visar markytans frekvens av yttligt liggande block.

Punktobjekten representerar dels objekt som är för små för att utgöra en yta på kartan (till exempel små hållar), dels andra företeelser med liten utbredning, främst källor och stora block. Linjeobjekten används för att visa morfologiska företeelser i det lösa jordtäcket, som till exempel strandvallar och ändmoräner. Skärningar där berget genom sprängning frilagts, samt kanten på berg- och jordtäkter, redovisas som linjeobjekt.

Metodik för uppgradering av äldre jordartskartor

Uppgradering syftar främst till att ta fram digitala kartor som jämfört med de äldre kartorna har en väsentligt förbättrad geografisk noggrannhet. I vissa fall sker även omtolkningar av jordartsgeologin. De äldre jordartskartorna togs fram utan tillgång till de digitala hjälpmedel och data som finns tillgängliga idag, och det var exempelvis inte möjligt att använda GPS för att bestämma läget för de objekt som kartlades. De äldre kartorna togs dessutom fram för att kunna åskådliggöras i tryckt form, vilket gör att vissa jordarters utbredning förstörades upp för att bli synliga. Idag används jordartskartorna ofta i geografiska informationssystem (GIS) där de kan användas för att göra olika typer av analyser. Det är då viktigt att ytorna i kartan i så stor utsträckning så möjligt återspeglar jordarternas verkliga geografiska läge och passar ihop med andra geodata.

Idag finns högupplöst topografisk information, med en upplösning på 1x1 m, som har tagits fram genom att från flygplan skanna landskapet med laser ”*Light detection and ranging*” (LiDAR). Eftersom det finns en korrelation mellan topografi och jordart används idag LiDAR-data för att korrigera de jordartsgränser som finns på äldre jordartskartor. Detta gör att det nu är möjligt att ta fram kartor med en betydligt bättre geografisk noggrannhet. Detta arbete görs genom att använda de äldre jordartskartorna och sedan med hjälp av höjdmodellen flytta gränser så att de bättre stämmer med de verkliga förhållandena. Högupplöst höjddata (från LiDAR) gör det även möjligt att med stor noggrannhet lägga in olika formelement i jordtäcket. Även om höjddata är den viktigaste informationen vid uppgraderingen används även annan information så som flygfoton, Lantmäteriets fastighetskarta och fältkartorna från den tidigare kartläggningen. De senare innehåller ibland information som inte redovisades på de tryckta kartorna. Dessutom användes resultaten från en modellering som gjorts för att ta fram en nationell karta som visar områden där torv förekommer (Ågren m.fl. 2022).

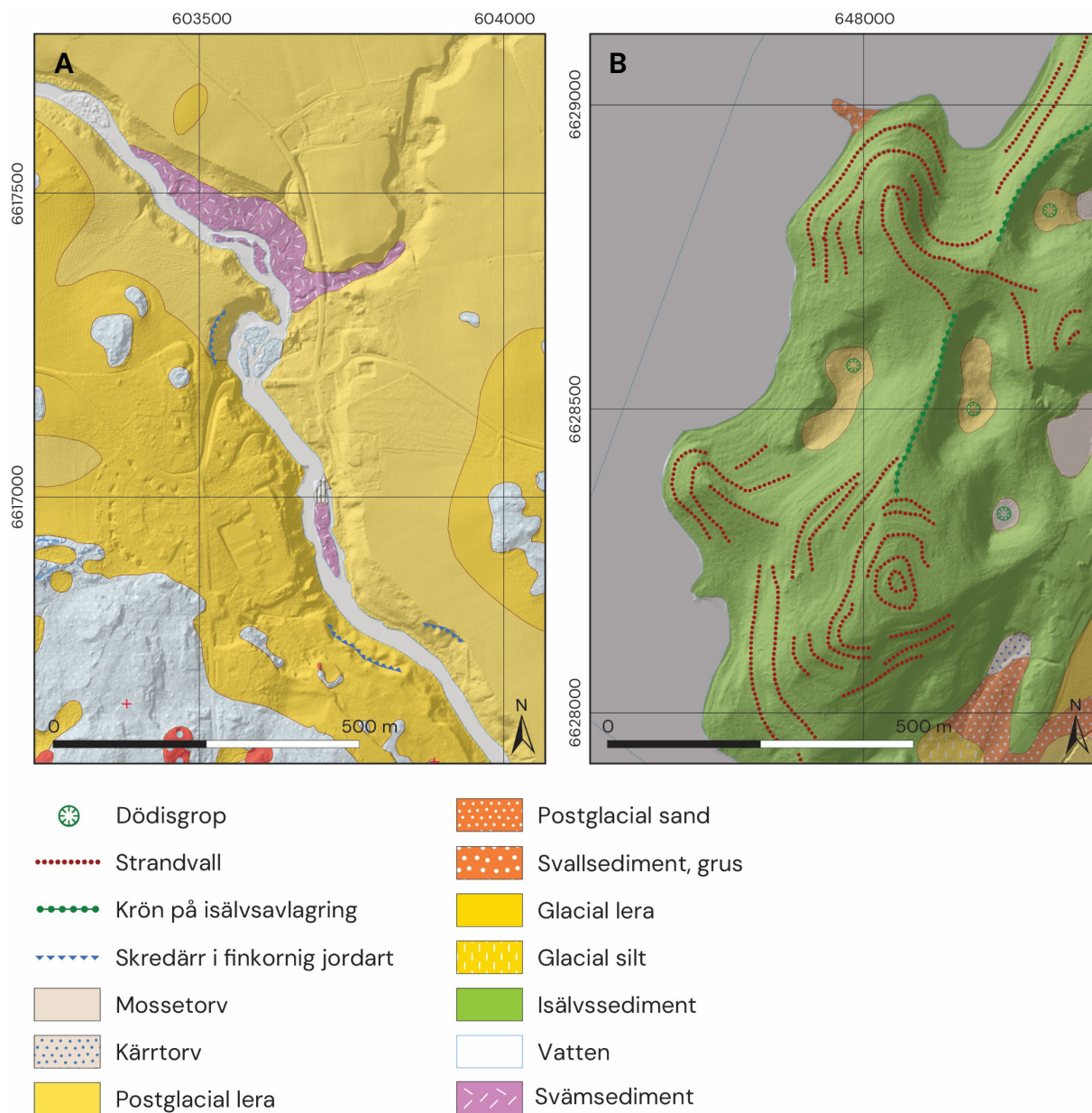
Omtolkningen av de äldre kartorna sker digitalt med hjälp av geografiskt informationssystem (GIS). En ny preliminär jordartskarta med utgångspunkt från LiDAR och annan geografisk information tas fram. I de fall avgränsningarna mellan jordarter från den äldre kartan inte sammanfaller med höjddata flyttas gränsen till ett mer sannolikt läge. Omtolkningar av jordartsgeologin kan förekomma om LiDAR eller annan information visar att den tidigare jordartskartan inte ger en rimlig bild av jordartsfördelning. Det är exempelvis möjligt att med LiDAR identifiera hållar och mindre jordartsytor vilka missades vid tidigare kartläggning. Figur 2 visar exempel på

två uppgraderade områden där det har varit möjligt att med högupplöst höjddata identifiera olika formelement i jordtäcket.

På SGU pågår ett arbete där äldre kartor successivt uppgraderas enligt en fastställd kartplan vilken utgår från samhällets behov av jordartsgeologisk information. Den uppdaterade kartan som presenteras i denna rapport har tagits fram genom att utgå ifrån de gamla jordartskartorna (Möller & Stålhös 1971, Möller 1977, Möller 1985, Möller 1993, samt från mindre delar av Persson 1982, Grånäs 1990). Dessa äldre kartor har delvis relativt stora osäkerheter då de togs fram utan hjälp av GPS, och i vissa fall fanns endast översiktliga underlagskartor att tillgå. Speciellt i områden med skog eller annan tät vegetation var det sannolikt svårt att med hög noggrannhet orientera sig och de äldre kartorna har i sådana områden en relativt stor osäkerhet. De analoga tryckta papperskartorna digitaliserades under 1990-talet. Denna överföring gav upphov till ytterligare brister i precision och upplösning (Karlsson m.fl. 2021).

Eftersom det har utförts omfattande fältarbete i samband med den tidigare kartläggningen så gjordes vid uppgraderingen enbart kompletterande fältkartläggning. Fältkontrollerna gjordes både till fots i terräng och längs vägnätet. Vid fältarbetet prioriterades områden där den gamla jordartskartan helt hade omtolkats samt i områden med svårtolkad geologi. I vissa fall kan det exempelvis vara det svårt att i GIS bedöma vilka jordarter som förekommer på en plats eller hur en viss jordart ska avgränsas mot en annan. Speciellt fokus lades på att i fält kontrollera isälvsavlagringarnas avgränsning mot andra jordarter.

I samband med uppgraderingen gicks fältanteckningar från den tidigare kartläggningen igenom. Det visade sig då att många av de jordlagerföljder som finns i SGU:s databaser inte innehåller all den information som registrerades i samband med kartläggningen. Databasen för jordlagerföljder kompletterades därför så att tillgänglig information nu finns i databasen. Dessutom lades ett antal jordlagerföljder som tillkommit efter den tidigare kartläggningen in i databasen.



Figur 2. Två uppgraderade områden. **A.** Sagån väster om Enköping. **B.** Uppsalaåsen vid Mорга 10 km söder om Uppsala. Kartorna visar både jordartskartan och höjddata som används vid uppgraderingen. På kartan från Sagån syns skillnaden mellan de flacka lerområdena och moränområden som sticker upp ur leran. Dessutom syns hur ån eroderat sig ner genom leran vilket gett upphov till flera skred (blå linjer). Vid Mорга syns rullstensåsen med markanta dödisgropar och strandlinjer som bildats längs åssidorna. I texten nedan beskrivs de olika jordarter och formelement som visas i figurerna.

Skillnader mellan den nya och tidigare jordartskartan

I figur 3 visas ett exempel på hur jordartskartan förbättrats vid uppgraderingen. Där framgår exempelvis att den nya kartan på ett bättre sätt visar avgränsningen mellan flacka lerområden och högre liggande moränområden.

Tidigare har områden med både hållar och tunt jordtäckte redovisats som områden vilka helt domineras av hållmark. På den uppgraderade kartan används tunt och osammanhängande jordtäckte för att symbolisera områden där det dels finns synliga hållar, dels ett jordtäckte. I de

flesta fall utgör jordtäcket då ett tunt lager av morän. Områden med större sammanhängande hållmark har däremot kartlagts som berg. Det samma gäller även vissa mindre blottlagda hållar. På den uppgraderade kartan är tunt och osammanhängande jordtäck mycket vanligt förekommande. På de äldre kartorna redovisas små hållar som ytor vilkas storlek ofta överdrevs för att synliggöra dem på de tryckta kartorna. På de uppgraderade kartorna redovisas hållar som är mindre än 5 x 5 m som punktojekt.

Glacial och postglacial lera har ibland avgränsats på ett annat sätt än tidigare, vilket sannolikt beror på att man tidigare inte har haft tillgång till högupplöst topografisk information och därmed inte har kunnat skilja de flacka områdena med postglacial lera från topografiskt undulerande områden med glacial lera. Glacial lera förekommer ofta i direkt anslutning till morän. Små områden med lera omgivna av morän har därför på den nya kartan konsekvent klassats som glaciallera. Vissa av dessa ytor redovisas på de äldre kartorna som postglacial lera, vilket antagligen beror på att det ibland kan vara svårt att skilja dessa jordarter åt. På de äldre kartorna skiljde man i vissa områden på postglacial finlera och grovlera där den förra har en högre lerhalt än den senare. Vid uppgraderingen gör man inte denna åtskillnad då det bedöms som för svårt i fält att skilja dessa lertyper åt, och att osäkerheten därför blir allt för stor.

Speciellt i skogsmark har många ytor på den gamla kartan hamnat geografiskt fel, sannolikt eftersom de översiktliga kartunderlag som användes vid kartläggningen gjorde att det var svårt att orientera sig. Då kartbladet Uppsala SV (Stålhös & Möller 1971) kartlades användes dessutom väldigt översiktliga fältkartor i skala 1:50 000 vilket troligen är en förklaring till att den kartan har relativt stora geografiska fel. Med hjälp av LiDAR blir dessa felaktigheter ofta tydliga och kan korrigeras. Vidare finns det i framför allt skogsmark små områden med lera eller torv som inte noterades vid den tidigare kartläggningen. Sådana områden har i detta arbete många gånger kunnat identifieras med hjälp av höjdmodellen samt i vissa fall med stöd av den torvkarta som tagits fram på SLU (Ågren m fl 2022).

Många ändmoräner har tidigare lagts ut som linjeobjekt på ytor som utgörs av annan jordart, ofta olika typer av lera. Även på den uppgraderade kartan markeras ändmoräner som linjeobjekt men då dessa ryggas i de flesta fall utgörs av ytligt liggande morän har de nu definierats som ytor. Det kan i enstaka fall finnas morfologiskt synliga ändmoräner som täcks av lera. De har då markerats med ett linjeobjekt medan jordarten på platsen definierats som lera.

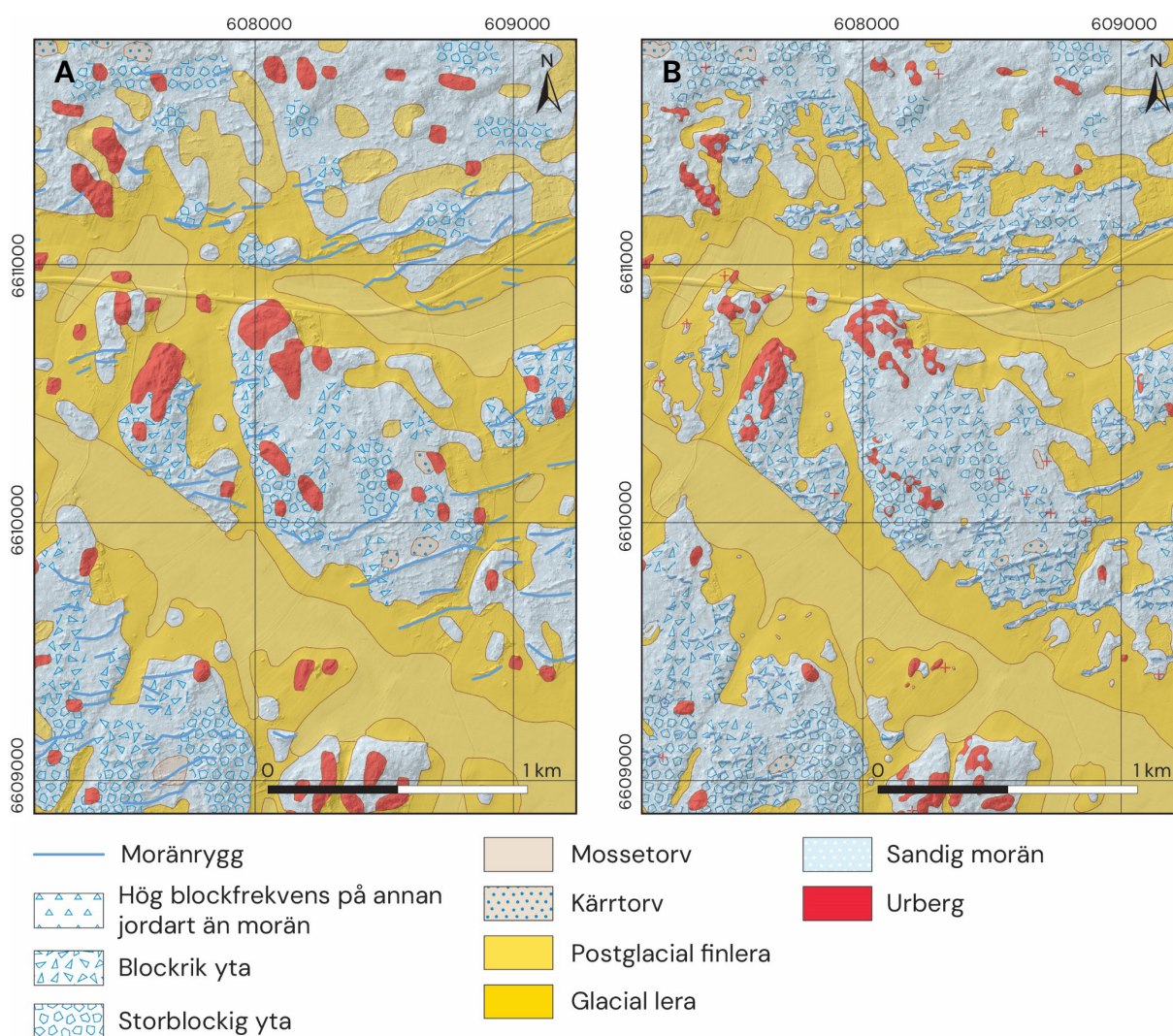
På kartbladet Uppsala NV (Möller 1993) skiljdes inte gyttjelera/lergyttja från postglacial lera vilket innebär att alla dessa gyttjesediment redovisades som postglacial lera. En orsak till detta var sannolikt att det i fält är svårt att skilja dessa två jordarter åt. Vid uppgraderingen togs cirka 30 prover i områden där det bedömdes att lergyttja/gyttjelera förekommer. Dessa analyserades sedan med avseende på organisk halt. Resultatet från analyserna användes sedan tillsammans med information från de gamla fältkartorna för att skilja de två jordarterna åt. Den uppgraderade kartan redovisar följaktligen områden med gyttjelera/lergyttja men avgränsningen mellan denna jordart och postglacial lera får betraktas som relativt osäker.

Områden som tidigare klassats som svallgrus har i stor utsträckning nu klassats som svallad morän, det vill säga områden där finmaterial vid landhöjningen svallat ut från moränen. Detta har gjorts för att visa att moränens sten- och grusdominerade ovenskikt inte är en effekt av att grus avsatts på platsen, utan att det finmaterial som tidigare fanns i den ytliga moränen eroderat bort. Den svallade moränen visas dock inte i SGU:s visningstjänster men redovisas däremot i den databas som kan användas i GIS.

Många platser har bebyggts och täckts med fyllnadsmassor efter den tidigare kartläggningen. Sådana områden har kartlagts som fyllning i de fall där det är tydligt att fyllnadsmassor har lagts ovanpå jordtäcket. Informationen från den tidigare kartläggningen har då använts för att i

djuplagret ange vilka jordarter som ligger under fyllningen. Ett exempel på ett område med stora arealer fyllnadsmassor är Arlanda flygplats med omgivning (Möller & Stålhös 1971) där stora förändringar skett sedan den äldre jordartskartan togs fram för mer än femtio år sedan.

I samband med kartläggningen av Enköping SV besöktes flera av de områden där det ska finnas torv enligt den modellerade torvkarta som Ågren m.fl. (2022) har tagit fram. På flera platser som besöktes saknades dock torv. På dessa platser fanns oftast olika typer av lera, ofta lergyttja. De platser där torv inte hittades var påverkade av diken vilket antagligen lett till att torven oxiderat bort. Däremot stämmer modellen väl överens med SGU:s observationer då det gäller att förutsäga förekomsten av torv i områden som i mindre utsträckning är påverkade av diken.



Figur 3. Resultat från uppgraderingen av ett område inom kartbladet Enköping SV. **A.** Gamla kartan (Möller 1985). **B.** Nya kartan. Det är tydligt att gränsen mellan morän (blå) och lera (gult) nu redovisas på ett betydligt mer detaljerat sätt. Flera områden som tidigare kartlagts som berg (rött) redovisas nu som tunt eller osammanhängande jordtäckte (rött med vita prickar). Flera platser med små hållar redovisas nu som punktojekt (röda plus). Gränsen mellan postglacial och glacial lera (ljus respektive mörkare gul färg) har däremot i många fall ändrats marginellt. I den norra delen av området har dock flera små lerområden vilka tidigare klassades som postglacial lera, men som nu klassas som glacial lera.

Slutsatsen är därför att modellen kan förutsäga var det finns förutsättning för torv, men eftersom torvlagren ibland oxiderat som en effekt av diken så stämmer inte modellen alltid. Modellen är dock användbar för att förutsäga var torv kan förekomma och då speciellt i områden med äldre eller översiktliga jordartskartor. Eftersom vi endast hade tillgång till torvmodellen i slutet av detta projekt kunde vi inte använda den på samma sätt som vi annars skulle ha gjort.

Den nya jordartskartans osäkerheter

Eftersom många jordarter skiljer sig tydligt åt då det gäller marköverytans morfologi kan den detaljerade LiDAR-informationen användas för att med hög precision skilja flera jordarter från varandra. I vissa fall är dock de morfologiska skillnaderna inte tillräckligt stora för att med hög noggrannhet avgränsa två jordarter från varandra.

Gränsdragning mellan morän och vattenavsatta sediment så som lera och sand kan ofta definieras med en hög precision. Även gränsdragningen mellan torv och morän samt större områden med hållmark syns ofta tydligt i höjddata. Gränsdragningarna mellan glacial och postglacial lera, samt mellan postglacial lera och gytjelera, kan däremot vara svåra och får därför betraktas som relativt osäkra. Flacka större områden med lera utgörs ofta av postglacial lera. Den glaciala leran har däremot ofta en svag lutning och ibland en undulerande överyta. Den glaciala leran ligger ofta i direkt anslutning till den topografiskt högre liggande moränen medan de flacka ytorna med postglacial lera oftast ligger på topografiskt lägre nivåer. På vissa platser finns lergyttja i de lägst liggande delarna av lertäckta dalgångar. Denna lera ligger ofta i direkt anslutning till postglacial lera. Eftersom det ofta är svårt att avgränsa dessa två jordarter från varandra har den avgränsning som finns på den äldre kartan många gånger använts utan att korrigeras. På kartbladet Uppsala NV hade dock inte lergyttja tidigare avgränsats från postglacial lera och det var därför nödvändigt att dra helt nya gränser.

Arbetet med uppgraderingen har visat att det finns många, speciellt mindre, hållar som aldrig dokumenterades vid den äldre kartläggningen men som nu har kunnat upptäckas med höjddata. Många av dessa hållar ligger på platser med tät vegetation och har därmed inte registrerats tidigare. Vid fältkontrollerna framkom det dock att det finns en hel del små hållar som inte har kunnat upptäckas med hjälp av LiDAR och att det därför sannolikt finns ett stort antal hållar som inte heller redovisas på de uppgraderade kartorna.

Det är på många platser svårt att avgränsa isälvsmaterial från den postglaciala sand som ofta omger dessa avlagringar. Ofta har marköverytans morfologi använts för att göra denna avgränsning. Då har flacka ytor klassificerats som postglaciala sediment medan kuperade åsformer bedömts utgöra isälvs sediment. Ibland finns även skärningar eller annan stratigrafisk information som kan användas som stöd vid tolkningarna. Det är dock ganska vanligt att svallsediment förekommer på åsarnas sluttningar. Eftersom svallsediment i stor utsträckning underlagras av lera medan isälvs-avlagringarna utgör grundvattenmagasin är det viktigt att på bästa möjliga sätt avgränsa dessa jordarter. Kunskapen om att lera kan underlagra sand kan även vara av stor vikt vid planering av infrastrukturprojekt. Detta eftersom lerjordar kan förorsaka stabilitetsproblem.

Morän redovisas nästan uteslutande som sandig morän på jordartskartan. Även om denna moräntyp säkert helt dominerar området förekommer det med all sannolikhet mindre områden med en annan kornstorlekssammansättning. Detta bekräftas av tidigare resultat från kornstorleksanalyser vilka visar att det förekommer både lerig och grusig morän i det kartlagda området. Det har dock inte varit möjligt att i fält definiera specifika ytor där dessa moräntyper förekommer. Markytans frekvens av block kan i många områden vara underskattad då blocken många gånger täcks av mossa och lågväxande vegetation. Detta gör att arealerna rik- och storblockig morän kan

vara underskattad på kartan. Denna slutsats stöds av observationer av markens blockighet som gjorts på kalhyggen och andra platser där den ytliga vegetationen tagits bort eller skadats.

I detta område, liksom på många andra platser i Sverige, är skillnaden mellan jordarterna morän och isälvsmaterial inte alltid uppenbar. Många gånger utgör avlagringarna en blandning av isälvs-material, avsatt av isens smältvatten, och morän, avsatt direkt av inlandsisen. Vid fältkontrollerna besöktes flera enskilt liggande ytor som tidigare klassats som isälvsmaterial. Då bedömdes att vissa av dessa avlagringar till övervägande del består av morän och de har därför nu i stället klassats som morän, i vissa fall som grusig morän. Dess avlagringar innehåller visserligen en hel del sorterat material men i de fall morän är den dominerande jordarten har de klassats om. På samma sätt kan områden som på kartan klassificerats som isälvsmaterial innehålla en del morän-material, och det är inte ovanligt att det förekommer moränblock på isälvsavlagringarna.

I skogsmark finns en hel del små ytor med lera och torv vilka aldrig identifierades vid den första kartläggningen, och det finns därför ingen fältbedömning som visar vilken jordart som finns på dessa platser. Det är ibland svårt att med höjddata bedöma om dessa små ofta utdikade områden ska klassificeras som lera eller torv. Det förekommer därför sannolikt mindre ytor med dessa jordarter som är felaktigt klassificerade på jordartskartan. Även vid den tidigare kartläggningen noterades att det finns ett stort antal små ytor med glaciallera och sand i höjdområdena vilka inte kunde upptäckas och avgränsas, och som därmed inte redovisas på kartan. Dessutom finns det på många platser smala stråk med glacial lera i övergången mellan lera och morän/berg, som inte redovisas på kartan.

I många områden finns isälvsmaterial på djupet under andra jordarter så som lera och sand. Detta djuplager finns dock inte med på den nya jordartskartan. Isälvsmateriallets ungefärliga utbredning på djupet framgår dock av de avgränsningar av grundvattenmagasin som SGU gjort (se kartvisaren *Grundvattenmagasin* på SGU:s webbplats). Osäkerheten för dessa avgränsningar varierar med mängden tillgängliga data som visar jordarternas egenskaper på djupet.

Annan information som kan användas tillsammans med jordartskartan

I SGU:s databaser finns, förutom jordartskartor, stor mängd data som kan användas för att förstå jordarternas egenskaper och bildningssätt i det aktuella området. Dessa data går till stor del att titta på i SGU:s kartvisare. Jordartskartan och en hel del ytterligare data kan dessutom laddas ner fritt från SGU:s webbplats för användning i GIS.

Här listas tillgänglig jordartsrelaterad information som inte ingår i den uppgraderade jordartskartan men som kan laddas ner från SGU:s webbplats och till stor del visas i SGU:s kartvisare.

Resultat från **jordartsanalyser** kan laddas ner som öppna data från SGU:s webbplats och ger främst kunskap om de vanligaste jordarternas kornstorlekssammansättning, men ger även viss information om jordarternas innehåll av kalk och organiskt material. I tabell 1 har analysdata från det här aktuella området sammanställts.

Isräfflor på hällar visar från vilket håll inlandsisen rört sig. I de flesta fall kan dessa räfflor antas ha bildats strax innan isen försvann från platsen. På vissa hällar finns dock räfflor med olika riktningar där det i skyddade lägen kan finnas räfflor från äldre skeden. I figur 4 redovisas de räfflor som dokumenterades vid den tidigare kartläggningen.

Jordlagerföljder visar resultat från grävningar och borrhningar, vilket ger information om jordarternas fördelning på djupet. I samband med kartläggningen av grundvatten har delar av denna information använts. I samband med uppgraderingen har databasen för jordlagerföljder

delvis förbättrats. Dels har data från externa aktörer (till exempel Trafikverket) lagts in, dels har den information som tidigare fanns i databasen till stor del kompletterats så att den information som finns i fältanteckningarna har inkluderats. I **Brunnsarkivet** finns ytterligare information som samlats in i samband med installation av brunnar och visar totalt jorddjup och i vissa fall de olika jordlagrens mäktighet.

Sura sulfatjordar. Det finns ett antal observationer från det uppgraderade området vilka visar att dessa jordar förekommer i området.

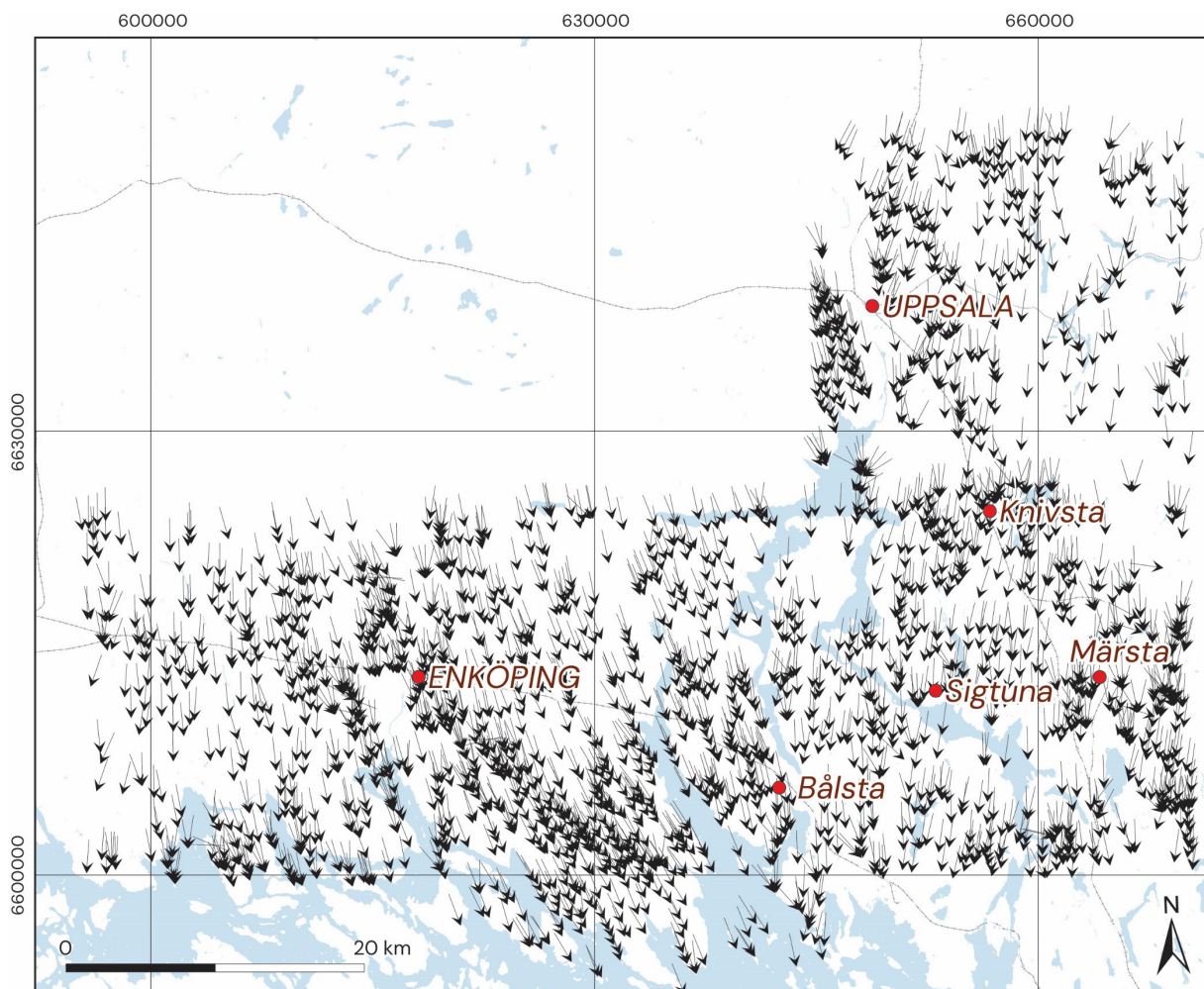
Markgeokemi visar resultat från analyser av moränens kemiska sammansättning.

Information om jordlagrens totala mäktighet har använts för att ta fram en nationell **jorddjupsmodell** (Daniels & Thunholm 2014). Modellen bygger på SGU:s samlade data om jordarternas fördelning på yta och på djupet. På många platser saknas dock information om jorddjup vilket gör att modellens tillförlitlighet varierar.

I det här aktuella området finns dessutom två **3D-modeller** som visar de vanligaste jordarternas utbredning på djupet. Den ena omfattar de delar av Enköpingsåsen som ligger kring Enköping (Forsgård 2020) medan den andra omfattar de delar av Uppsalaåsen som ligger kring Uppsala (Wendelin & Mikko 2020). I nuläget finns dessa modeller inte tillgängliga på SGU:s webbplats, men kan beställas från SGU:s kundservice.

Den karta som redovisas i denna rapport omfattar endast landområden. SGU har även tagit fram en karta som på ett likartat sätt visar **jordarternas fördelning på Mälarens botten**. Denna karta har tagits fram efter att botten på sjön har undersökts med maringeologiska metoder.

För jordbruksområden finns en **digital åkermarkskarta** (Lerhaltskartan) som visar kornstorleksfördelningen i jordbruksmarkens matjord (Söderström & Piikki 2016). Denna karta omfattar all jordbruksmark i södra Sverige, upp till och med Hälsingland, och ger jämfört med jordartskartan en mer detaljerad information om de uppodlade jordarnas kornstorleksfördelning. Åkermarkskartan kan laddas ner från SGU:s webbplats. Arbetet har utförts av forskare på SLU och har delvis finansierats av SGU. Kartan har tagits fram genom modellering där bland annat SGU:s flyggeofysiska data och jordartskartan använts.



Figur 4. Genom att mäta riktningen på isräfflor som ibland förekommer på hållar har det varit möjligt att rekonstruera från vilket håll den senaste inlandsisen rörde sig. I de flesta fall har räfflorna bildats strax innan inlandsisen smälte bort men i vissa fall finns även äldre räffelriktningar bevarade. Kartan visar de räfflor som uppmättes vid den tidigare jordartskartläggningen av området. Den dominerande isrörelseriktningen är från norr men i vissa områden är riktningen mer nordvästlig och i andra mer nordöstlig. I figuren syns bara de räfflor som förekommer inom det här beskrivna området.

Jordarternas praktiska användning och miljöpåverkan

Generell markanvändning

Det finns en tydlig koppling mellan jordarternas egenskaper och markanvändning. De lerjordar som finns i Mälarenregionen är bland de bördigaste som finns i landet och används därför i stor utsträckning som jordbruksmark. Lerornas höga lerhalt ger förutsättningar för en hög kapacitet att hålla kvar vatten och näringsämnen. Morän och hållmark utgörs av magrare, ofta blockrik, mark som därför till stora delar täcks av skog. På kartbladet Uppsala NV finns dock ett område med uppodlad lerig morän. Utbredningen av moräntyp visas dock inte på jordartskartan. Det finns även en mindre andel områden där sand och torvjordar är uppodlade. Tidigare var det

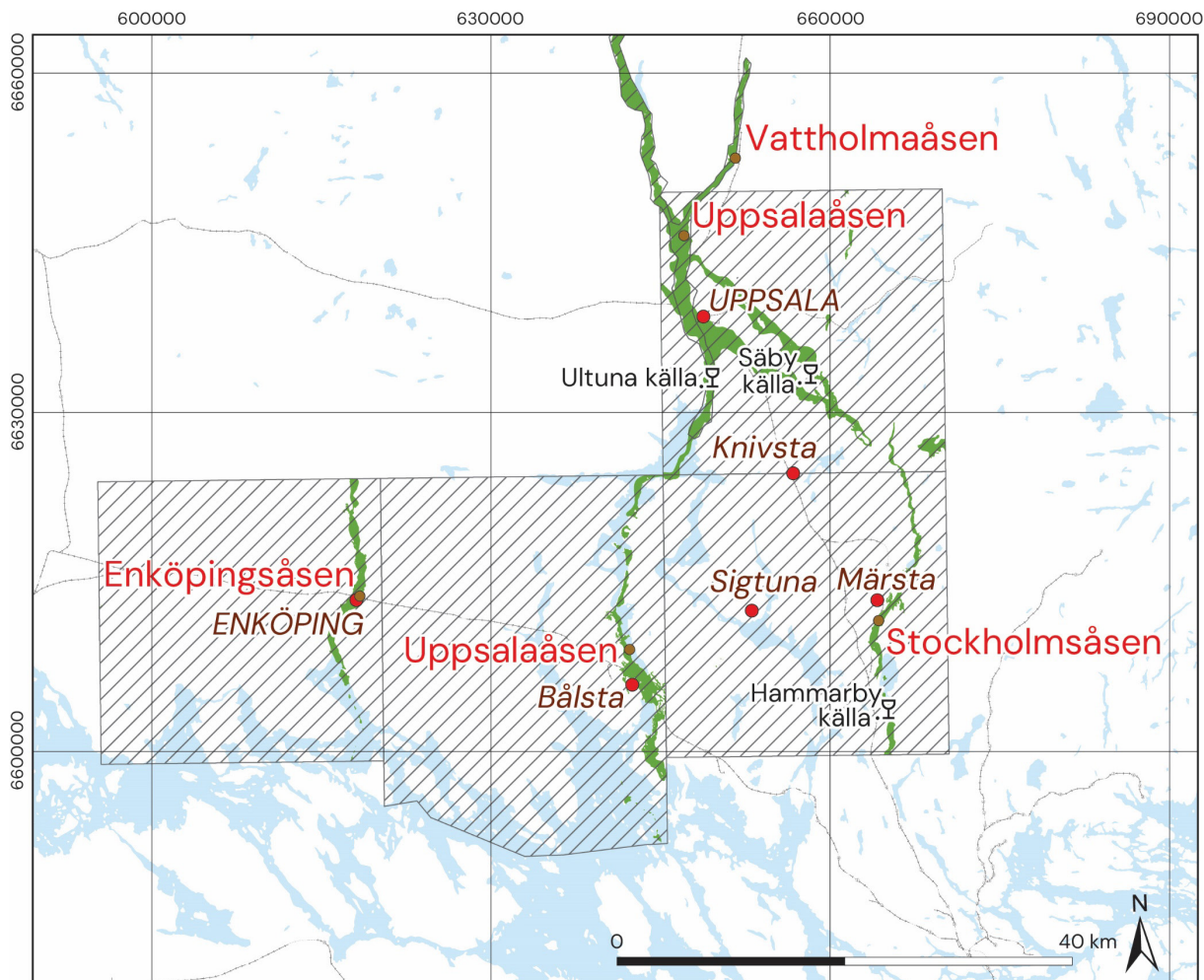
vanligt att mindre ytor med lera i morän- och hälldominerade områden odlades upp men dagens jordbruk har högre krav på lönsamhet och därför har många av dessa små lerområden övergått till skogsmark.

Äldre bebyggelse är till stor del knuten till områden där marken har stor bärighet, främst moränmark, isälvsmaterial och områden med inget eller oregelbundet jordtäck. Detta eftersom dessa jordarter ligger relativt högt och därmed torrt, samt att de inte är känsliga för marksättningar. Mer modern bebyggelse och infrastruktur är dock inte i samma utsträckning styrd av jordarternas utbredning. Detta eftersom dagens teknik möjliggör byggnationer på de flesta underlag. Städer som Uppsala och Enköping kännetecknas därför av en äldre bebyggelse som till stor del är belägen i relativt höga topografiska lägen med väldränerade jordar. Redan under medeltiden fanns dock lägre bebyggelse i de lerområden som idag utgör Uppsala centrum. Under det senaste århundradet har städerna i större utsträckning expanderat ut över omgivande lerområden. Det kan dock vara förknippat med högre kostnader att bygga i områden med lerjordar eftersom dessa ofta sjunker ihop, sätter sig, i samband med det ökade marktryck som uppstår då de bebyggs, eller som en effekt av att grundvattenytan sänks genom markavvattning. För att kunna bedöma vilka åtgärder som krävs för att bebygga ett visst område krävs därför kunskap om jordarternas utbredning och egenskaper.

I många områden med finkorniga sediment har grundvattenytan sänkts för att möjliggöra odling. Detta är speciellt vanligt i de topografiskt lägst liggande områdena där postglacial lera och ler-gyttja ofta förekommer. På samma sätt har många torvmarker dikats ut för att förbättra förutsättningar till jord- och skogsbruk. Detta har lett till att torven i dessa tidigare våtmarker har kompakterats och börjat oxidera. Eftersom denna oxidation leder till att koldioxid avgår till atmosfären bidrar detta till den globala uppvärmningen. Idag återställs därför grundvattennivån i många dikade våtmarker för att därmed minska avgången av växthusgaser. Det finns flera exempel på sådana återställda våtmarker i det här aktuella området. De flesta av dessa har anlagts med det främsta syftet att fånga upp näringsämnen från jordbruket. På SGU:s webbplats finns mer information om restaurering av våtmarker.

Jordartskartan kan användas för att ge en översiktlig uppfattning om hur lättframkomligt ett område är för terrängfordon. Områden där moränen är rik- eller storblockig är generellt mer svårframkomliga. Även torvmarker är generellt svårframkomliga då fordon lätt kan köra fast.

Jordarternas egenskaper gör att det kan vara mer eller mindre lätt att gräva i dem, vilket kan påverka kostnader vid olika typer av byggprojekt. Jordartskartan kan här ge ett visst stöd för att identifiera områden med mer eller mindre grävbar jord. Generellt är vattenavsatta jordarter som sand och lera lätta att gräva i medan morän, speciellt om den är blockig, är svårare att gräva i. I områden med tunna jordlager eller hållmark krävs ofta sprängarbeten för att ta sig ner i marken.



Figur 5. De största grundvattenmagasinen i området utgörs av tre isälvsavlagringar: Enköpingsåsen, Uppsalaåsen och Stockholmsåsen. Av dessa är Uppsalaåsen det både till ytan och kapacitet största. Kartan visar bara de delar av magasinerna som ligger inom det område som beskrivs i denna rapport. Tre av områdets största källor är markerade på kartan.

Grundvatten

Inom området finns tre stora isälvsavlagringar: Enköpingsåsen, Uppsalaåsen och Stockholmsåsen, vilka alla utgör viktiga grundvattenförekomster (fig. 5). De stora isälvsavlagringar som visas på jordartskartan utgör grundvattenmagasin av stort värde för samhället. För den som vill veta mer om dessa grundvattenmagasin finns information i SGU:s kartvisare dessutom finns data som kan laddas ner från myndighetens webbplats. Det finns flera kartbeskrivningar som beskriver vissa av magasinerna (Thorsbrink & Vikberg Samuelsson 2019a, b, Vikberg Samuelsson & Thorsbrink 2019, Söderholm 2010 & 2017). För två av de stora grundvattenmagasinen har SGU producerat 3D-modeller för delar av Uppsalaåsen (Wendelin & Mikko 2020) och en för Enköpingsåsen (Forsgård 2020).

Grundvattenmagasinen sammanfaller till stor del med de isälvsavlagringar som redovisas på jordartskartan. I många områden täcks dock isälvsaterialet och därmed grundvattenmagasinen av andra jordarter, främst lera. I sådana områden går det därför inte att med utgångspunkt från jordartskartan se grundvattenmagasinens utbredning. SGU:s grundvattendata visar dock även områden där magasinerna täcks av andra jordarter, och i kartvisaren kan man enkelt se var det finns magasin som täcks av andra jordarter och var magasinerna utgörs av isälvsmaterial som når

markytan. I SGU:s data finns dessutom uppgifter om magasinens uttagskapacitet för vatten samt ibland hur grundvattnet rör sig i marken. Grundvattenmagasinen visas även på den Vattenkarta som Länsstyrelserna, Vattenmyndigheterna och HaV gemensamt ansvarar för. Se fliken Kartor på viss.lansstyrelsen.se.

Uppsalaåsen är det grundvattenmagasin som har störst kapacitet för uttag av vatten och har en avgörande betydelse för Uppsalas vattenförsörjning (till exempel Vikberg Samuelsson & Thorsbrink 2019). Trots magasinets höga kapacitet räcker den naturliga förekomsten av vatten inte till och för att tillgodose behovet. Magasinet måste därför fyllas på genom att vatten från Fyrisån leds upp på åsen och renas genom att det filtreras genom åsmaterialet innan det når grundvattnet. Sydost om Uppsala finns isälvsavlagringar som utgör grundvattenmagasin vilka nästan helt är täckta av lera (Thorsbrink & Vikberg Samuelsson 2019a & b). Dessa lertäckta avlagringar är dock mindre än det stora grundvattenmagasin som finns i Uppsalaåsen. Norr om Uppsala ansluter den mindre Vattholmaåsen till Uppsalaåsen. Även Vattholmaåsen är ett grundvattenmagasin med relativt stor kapacitet som delvis täcks av lera.

Det finns även SGU-rapporter som beskriver grundvattenmagasinen i Stockholmsåsen (Eriksson 2009, Söderholm 2017) och Enköpingsåsen (Söderholm 2010).

De mindre isälvsavlagringar som förekommer i området saknar betydelse som grundvattenmagasin, även om de skulle kunna ha en betydelse för vattenförsörjningen för enskilda hushåll. I området finns flera källor vilka utgör platser med kontinuerligt utflöde av grundvatten. Sådana källor förekommer ofta vid övergången mellan jordarter med låg och hög genomsläpplighet för vatten, till exempel längs åsarna. I figur 5 visas läget för ett par av de största källorna i området. Samtliga dokumenterade källor finns tillgängliga i SGU:s databas för grundvatten.

Eftersom grundvattenmagasinen i de stora isälvsavlagringarna är samhällsviktiga vattenresurser är det viktigt att se till att de inte påverkas negativt av olika mänskliga aktiviteter. Genom att bebygga magasinerna finns det risk att vatten leds bort via hårdgjorda ytor vilket i sin tur leder till en minskning av grundvattenbildningen. I områden där magasinerna täcks av lera kan pålning och sondering dessutom leda till en ökad risk för att föroreningar sprids till grundvattnet. Eftersom isälvs materialet har en hög genomsläpplighet kan föroreningar ofta röra sig relativt snabbt genom marker och därmed nå grundvattnet. På många platser har isälvs materialet brutits ut för att bland annat få ballastmaterial. Det gör att de jordlager som skyddar underliggande grundvatten kan ha försvunnit. På många platser är dock materialet ovanför grundvattenmagasinen redan utbrutet men de delar som ligger djupare och utgör grundvattenmagasin finns till största delen kvar. I vissa fall har täkterna nått ner till underliggande berg vilket indikerar att det på de platserna inte finns så mycket grundvatten.

Eftersom grundvattenmagasinen kan påverkas av föroreningar är det viktigt att identifiera områden där magasinerna snabbt riskerar att påverkas vid en olycka. Generellt rör sig föroreningar och vatten långsamt genom lerjordar men avsevärt snabbare genom sand och grusdominerade jordar. Baserat på jordartskartan har SGU tagit fram en karta som ger en uppfattning om markens genomsläpplighet. Denna karta finns bland SGU:s kartvisare och ger en uppfattning om hur lätt föroreningar från till exempel en olycka kan sprida sig. I de fall grundvattenmagasinen ligger under lager med lera är de bättre skyddade mot föroreningar i jämförelse med de delar där genomsläppligt isälvs material utgör den ytligaste jordarten.



Figur 6. Litet skred vid Knivstaån strax söder om Knivsta. Skredet har inträffat på våren då vattenhalten i jorden är hög samtidigt som vattnet i den lilla ån sjunker (N 6621780, E 657058). Foto: Sara Linderöth, SGU, april 2024.

Sättningar och skred

Skred, raviner och sättningar kan förorsaka stora kostnader och uppkommer främst i ler- och siltjordar. Eftersom det här aktuella området har en relativt stor andel lera finns det på vissa platser förutsättningar för denna problematik. Skred är en sluttningsprocess där stora sjok av jordmassor rör sig ner från en sluttning. Ofta sker skred på våren eller hösten när vattenhalten i jorden är hög och jorden därmed relativt tung (fig. 6). Raviner uppkommer ofta när vattendrag eroderar sig ner genom finkorniga jordar och kan många gånger leda till att värdefull mark förstörs. Både raviner och skred uppstår som en effekt av att marken lutar. Eftersom det här kartlagda området är relativt flackt förekommer, jämfört med i vissa andra delar av landet, skred och raviner endast i begränsad omfattning. Ekonomiska konsekvenser och risker förknippade med dessa företeelser är därmed av mindre betydelse. I områden med lera där vattendrag eroderat sig ner och skapat sluttningar förekommer dock raviner samt spår av mindre skred. Det kanske tydligaste exemplet på detta är Sagån, mellan Enköping och Västerås, där både raviner och spår av skred förekommer (fig. 2). Ett annat exempel är Fyrisån norr om Uppsala där liknande företeelser förekommer. Det finns även exempel på att lerskikt kan förekomma längs de sluttande sidorna på rullstensåsar och där förorsaka skred. Ett exempel på detta finns från Sunnersta söder om Uppsala. Där lades jordmassor upp på Uppsalaåsens sluttning med syfte att förbättra en skidbacke. Detta ledde dock till ett skred. Gunnel Ransed från SGU besökte platsen och kunde konstatera att skredet förorsakats av att det på platsen finns svallsediment som underlagras av ett lerskikt, som i sin tur underlagras av isälvsmaterial. Eftersom markytan på platsen lutar samt att leran har en relativt låg stabilitet kunde ett skred utlösas. I samband med den tidigare jordarts-kartläggning har liknande lerskikt hittats på andra isälvsavlagringar i området.

Vid belastning av vissa jordar kan marken sjunka ihop och sättningar därmed uppstå. Ökad belastning kan uppstå som en direkt effekt av tyngden från till exempel hus och vägar, men också som en effekt av att grundvattenytan ofta sänks i samband med att ett område bebyggs. Inom det beskrivna området är sättningar ett problem på många platser där bebyggelsen underlagras av lera. Speciellt gyttjelerorna har, som en följd av sitt innehåll av organiskt material, en hög vattenhalt vilket i sin tur gör dem sättningsbenägna och instabila. Även om det går att vidta förebyggande åtgärder är det vanligt att sättningar förorsakar problem, speciellt i områden med gyttjesediment och postglaciala leror. Idag finns satelliter som med hög precision kontinuerligt mäter höjd och därmed kan användas för att upptäcka även mycket små förändringar i höjdd. I en studie från Uppsala stad har satellitdata som uppmätts med radar (InSAR) använts för att på detta sätt kvantifiera sättningar i staden (Fryksten & Nilfouroushan 2019). Resultaten visar att området kring ån är speciellt påverkat av sättningar, vilket till stor del beror på att det förekommer postglaciala gyttjehaltiga sediment där. På vissa platser i centrala Uppsala är sättningshastigheten 6 mm/år vilket gett upphov till kostsamma skador på vissa byggnader. Det är även tydligt att många vägar och järnvägar vilka korsar områden med lera är påverkade av sättningar. Eftersom det idag planeras för flera infrastrukturprojekt i området är detta en faktor som är viktig att beakta då den kan leda till höga kostnader.

Jordartskartan visar var lerjordar förekommer och var det därmed kan vara risk för sättningar. Det är dock viktigt att komma ihåg att postglacial sand och svämsediment många gånger kan underlagras av lera vilket gör att även vissa sandjordar kan vara sättningsbenägna. Avgränsningen mellan isälvsediment och postglacial sand är många gånger osäker på jordartskartan, och sandtäckta lerlager kan därför ibland ge upphov till dålig markstabilitet även längs rullstensåsarnas sluttningar.

Sura sulfatjordar

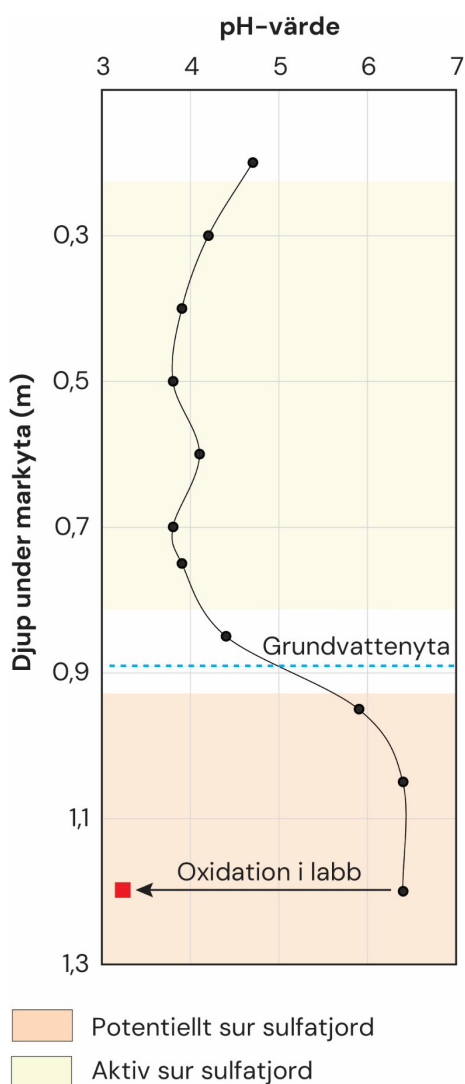
I området finns leror som innehåller organiskt material, gyttjesediment, vilka ibland är sulfidhaltiga. Dessa jordar redovisas på jordartskartan i de flesta fall som lergyttja/gyttjelera. Dessa jordar förekommer ofta i landskapets lägsta områden till exempel runt Mälaren och har ofta, genom landhöjningen, torrlagts under det senaste årtusendet. Om sådana sulfidhaltiga jordar exponeras för luft bildas syra och därmed kan sur sulfatjord ibland uppstå. Sura sulfatjordar kan ha en negativ påverkan på omgivande vattenkvalitet och kan ibland förorsaka perioder med höga koncentrationer av miljöskadliga grundämnen samt lågt pH-värde. I figur 7 visas en typisk djupprofil genom en sur sulfatjord där grundvattenytan sänkts för att möjliggöra uppodling. Ovanför grundvattenytan har den sulfidhaltiga jorden då oxiderat vilket lett till att pH sjunkit. Under grundvattenytan finns fortfarande sulfidjorden eller den potentiellt sura sulfatjorden kvar. Flera undersökningar har visat att ett antal för vattenmiljön skadliga metaller kan läcka ut från sura sulfatjordar (Sohlenius & Öborn 2004).

Sura sulfatjordar har tidigare främst uppmärksammats längs Norrlandskusten. Då de äldre jordartskartorna gjordes för mer än 40 år sedan (Serie Ae) för Mälarenregionen var det inte känt att dessa jordar även är relativt vanliga även här. Det finns idag mer kunskap om vilka problem dessa jordar kan förorsaka samt vilka metoder man kan använda för att identifiera dem (Becher m.fl. 2019).

Tidigare undersökningar har visat att sådana jordar förekommer i det här kartlagda området (Nyman m.fl. 2023, Bayard & Mood 2014), vilket bekräftats av ytterligare fältundersökningar som SGU utfört under 2024. Det skulle dock behövas mer data för att avgränsa i vilka områden sur sulfatjord förekommer. På SGU:s webbplats finns mer att läsa om dessa jordar i handledningen ”Hur man känner igen och undersöker sur sulfatjord”. Det är främst i områden med gyttjeleror som sur sulfatjord kan förväntas förekomma. I områden med sådan jord har marken ofta dränerats för att möjliggöra uppodling, vilket i sin tur ibland lett till att sura förhållanden uppstått.

Däremot är det mindre vanligt att sura sulfatjordar uppstår utan påverkan av mänsklig aktivitet. Ett framtida klimat med långa perioder av torka kan leda till att grundvattenytan sänks ytterligare och att påverkan från dessa jordar därmed ökar. Detta eftersom dessa jordar främst förekommer i landskapets lägsta partier där grundvattenytan under naturliga förhållanden står nära markytan. Ibland exponeras sulfidhaltig jord i samband med grävarbeten. De schaktmassor som då uppstår kan om de exponeras för luft skada omgivande vattenmiljö. I många fall har därför denna typ av jord lagts på deponi och därefter täckts med annan jord.

Eftersom sura sulfatjordar kan påverka vattenmiljön negativt är det viktigt att undvika en markanvändning som leder till att dessa jordar bildas. Det är därmed viktigt att kunna förutse var dessa jordar finns eller kan bildas. De studier som utförts indikerar att sura sulfatjordar oftast förekommer i områden med gyttjejordar. Det är därmed möjligt att använda jordartskartan för att få en uppfattning om var dessa jordar kan förekomma. På den tidigare Uppsalakartan (Möller 1993) hade man inte avskilt gytjelera och lergyttja från postglacial lera. I samband med uppgraderingen gjordes en specifik insats för att skilja gyttjejordar från postglacial lera. Det har då framkommit att det kring Uppsala finns relativt stora arealer med gyttjejordar och dessa utgörs i alla fall delvis av sura sulfatjordar. Dessa jordar ligger i stor utsträckning inom områden som i framtiden kan kommas att bebyggas. Eftersom gyttejordarna även är känsliga för marksättningar finns det flera skäl att beakta dessa vid samhällsplaneringen.



Figur 7. Exempel på en pH-profil genom en sur sulfatjord. Ovanför grundvattenytan har jorden exponerats för luft vilket lett till att sulfidmineral oxiderat och pH därmed sjunkit kraftigt. Under grundvattenytan har jorden inte exponerats för luft och pH är därmed fortfarande neutralt. Den röda fyrkanten visar det låga pH-värde som ett prov fått efter det att det under några veckor exponerats för luft i laboratorium.

Materialanvändning

Flera av de jordarter som finns i området har potential att användas för olika samhällsviktiga ändamål, men idag görs detta av olika orsaker endast i begränsad omfattning. För att kommersiellt utvinna dessa material krävs tillstånd och den sökande måste uppvisa att verksamheten kan ske enligt de krav som finns i miljöbalken. På SGU:s webbplats finns checklistor som med utgångspunkt från SGU:s ansvarsområden beskriver vad myndigheten anser att en ansökan om täktverksamhet bör innehålla.

Tidigare har det funnits ett antal täkter i området där naturgrus från isälvsavlagringar har utvunnits för att användas som ballast, men idag finns endast ett fåtal sådana täkter kvar. Eftersom man vill skydda isälvsavlagringarnas grundvattenmagasin är det idag svårt att få tillstånd för utvinning av naturgrus från dessa avlagringar. Dessutom finns det på många platser höga natur- och kulturvärden vilka är knutna till isälvsavlagringarna. I stället för naturgrus används därför idag ofta krossat berg som ballast. För vissa specialprodukter är naturgruset i nuläget inte möjligt att ersätta med andra material (Göransson 2015). För framställning av betong krävs till exempel material med väldigt specifika egenskaper och det kan vara svårt att hitta bergmaterial som uppfyller dessa krav. På vissa platser utgörs dock isälvs materialet av vattenavsatt sand som är lämpat för betongframställning. Detta eftersom sådan sand ofta är väl sorterad och därmed innehåller en låg andel lera och silt. De naturliga sandkornens rundade former gör dessutom att betongen får en bra hållfasthet (Göransson 2015). Enligt svensk lag ska användningen av naturgrus, inklusive sand, begränsas till de användningsområden där det inte går att ersätta med alternativa material som till exempel krossat berg (Miljöbalken 9 kap. 6f §). För att gynna ett hållbart uttag av naturgrus rekommenderar SGU att brytning av natursand begränsas till avlagringar där sandfraktionen uppgår till minst 70 %. Detta för att hushålla med avlagringarna så att naturlig sand finns att tillgå i framtiden, för de ändamål där den inte går att ersätta.

På många platser i Sverige utvinns torv i första hand för odlings- eller energiändamål. Idag är det endast möjligt att få tillstånd för torvtäkt på platser som är påverkade av tidigare markavvattning, och där man kan visa att naturvärden inte påverkas negativt. Eftersom många torvmarker utgör våtmarker med höga naturvärden kan det vara svårt att hitta områden som är lämpade för täktverksamhet. I det här aktuella området är de flesta torvmarker relativt små och det finns inga aktiva torvtäkter. Det kan dock inte uteslutas att det i framtiden kan bli aktuellt att utvinna torv från platser i området. Användningen av energitorv har under senare år minskat kraftigt medan användningen av odlingstorv har haft en uppåtgående trend.

Både de glaciala och postglaciala lerorna i Mälarregionen är väl lämpade för framställning av tegel och i början av 1900-talet fanns här ett antal tegelbruk i området och i hela Mälarregionen har det funnits upp till 400 sådana bruk (Möller 1985). Idag finns endast ett tegelbruk, som tillverkar taktegel, kvar i hela denna region. Det sista tegelbruket i det här beskrivna området låg vid Haga cirka 3 km söder om Enköping men lades ner 2020. En orsak till att tegelbruken lades ner är att teglet har blivit utkonkurrerat av billigare byggnadsmaterial. Den rikliga förekomsten av lera i området gör dock att det finns goda förutsättningar för att återuppta tillverkningen av tegel.

De jordartsgeologiska förhållandena i det kartlagda området

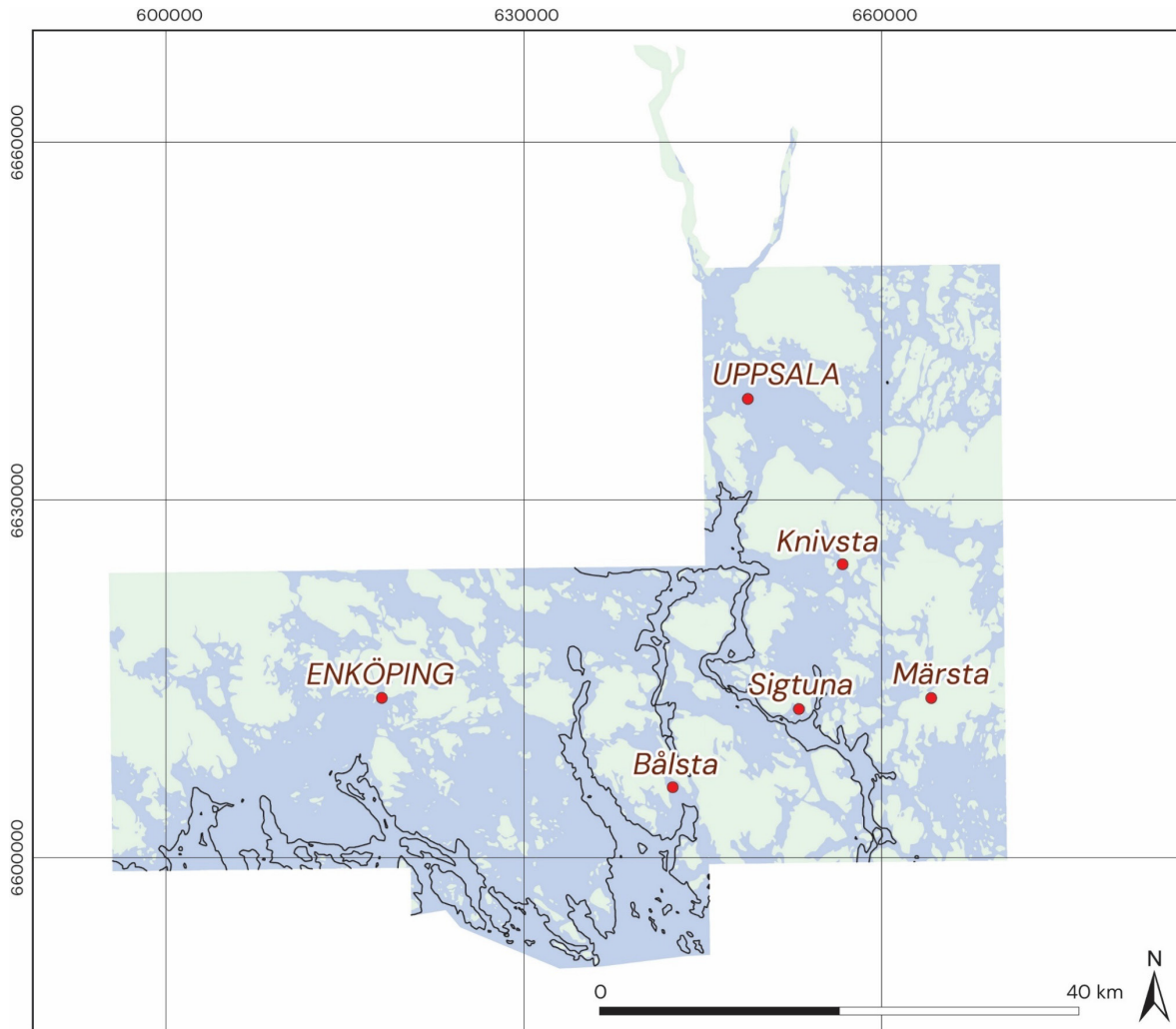
Generell beskrivning

Kartbladen ligger inom ett större flackt område som omfattar hela Uppsala och Stockholms län med omgivningar. Områdets topografi betingas av en flack bergöveryta som genomkorsas av dalgångar vilka utgör sprickzoner i berggrunden. Landskapet kallas därför ibland sprickdalslandskap (Fredén (ed) 2002). området är helt beläget under den högsta kustlinjen (Påsse & Daniels 2015) och täcktes därför helt av vatten efter den senaste inlandsisens avsmältning. Därefter har området genom den alltjämt pågående landhöjningen successivt stigit ur havet. Fördelningen av jordarter styrs till stor del av berggrundens morfologi. Höjdområdena domineras ofta av morän och hållmark medan lägre liggande områden domineras av olika typer av lera som delvis täcks av torv. Den relativa fördelningen av jordarter i hela området har beräknats och redovisas i tabell 2.

Jordarterna i området har så vitt det är känt avsatts under och efter den senaste istiden, och till största delen under slutfasen av den senaste istiden samt under tiden därefter. I andra delar av landet finns dock jordarter från tidigare nedisningar och det kan inte helt uteslutas att sådana även förekommer i detta område. De jordarter som avsattes av inlandsisen eller dess smältvatten kallas glaciala, medan yngre jordarter avsatta efter istiden ofta kallas postglaciala.

Inlandsisen drogs sig tillbaka från området för drygt 11 000 tusen år sedan (Fredén (ed) 2002). Vattennivån i Östersjön var då 150–160 m högre än idag och hela regionen låg följaktligen under vatten och vattendjupet översteg i större delen av området 100 m (Fredén (ed) 2002). De högsta delarna finns i områdets västra del och ligger närmare 70 m över havet. För cirka 7 500 år sedan utgjorde dessa höjdområden små öar.

I SGU:s kartvisare *Strandförskjutningsmodell* är det möjligt att se hur förhållandet land och hav har förändrats sedan den senaste istiden. Figur 8 visar ett exempel på hur förhållandet land och hav såg ut för 4 000 år sedan då Mälaren och omgivande lågt liggande terräng utgjorde en vik av Östersjön. Havsnivån var då nästan 30 m högre än idag.



Figur 8. Fördelningen land och hav för 4 000 år sedan. Stora delar av området utgjordes då av hav som påminde om de skärgårdsområden som idag finns längre österut. Den strandlinje som idag begränsar Mälaren återges som en svart linje.

Hällmark

I terrängens högst belägna partier förekommer på många platser områden med hällmark. De enskilda hällarna är ofta så kallade rundhällar med en stötsida och en läsida (fig. 9). Då inlandsisen rörde sig över området slipades stötsidan av material som var infruset i isen, medan större stenar och block frös fast och bröts loss från läsidan. Eftersom isen i huvudsak rört sig från norr vetter stötsidorna åt det hållet. Då hällarna slipades bildades på många platser isräfflor, vars riktning på många platser mättes i samband med den första kartläggningen. Dessa räfflor visar följaktligen från vilket håll inlandsisen rört sig. I figur 4 visas de uppmätta räffelriktningarna. Räfflorna bildades vinkelrätt mot den retirerande isfronten och i figur 4 framgår att även om det har funnits vissa variationer så har inlandsisen i området i huvudsak rört sig från norr. Kring isälvarnas mynningar uppstod ibland inbuktningar av isfronten. Detta gör att räfflorna kring de stora rullstensåsarna ofta är vinklade in mot dessa. Andelen hällmark varierar inom det kartlagda området. I vissa områden domineras höjdområdena av stora relativt flacka områden med hällmark medan höjdområdena i andra områden helt domineras av morän. På jordartskartan redovisas många områden med en hög hällfrekvens som tunt osammanhängande jordtäckte, oftast morän. Detta eftersom det inte är möjligt att i detalj skilja de enskilda ofta små hällarna från omkringliggande mark.



Figur 9. Hällmark i Hågadalen strax väster om Uppsala. På bilden syns tydliga rundhällar där de flacka vänstra sidorna av hällarna slipats av inlandsisen medan sten och block plockats av isen från de högra sidorna av hällarna. Eftersom inlandsisen rört sig från norr vetter de flacka sidorna mot norr och läsidorna mot söder. Foto: Gustav Sohlenius, SGU.

Morän

Morän är den äldsta av områdets jordarter och avsattes under den senaste istiden. Morän har avsatts av inlandsisen vilket innebär att materialet inte har sorterats med avseende på kornstorlek. Denna jordart byggs därför upp av alla kornstorlekar från lerpartiklar till stora block (fig. 10). Inom det här kartlagda området är sand i de flesta fall moränens vanligaste kornfraktion och den har därför benämningen sandig morän.

Till största delen har moränen sannolikt avsatts i samband med att den senaste inlandsisen smälte bort från området. På vissa platser har man dock hittat moränlager med olika egenskaper. Björnbom (1979) hittade exempelvis en lerig hårt konsoliderad moräntyp som blottlagts i samband med grävarbeten nära Enköping station, och i beskrivningarna till jordartskartorna nämns andra platser där lerig morän förekommer under sandig morän. Eftersom denna leriga morän ligger väl dold under den yngre moränen är det möjligt att samma moräntyp även förekommer på andra många platser inom det kartlagda området. En likande moräntyp har hittats på flera andra platser i mellersta Sverige och bedöms ha avsatts under en tidigare fas av den senaste istiden (Björnbom 1979).



Figur 10. Rikblockig morän nära Lagga cirka 1 mil sydost om Uppsala. Många gånger framträder markens blockighet på ett tydligare sätt efter det att skogen har avverkats. I bildens vänstra del täcks moränen av glaciallera (N 6632014, E 659236). Foto: Sara Linderöth, SGU.

I samband med den tidigare kartläggningen gjordes kornstorleksanalyser. Resultaten har sammanställts i tabell 1. Resultaten visar att moränen i de flesta fall kan klassificeras som sandig morän men det finns både grovkornig grusig morän och finkornig lerig morän. På kartan har dock i stort sett all morän klassificerats som sandig morän, men resultaten från analyserna visar att det i vissa områden sannolikt finns andra moräntyper. Studier i skärningar visar att det ibland finns skikt med mer väl sorterat material i moränen vilket indikerar att den till viss del avsatts av rinnande vatten.

I en studie av Lindén 1975 studerades moränens sammansättning av bergarter och mineral i ett område cirka 15 km väster om Uppsala. Resultaten visar att moränen till övervägande del består av material som transporterats högst ett par kilometer av inlandsisen. Det indikerar att moränen till största delen är uppbyggd av material från den lokala berggrunden. Vid kartläggningen av Uppsala NV hittades dock en lokal, 4 km norr om Almunge, med en lerig morän som innehåller ordovicisk kalksten (Möller 1993). Detta material måste ha transporterats från ett område med kalksten beläget i Bottenhavet, en sträcka på närmare 10 mil.

I många höjdområden är moräntäcket väldigt tunt eller saknas nästan helt medan andra höjd-områden helt domineras av moränmark och större hållområden saknas. Generellt är moräntäcket bara någon meter i områden med en hög hållfrekvens. I områden som domineras av morän är moränlagret oftast tjockare och kan uppgå till ett par meter. I de lertäckta dalgångarna kan moränens mäktighet i vissa fall överstiga 10 m.

I de morändominerade områdena är markytan ofta rik- eller storblockig (fig. 10) och terrängen kan därmed vara svårframkomlig för exempelvis skogsmaskiner. I grävda schakt i områden med blockrik morän har man noterat att blocken ofta är koncentrerade närmast markytan medan underliggande morän har en betydligt lägre blockhalt. I vissa områden finns en hög frekvens av stora block där frekvensen håll är mycket låg. Sådana storblockiga områden har uppmärksamats på andra platser i regionen. Enligt en nyligen publicerad studie kan dessa stora block ha brutits loss i samband med deglaciationen då stora mängder smältvatten under högt tryck pressades ner i den översta berggrundens spricksystem varvid berget spräcktes sönder (Hall & van Boeckel 2024).

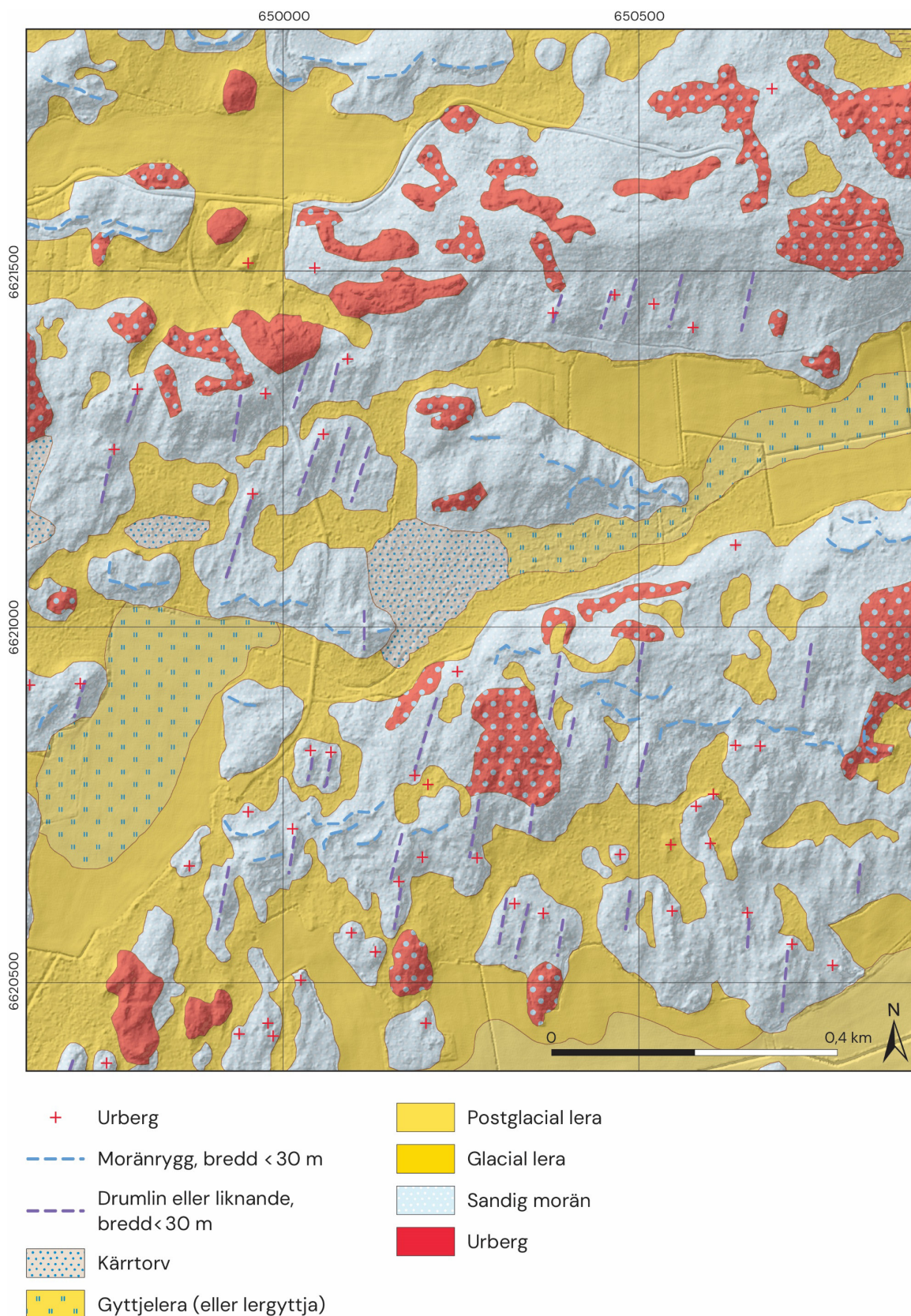
Tabell 1. Sammanställning av de kornstorleksanalyser som utfördes vid den tidigare karteringen i området. Tabellen visar resultat från de i området vanligast förekommande jordarterna. Dessa resultat redovisas även i beskrivningarna till de äldre jordartskartorna (Serie Ae).

	Grus Medel- värde	Grus Max/ Min	Sand Medel- värde	Sand Max/ Min	Silt Medel- värde	Silt Max/ Min	Ler Medel- värde	Ler Max/ Min
Morän 132 st.	29,1±11,2	81/7,5	46,9±7,9	63/12	21,4±7,5	44/0	2,6±1,8	12,4/0
Glacial lera 67 st.	0±0,3	2/0	2,2±3,2	15/0	35,3±6,9	49/16	62,6±8,2	84/43
Post- glacial lera 68 st.	0	0/0	1,9±3,5	20/0	38,9±13,1	62/8	58,9±14,5	92/26
Gyttjelera 47 st.	0	0/0	2,2±3,2	13,2/0	47,8±7,3	70/36	49,8±9,3	64/19

Markytans topografi i moränområden följer ofta underliggande bergöverytas morfologi men på vissa platser har former i moräntäcket bildats. Den vanligaste av dessa former är de Geer-moräner, som är en typ av ändmoräner vilka bildades parallellt med den retirerande isfronten (fig. 11). Dessa moränryggar utgör distinkta, ofta blockrika, övervägande ost–västliga ryggar vilka många gånger tydligt framträder i lerdominerade område. Ofta är blockhalten högst på ryggarnas sydsida, alltså den sida som ligger distalt från isrörelseriktningen. Ryggarna är oftast ett par meter höga, några tiotals meter breda och är ofta ett par hundra meter långa, men kan i vissa fall ha en längd på en kilometer. På flera platser har man konstaterat att ryggarna delvis består av vattenavsatt sand och silt. De Geer-moräner förekommer även i andra delar av landet vilka täcktes av vatten då den senaste inlandsisen drog sig tillbaka, och är rikligt förekommande i ett ost–västligt bälte som omfattar Mälarregionen där det här aktuella området ligger (Hättestrand 1998). Det finns flera studier som visar att dessa ryggar bildats nära iskanten i en miljö där isen relativt fort drog sig tillbaka när stora isberg bröts loss. Ryggarna kan ha bildats både under vintern när isen ryckte fram, men även på sommaren under perioder när isfronten periodvis inte drog sig tillbaka (Lindén & Möller 2005).

På vissa ställen finns nord–sydlig orienterade ryggar i moräntäcket. Ibland finns en håll på ryggens nordsida, och de benämns då som läsidesdrumlinor. Även då ingen håll dokumenterats bedöms dessa ryggar ha en kärna av berg. Många gånger framträder ryggarna tydligt när man tittar på höjddata medan det kan vara svårt att upptäcka dem på plats. Ryggarna bedöms ha bildats parallellt med den senaste inlandsisens rörelseriktning. På jordartskartan används benämningen drumlinformer för dessa ryggar (fig. 9). Precis som de Geer-moränerna är dessa ryggar delvis uppbyggda av sorterat vattenavsatt material.

De olika moränformerna kan följaktligen användas för att rekonstruera hur inlandsisen rörde sig under avsmältningen. Informationen kan dessutom kombineras med databasen för isräfflor (fig. 4). I en SGU-rapport kan man läsa mer om de olika moränformer som visas i SGU:s databas för geomorfologi (Peterson & Smith 2013) och som delvis förekommer inom det här kartlagda området.



Figur 11. Jordarter och höjmdodell i ett område på kartbladet Enköping SO (Möller 1977). Former som bildats i moräntäcket. Moränryggarna (de Geer-moräner) har bildats parallellt med den retirerande inlandsisens front medan drumlinformerna bildats parallellt med isrörelseriktningen.

Isälvsmaterial

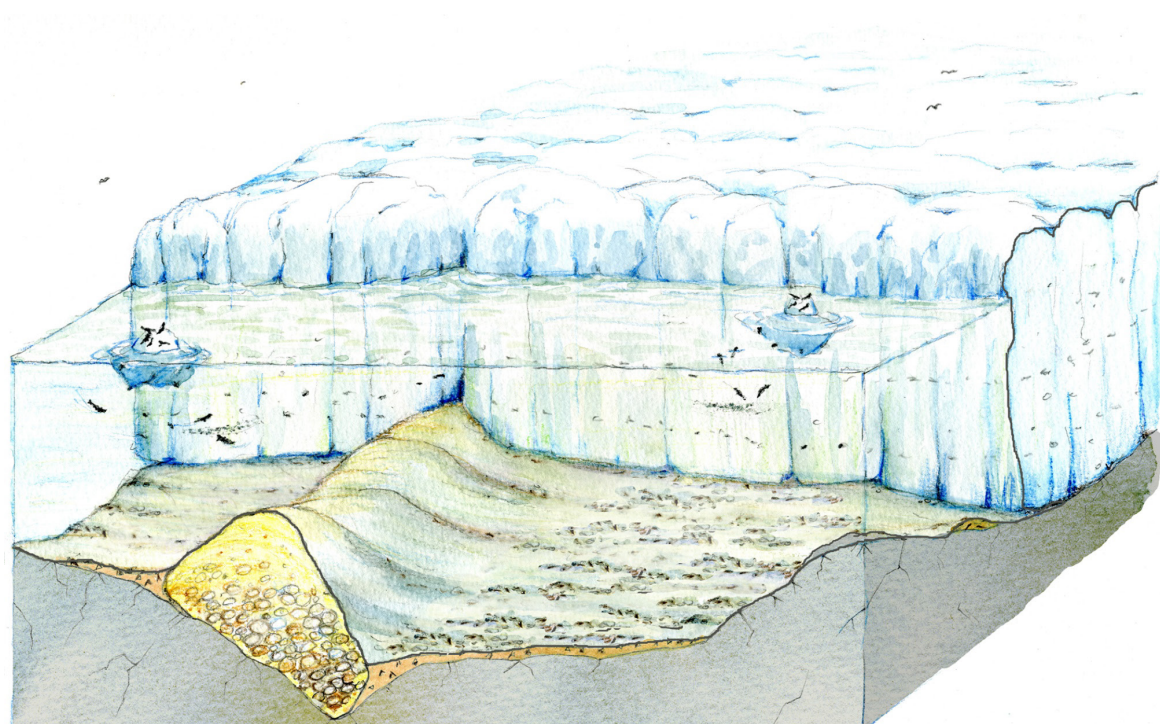
I samband med isavsmältningen avsatte smältvattnet isälvsavlagringar som till stor del utgörs av rullstensåsar (fig. 12). Dessa åsar avsattes till stor del i smältvattentunnlar som bildades under inlandsisen (fig. 13). Isälvsavlagringarna är till största delen uppbyggda av grus och sand. Avlagringarna ligger i stråk med en nord-sydlig riktning (fig. 5) och har successivt avsatts då inlandsisen avsmälte mot norr. I regionen kring Mälaren och Hjälmaren finns ett antal liknande åsstråk. I det här aktuella området finns tre stora åsar, Enköpingsåsen, Uppsalaåsen och Stockholmsåsen (fig. 5), vilka också utgör viktiga grundvattenmagasin. Det finns dessutom spridda förekomster av mindre isälvsavlagringar vilka dock inte utgör sammanhängande grundvattenmagasin. De stora rullstensåsarna utgör områdets tydligaste morfologiska former i det lösa jordtäcket. Åsarna följer ofta dalgångar som utgör sprickzoner i berggrunden och stora delar av isälvsavlagringarna fyller följaktligen ut dessa dalgångar, vilket betyder att även om åsarna kan höja sig upp mot 50 m ovan omgivande mark är isälvsaterialets totala mäktighet många gånger betydligt större. Ofta ligger isälvsaterialet direkt på underliggande berg men ibland kan det förekomma ett lager med morän mellan bergöverytan och isälvsaterialet. Ibland utgör åsarnas krön markanta ryggar vilka markerats med gröna punkter på jordartskartan. På vissa platser finns stora gropar, dödisgropar, i isälvsaterialet till exempel på Uppsalaåsen söder om Uppsala (fig. 2). Dessa har bildats när isblock som lossnat från inlandsisen inlagrats i isälvsavlagringen varefter isen smält. Det är vanligt att det förekommer spridda moränblock och ibland hela flak av morän på rullstensåsarnas krön. Dessa har sannolikt fallit ner från istunnelns tak då åsen avsattes.

Längs åsarnas sidor ligger ofta isälvsaterialet under yngre, postglacial sand eller leravlagringar och redovisas följaktligen inte i jordartskartans grundlager. Det finns dessutom relativt stora områden med isälvsaterialet som helt täcks av lera och där det endast finns ett fåtal platser där isälvsaterialet sticker upp ur leran. Dessutom korsar åsstråken i vissa fall sjöar, och exempelvis Uppsalaåsen ligger till stora delar under Mälaren. Eftersom isälvsavlagringarna ofta utgör grundvattenmagasin redovisas dessa djupt liggande avsättningar dock i SGU:s databas för grundvattenmagasin (fig. 5). Exempelvis finns det sydost om Uppsala stora områden med isälvsediment vilka nästan helt är täckta av lera (Thorsbrink & Vikberg Samuelsson 2019a, b).

Isälvsavlagringarna täcks till stor del av ett lager med svallsediment som avsattes i samband med att de genom landhöjningen steg ur havet. På många platser finns dessutom ett lerskikt mellan svallsand och isälvsediment. Även om svallsedimenten ibland har en mäktighet som överstiger 0,5 m så redovisas rullstensåsar och andra morfologiskt markanta isälvsavlagringar som isälvsediment på jordartskartan.



Figur 12. Markant rullstensås cirka 10 km sydost om Uppsala. Åsen omges av områden med uppodlad postglacial lera. På åsens yta förekommer spridda moränblock. Denna ås utgör den nordliga förlängningen på Stockholmsåsen som här är betydligt mindre än längre söderut. (N 6631743, E 658890).
Foto: Sara Linderoth, SGU.



Figur 13. Bildningsmiljö för de stora isälvsavlagringarna. Då inlandsisen drog sig tillbaka från området avsattes rullstensåsar i tunnlar under isen. Hela området låg då under Östersjöns yta och stora isberg bröts loss från iskanten då isen drog sig tillbaka. Illustration: Art Anna.

Glacial lera

Då inlandsisen hade dragit sig tillbaka var hela området täckt av Östersjöns vatten. I terrängens lägsta partier började då leror av olika karaktär att avsättas. Till största delen finns dessa leror i områden som torrlagts under de senaste årtusendena (fig. 8). Strax efter isavsmältningen, då området fortfarande påverkades av smältvattnet från isen, avsattes glaciallera (fig. 14). Denna lera byggs upp av horisontella årligt avsatta skikt (varv), vilka bildades som en effekt av årstidsvariationerna i smältvattenflödena från den retirande inlandsisen. Årsvarven blir i medeltal tjockare nedåt i sedimentpackarna vilket beror på att de understa varven avsatt närmast iskanten där stora mängder material kommit ut med smältvattnet från den retirande isen. I de understa varven förekommer ofta lager med sand och silt. Nära isälvsavlagringarna finns ofta ett grus- och sandlager mellan leran och den underliggande moränen. Den glaciala leran innehåller kalk som omlagrats och transporterats med inlandsisens smältvatten från kalkstensavlagringar belägna på botten av Bottenhavet. I beskrivningarna till Ae-kartorna redovisas resultat från analyser av glaciallerans kalkhalt. De högsta kalkhalterna (över 30 %) finns på de norra delarna av kartbladet Uppsala NV medan halterna är lägre längre söderut, och kring Enköping är halterna cirka 10–15 %. Orsaken till skillnaden är att området kring Uppsala ligger närmare kalkstensområdet i Bottenviken. Den översta halvmeteren glaciallera saknar dock kalk vilket är en följd av att kalken närmast markytan lösts upp av vittring. I tabell 1 redovisas resultaten från de kornstorleksanalyser som utförts på glaciallera.

Den glaciala leran har ofta en svagt undulerande överyta som betingats av underliggande morän och bergöverytas morfologi. Den avgränsas ofta i de högre delarna mot håll- och morän-dominerad mark. Glacial lera förekommer även i små sänkor vilka förekommer i de högre delarna av landskapet.

Den glaciala leran har generellt större mäktighet än den yngre postglaciala leran som på många platser överlagrar den. I områden med stora lerarealer har den glaciala leran mäktigheter på 5–10 m men på vissa platser kan denna lera ha en mäktighet på mer än 20 m.



Figur 14. Övergången mellan rikblockig morän och glaciallera. På bilden syns hur den gräsbevuxna glaciala leran sluttar ner mot ett flackare område med nyligen plöjd postglacial lera. På flera ställen sticker block från den underliggande moränen upp genom leran, vilket gör att det ibland är svårt att på ett exakt sätt avgränsa dessa två jordarter från varandra. N 6631943, E 659297. Foto: Sara Linderöth, SGU.

Postglacial lera och gyttjehaltiga leror

Då isen hade försvunnit från området började postglaciala leror att avsättas. Dessa har bildats genom omlagring av äldre jordarter så som glaciallera. Båda dessa lertyper har avsatts i terrängens lägsta delar vilka ofta utgör sprickzoner i berggrunden. Den postglaciala leran återfinns till skillnad från glacialleran dock ofta i landskapets lägsta delar och har ofta en i det närmaste plan överyta (fig. 15). Ibland överlagras den postglaciala leran i landskapets allra lägsta delar av en yngre lera som innehåller några procent organiskt material. Denna lera benämns ofta lergyttja eller gyttjelera och är ofta svår att i fält/okulärt avgränsa från den postglacial leran. Dessa gyttjehaltiga sediment har avsatts när områdena utgjort grunda havsvikar. På några platser överlagras lergyttjan/gyttjeleran av jordarten gyttja som vanligen avsätts på botten av sjöar. På de platser där denna jordart förekommer har det sannolikt tidigare funnits grunda sjöar vilka sänkts genom dikning. I tabell 1 redovisas resultaten från de kornstorleksanalyser som utförts på postglacial lera och gyttjelera. Resultatet visar att områdets gyttjelera generellt har en lägre lerhalt jämfört med de postglaciala och glaciala leror som förekommer i området. På den äldre kartan skiljde man mellan postglacial fin- och grovlera, vilket inte gjordes vid uppgraderingen. De resultat som visas i tabell 1 visar dock att områdets leror till övervägande delen utgörs av finlera, dvs leror vars lerhalt överstiger 25 %.

Lagren med gyttjelera och lergyttja är ofta relativt tunna, ofta bara någon meter. Även den postglaciala leran har i många områden maktigheter på runt en meter men i de större lerområdena kan det finnas flera meter av denna lera. Ofta finns ett sandskikt vid övergången mellan postglacial och glacial lera. Detta lager kan ibland vara vattenförande.



Figur 15. Flackt område med postglacial lera och gyttjelera. Bilden är tagen nära Mora stenar cirka 10 km söder om Uppsala. Liksom på många andra platser utgörs dessa lertyper av jordbruksmark. N 6632251, E 655927. Foto: Sara Linderöth, SGU.

På några platser på de två Enköpingskartbladen har lergyttja påträffats under den postglaciala leran (Möller 1985), vilket visar att jordlagerföljderna ibland kan vara mer komplexa än vad som vanligen är fallet. En orsak till denna avvikelse kan vara att stora mängder lera kom ut med vattendrag då dessa områden utgjorde grunda flacka havsvikar (Möller 1985).

I övergången mellan glacial och postglacial lera finns på vissa platser en mörk lera med tunna skikt som anses utgöra en övergångsform mellan dessa två leror. Denna lera kännetecknas av en mycket hög lerhalt (över 80 %) och anses ha avsatts i en stor sötvattensjö, Ancylussjön, som fanns innan Östersjön kom i kontakt med havet och blev ett bräckt innanhav.

En lokalt förekommande lera är den så kallade Fyrisleran som är en lera med relativt låg lerhalt (runt 30 %) och hög silthalt vilken avsatts nära Fyrisåns mynning då denna låg i de centrala delarna av Uppsala. Fyrisleran innehåller dessutom ofta rikligt med skal från musslor som levte vid åmynningen.

Svallsediment och svallad morän

Under landhöjningen har äldre jordarter exponerats för erosion av vågor och strömmar. Detta är speciellt tydligt på branta sluttningar och höjdparter vilka tidigare varit exponerade för dessa kustprocesser. Avlagringar som innehåller mycket sand har ofta en tydlig påverkan från vågor. Ett sådant exempel är rullstensåsarna där det nästan överallt på de branta sluttningarna förekommer strandvallar. Dessa vallar är många gånger betydligt lättare att upptäcka när man tittar på höjddata jämfört med vad man kan se på plats (fig. 2). Många isälvsavlagringar täcks följaktligen av ett lager svallsediment men de redovisas ändå som isälvsediment på den färdiga jordartskartan.

Även morän i terrängens högsta partier har på sina ställen påverkats av svallning varvid finmaterialet svallats ut vilket lett till att den översta moränen domineras av grus. Grus och sand som eroderat från äldre avlagringar har ofta avsatts i mer skyddade lägre topografiskt liggande lägen. Sådana avlagringar, benämns postglacial sand eller svallsediment grus, och är speciellt vanliga längs de stora isälvsavlagringarna. Den postglaciala sanden har till övervägande del avsatts på konkava sluttningar medan gruset avsatts på konvexa sluttningar. Många postglaciala sandavlagringar är dock relativt flacka (fig. 16) och kännetecknas ofta av rikligt förekommande strandvallar. Svallsedimenten redovisas i SGU:s visningstjänster men i områden där morän eller andra jordarter har påverkats av kustprocesser redovisas det endast i databaserna.

Den postglaciala sanden är i de flesta fall tunnare än en meter men längs åsarna förekommer lager som är flera meter mäktiga. På många platser underlagras den postglaciala sanden av glacial lera och i vissa fall av postglacial lera. Även de sandavlagringar som täcker isälvsavlagringarna underlagras många gånger av tunna lerskikt. Den glaciala leran täcks ofta av ett lager med svallsediment och i vissa områden mer än 0,5 m även om de redovisas som glaciallera på kartan. I många moränområden finns små ytor med postglacial sand som inte kunnat upptäckas vid kartläggningen och som följaktligen inte visas på kartan.

På framför allt isälvsavlagringar finns strandvallar som innehåller skal från musslor eller snäckor. På fler platser finns exempelvis skal från blåmusslor vilket visar att vattnet varit bräckt då strandvallen bildades.

Längs många vattendrag har sediment avsatts i samband med höga flöden då områdena kring vattendragen tidvis svämmat över. Sådana sediment utgörs ofta av en blandning av olika kornstorlekar, från sand till lera, och underlagras ofta av leror till exempel lergyttja.



Figur 16. Postglacial sand i anslutning till Uppsalaåsen, söder om Uppsala. Dessa avlagringar kännetecknas ofta av en flack markyta, men eftersom de är torra och näringsfattiga är de till skillnad från lerjordarna inte lika ofta uppodlade. (N 6629572, E 649522). Foto: Sara Linderöth, SGU.

Torv

Torv förekommer frekvent i våtmarker som är belägna i landskapets lägsta partier där grundvattenytan står nära markytan. Även i höjdområdena förekommer mindre sänkor med mindre ytor av både lera och torv. På kartan delas torven in i kärrtorv och mossetorv. De flesta av torvmarkerna i området är relativt små och har sällan en diameter som överstiger ett par hundra meter.

I våtmarker bryts ofta organiskt material inte ner fullständigt vilket gör att döda växtrester kan ackumulera och bilda torv. Denna jordart har ackumulerat sedan området genom landhöjningen kommit upp ur havet, och bildas än idag i områdets våtmarker. Torven klassificeras dels med utgångspunkt från vilka dominerande växter som bygger upp den, till exempel vitmosstorv eller vasstorv, dels med avseende på hur nedbruten (humifierad) torven är. En låghumifierad torv innehåller tydligt synliga växtdelar medan höghumifierad torv kan utgöra en svart massa utan tydliga växtdelar.

Många av dagens torvmarker har tidigare utgjorts av sjöar som successivt vuxit igen, men torvmarker kan även bildas direkt i områden med blöta förhållanden. I kärr ackumulerar torv där vegetationen får näring som når våtmarken från yt- och grundvatten vilket rör sig genom omgivande mineraljord. Vegetationen i kärr varierar beroende på bland annat tillgången på näringsämnen i omgivande mark. Med tiden kan torvlagren börja växa på höjden vilket kan leda till att en mosse bildas. Torvens egenskaper skiftar beroende på vilken vegetation som bygger upp den. På en mosse är vegetationen beroende av näring som tillförs från nederbörden, vilket gör att förhållandena blir näringsfattiga. Torv från mossar domineras ofta av vitmossa och starr som klarar av näringsfattiga förhållanden. Stora mossar kan med tiden bli så pass näringsfattiga att trädvegetationen försvinner och vegetationen helt kommer att domineras av vitmossa och starr. I det här kartlagda området är dock mossarna små och är ofta täckta av tallskog (fig. 17). I kärren bestäms torvens karaktär till stor del av förhållandena i omgivande mark samt av hur länge torvackumulationen har pågått. Unga kärr domineras ofta av vass vilket leder till att vasstorv ackumulerar. Med tiden kan torvmarken komma att domineras av annan vegetation vilket kan leda till att starr- eller lövkärrtorv ackumulerar. Generellt är torven som bildas i mossar mer låghumifierad (fig. 17) jämfört med den som bildas i kärr. Eftersom kärr med tiden kan utvecklas till mossar underlagras oftast mossetorv av kärrtorv. I områden som domineras av hållmark och tunna moränlager finns fattigkärr vilka är näringsfattiga och som till sin karaktär kan påminna om mossar.



Figur 17. Kungshamnns mosse ligger i en dödisgrop i Uppsalaåsen söder om Uppsala. De översta torvlagren utgörs av låghumifierad vitmossetorv. Torvlagren är löst konsoliderade och det går ofta att med handkraft ta upp borkkärnor (N 6629512, E 649077). Foto: Sara Linderöth, SGU.

Fyllning

I samband med olika byggnationer har de ursprungliga jordarterna på vissa platser täckts med fyllning. Det har ofta skett i samband med olika typer av infrastrukturprojekt eller andra byggnationer. På kartan redovisas inte alla områden där fyllning förekommer, men i områden där fyllningen bedömts ha påverkat markens karaktär på ett signifikant sätt visas fyllning på kartan. Fyllnadsmassorna har ingen specifik karaktär utan kan bestå av allt från lermassor till sprängsten. I de fall fyllnaden underlagrar byggnader och vägar utgörs den oftast av sten- och grusdominerat material. Längs vägar kan det finnas fyllnadsmassor som utgör bullervallar uppbyggda av lera från grävarbeten. Fyllnadsmassornas tjocklek kan variera kraftigt och i områden som utgör soptippar eller andra massupplag kan de utgöra flera tiotals meter. Under de senaste årtiondena har bebyggelse och infrastruktur byggts ut i det kartlagda området. Det finns därmed, jämfört med på den äldre kartan, större arealer fyllning på den uppgraderade kartan. På många platser med fyllning redovisas den underliggande jordarten.

Jordarternas fördelning på ytan och djupet

Tabell 2 visar den procentuella fördelningen av de vanligaste jordarterna i området. Fördelningen jämförs med den i hela landet, som beräknats från en jordartskarta i skala 1:1000 000. Den senare kartan användes för att det är den enda karta som med en viss skala täcker hela landet. Kartan är dock mycket översiktlig och visar endast den ungefärliga fördelningen av jordarter. Det här kartlagda området, liksom många andra områden belägna under högsta kustlinjen kännetecknas av en hög andel vattenavsatt lera som avsatts i samband med och efter det att inlandsisen lämnade området. I landet som helhet är andelen lera därför betydligt mindre (tabell 2).

Jämfört med många andra delar av Sverige täcks en relativt liten andel av torv eller morän (tabell 2). Det kan finnas flera orsaker till den låga andelen morän. En viktig orsak är att det på många platser inte avsatts så mycket morän och att det tunna moräntäcket delvis svallats bort under landhöjningen. Det kan finnas flera orsaker till att det inte avsatts så mycket morän, dels att inlandsisen här främst eroderade underliggande berg dels att isen förvann relativt snabbt från området och att morän därmed inte hann avsättas i så stor utsträckning. Eftersom morän är områdets äldsta jordart täcks den dessutom till stora delar av andra jordarter, framför allt olika typer av lera, vilket delvis förklarar den relativt låga andelen av denna jordart i ytan.

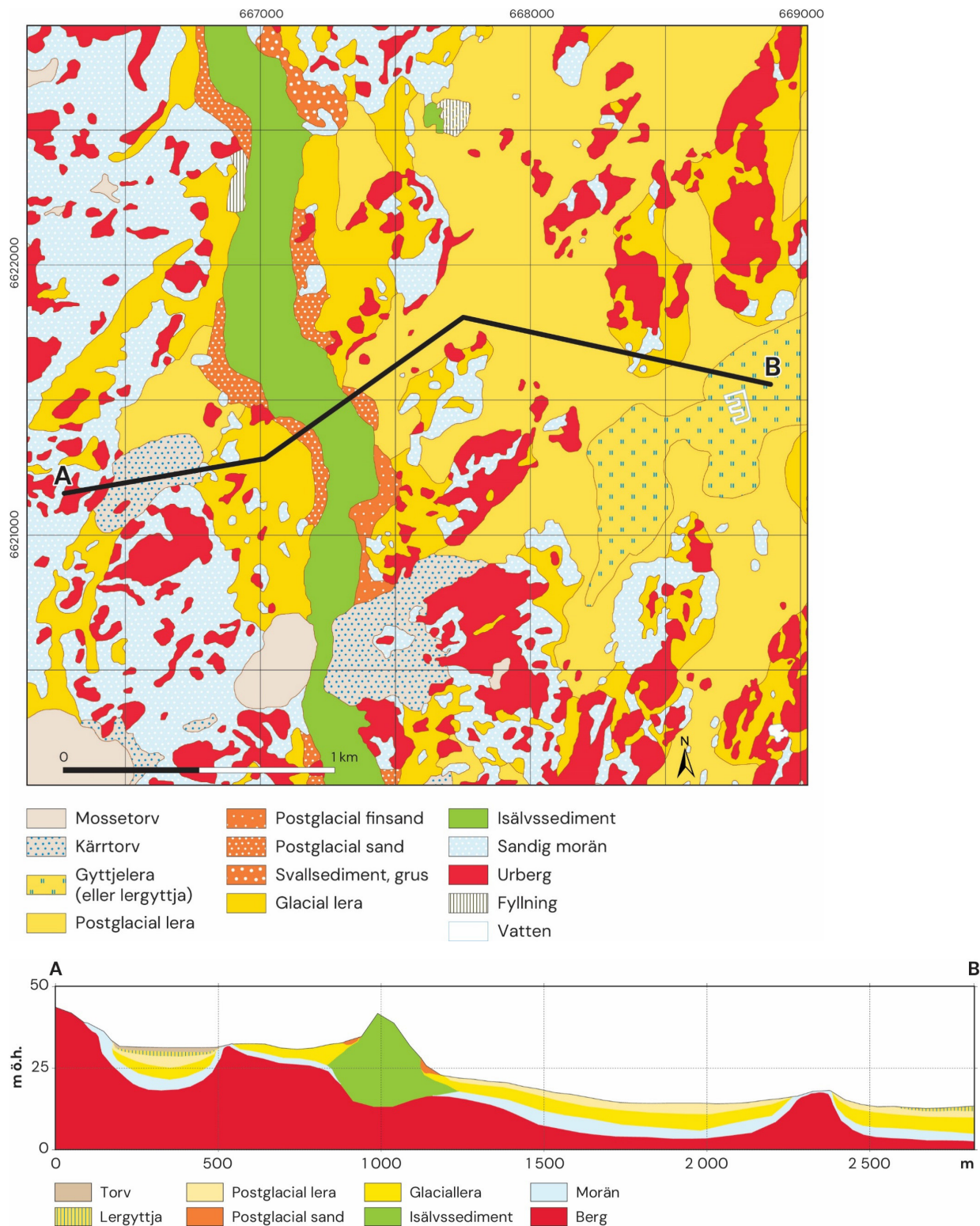
Torvmarkerna i området är generellt små och upptar en relativt liten andel av markytan. I området förekommer främst kärr men på vissa ställen i höjdområdena förekommer även mossar. Totalt utgör torvmarker 1,7 % av det kartlagda området medan genomsnittet för hela landet är 15,6 % (Morin m.fl. 2023). Det finns flera orsaker till att en så liten andel av området täcks av torv. Eftersom stora delar av området relativt nyligen stigit ur havet har ännu inga tjocka torvlager hunnit bildas. En annan viktig orsak till den låga andelen torv är sannolikt att området till stora delar är påverkad av markavvattning, som utförts för att förbättra möjligheterna för jord- och skogsbruk. Detta har gjort att de torvlager som tidigare funnits kan ha oxiderat bort.

Även om rullstensåsarna bidrar till områdets karaktär utgör isälvsmaterial endast en liten andel av det ytliga jordtäcket. Precis som när det gäller morän täcks dock isälvs materialet delvis av yngre jordarter så som lera och postglacial sand.

I figur 18 redovisas en tvärprofil genom en av områdets rullstensåsar, Stockholmsåsen, med omgivande jordarter. I figuren framgår hur den äldsta jordarten morän överlagras av de successivt yngre jordarter som beskrivs ovan. Moränen följer ofta underliggande berggrunds morfologi och i områden där morän är den ytligaste jordarten kan man ofta ana den underliggande berggrundens former. Rullstensåsar följer ofta sprickdalar i berggrunden och trots att de höjer sig ovan omgivande mark ligger de följaktligen ofta i försänkningar i bergöverytan. Lerjordarna ligger som

ovan nämnts även de i områden som utgör lågt liggande sprickdalar i den underliggande berggrundens relief. I profilen syns hur de olika lerjordarna är fördelade både på ytan och djupet. Den glaciala leran underlagrar de yngre postglaciala lerorna och där den ligger närmast markytan har den ofta en svagt lutande yta. De postglaciala lerorna och gyttjesedimenten kännetecknas dock av en betydligt plattare markyta och återfinns i landskapets allra lägsta delar. Den yngsta jordarten torv underlagras oftast av olika typer av gyttjesediment.

I den jorddjupsmodell som SGU har tagit fram (Daniels & Thunholm 2014) syns att djupet till berg är som störst i de oftast lerdominerade dalgångarna, medan djupen är mindre i områden som domineras av morän (fig. 19). Även de största rullstensåsarna kännetecknas av stora jorddjup. Eftersom det finns relativt få platser med data som visar det totala djupet i områden där stora jorddjup kan förväntas är det dock troligen att modellen underskattar djupen i vissa sådana områden. Detta gäller främst i områden med isälvsmaterial eller mäktiga lerlager, exempelvis Uppsalaåsen med omgivande lermarker mellan Uppsala och Mälaren. Eftersom de mäktigaste jordarterna många gånger finns i terrängens lågpartier innebär det att jordtäcket skapat en marköveryta som är betydligt flackare än den underliggande bergöverytan. Ett exempel på detta är de jorddjup på över hundra meter som dokumenterats nära Fyrisån i centrala Uppsala (Lundin 1988). Det största jorddjupet som finns registrerat i SGU:s databas är 90 m, och har gjorts i centrala Uppsala nära den plats som beskrivs av Lundin (1988). Eftersom bergytan inte nåddes är det totala jorddjupet på platsen ännu större.



Figur 18. Profil genom ett för området typiskt landskap med de vanligast förekommande jordarterna. Överst syns profilens läge på jordartskartan där det framgår hur jordarterna är fördelade närmast markytan. Ändpunkterna har i både kartan och profilen markerats med A och B. I både profil och jordartskarta symboliseras berg och jordarter med samma färger. I profilen syns hur berggrunden överlagras av successivt yngre jordarter nedifrån och uppåt. Profilen kan betraktas som generell och gäller för hela det kartlagda området. Alla jordarter behöver dock inte finnas representerade på en viss plats, vilket innebär att ett område med torv inte behöver underlagras av alla de typer av lera som visas i figuren. Däremot ligger jordarterna med få undantag i den inbördes ordning som visas i figuren.

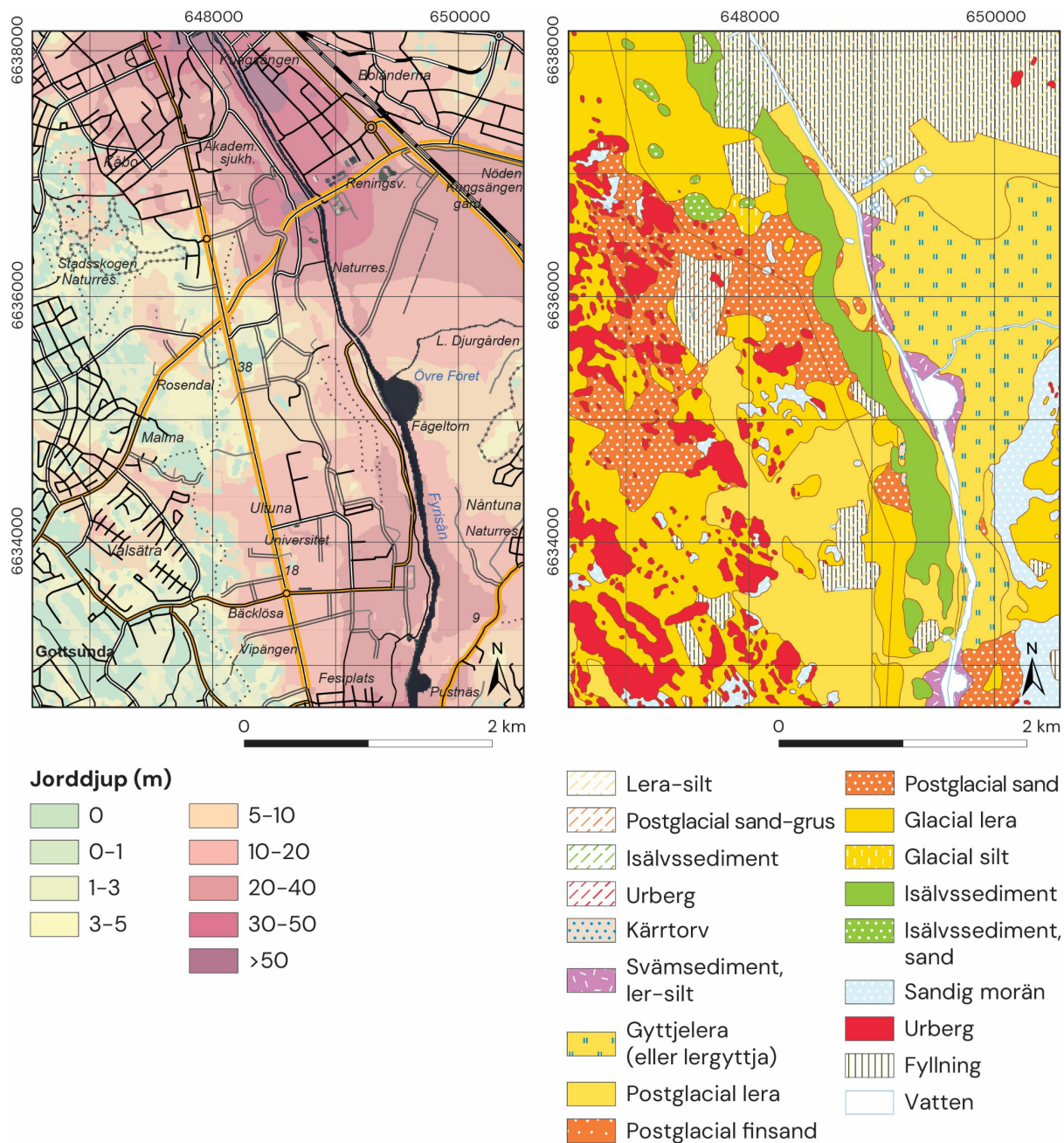
Tabell 2. Den procentuella fördelningen av jordartskartans grundlager i det kartlagda området samt i hela landet. Vissa jordarter med en liten andel redovisas inte i tabellen. Uppgifterna som visar fördelningen i hela landet kommer från SGU:s nationella karta i skala 1:1000 000, och får betraktas som ungefärliga. Exempelvis underskattas med all sannolikhet andelen torv som vid andra beräkningar är betydligt större.

Jordart (grundlager)	Andel (%)	Andel i hela Sverige (%)
Fyllning	2,4	
Mossetorv	0,3	
Kärrtorv	1,4	8,5*
Postglacial sand	1,7	3,6
Gyttjelera (eller lergyttja)	4,9	
Postglacial lera	23,8	
Glacial lera	23,2	5,6**
Isälvsmaterial	1,7	6,8
Morän	27,4	58,7
Urberg	12,9	16,7

*Kärrtorv och mossetorv

**Inkluderar postglacial lera, glaciallera och gyttjelera

I området finns två 3D-modeller som visar delar av Uppsala- och Enköpingsåsen (Wendelin & Mikko 2020 respektive Forsgård 2020). Dessa modeller visar inte bara det totala jorddjupet utan även hur de olika jordarterna fördelar sig på djupet. De olika jordlagren har olika egenskaper som kan användas för att beräkna hur vatten och föroreningar kan röra sig genom jordlagren. Eftersom de två rullstensåsarna utgör samhällsviktiga grundvattenmagasin är det viktigt att kunna bedöma vattentillgångarnas kapacitet samt deras känslighet för olika typer av föroreningar.



Figur 19. Till vänster visas jorddjupsmodellen för ett område strax söder om Uppsala (uppdaterad 2028-08-21). Till höger syns jordartskartan för samma område. Det är tydligt att de största jorddjupen dels finns i områden som täcks av isälvs material, dels i de stora lerområdena. I områden som domineras av morän och hållmark finns endast tunna jordlager. Symbolerna med ett snedställt raster visar vilka jordarter som finns under de fyllnadsmassor som förekommer i stora delar av Uppsala stad.

Referenser

- Bayard, C. & Mood, L. K., 2014: Förekomsten av sura sulfatjordar i Mälardalen – en pilotstudie utförd åt SGU. Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper, Självständigt arbete Nr 92.
- Becher, M., Sohlenius, G. & Öhring C., 2019: Sur sulfatjord – egenskaper och utbredning. *SGU-rapport 2019:13*. Sveriges geologiska undersökning, 37 s.
- Björnbom, S., 1979: Clayey basal till in central and northern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 753*, 61 s.
- Daniels, J. & Thunholm B., 2014: Rikstäckande jorddjupsmodell. *SGU-rapport 2014:14*. Sveriges geologiska undersökning, 14 s.
- Eriksson, A., 2009: Grundvattenmagasinet Stockholmsåsen – Upplands Väsby. *Sveriges geologiska undersökning K 152*, 10 s.
- Fredén, C., 2002: Berg och jord. Sveriges nationalatlas.
- Forsgård, M., 2020: Geologisk 3D-modell Enköpingsåsen. *SGU-rapport 2020:20*. Sveriges geologiska undersökning, 13 s.
- Fryksten, J. & Nilfouroushan, F., 2019: Analysis of Clay-Induced Land Subsidence in Uppsala City Using Sentinel-1 SAR Data and Precise Leveling. *Remote Sensing. Remote Sens.* 2019, 11, 2764. doi:10.3390/rs11232764
- Grånäs, K., 1990: Beskrivning till jordartskartan Söderfors SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 104*, 84 s.
- Göransson, M., 2015: Ersättningsmaterial för naturgrus – kunskapssammanställning och rekommendationer för användningen av naturgrus. *SGU-rapport 2015:35*. Sveriges geologiska undersökning, 36 s.
- Hall, A. & van Boeckel, M., 2024: Hydraulic damage in subglacial conduits: Evidence from rock hydrofracture and hydraulic jacking for high fluid pressures during rapid melt of the Fennoscandian Ice Sheet. *Quaternary Science Reviews* 343. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2024.108917>
- Karlsson, C., Sohlenius, G. & Peterson Becher, G., 2021:Handledning för jordartsgeologiska kartor och databaser över Sverige. *SGU-rapport 2021:17*. Sveriges geologiska undersökning, 83 s.
- Lindén A., 1975: The petrographical studies in an archean bedrock area in southern central Sweden. *Striae 1*, Uppsala universitet.
- Lindén, M. & Möller, P., 2005: Marginal formation of De Geer moraines and their implications to the dynamics of grounding-line recession. *Journal of Quaternary Science* 20, 113–133.
- Lundin, S.-E., 1988: Ingenjörsgelogisk karta över Uppsalatrakten. – Kvartärgeologiska avdelningen. Uppsala universitet, 154.
- Möller, H., 1977: Beskrivning till jordartskartan Enköping SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 20*, 68 s.
- Möller, H., 1985: Beskrivning till jordartskartan Enköping SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 28*, 64 s.
- Möller, H., 1993: Beskrivning till jordartskartan Uppsala NV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 113*, 91 s.
- Möller, H. & Stålhös, G., 1971: Beskrivning till geologiska kartbladet Uppsala SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 9*, 69 s.

- Nyman, A., Johnson, A., Yu, C., Sohlenius, G., Becher, M., Dopson, M. & Åström, M., 2023: A nationwide acid sulfate soil study — A rapid and cost-efficient approach for characterizing large-scale features. *Science of the Total Environment* 869. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161845>
- Persson, C., 1982: Beskrivning till jordartskartan Östhammar SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae* 53, 59 s.
- Peterson, G. & Smith, C. A., 2013: Description of units in the geomorphic database of Sweden. *SGU-rapport 2013:4*. Sveriges geologiska undersökning, 18 s.
- Påsse, T. & Daniels, J., 2015: Past shore-level and sea-level displacements. *Rapporter och meddelanden* 137. Sveriges geologiska undersökning, 33 s.
- Sohlenius, G. & Öborn I., 2004: Geochemistry and partitioning of trace elements in acid sulphate soils in Sweden and Finland before and after sulphide oxidation. *Geoderma* 122, 167–175.
- Söderholm, H., 2010: Beskrivning till grundvattenförekomster i Enköpings kommun. *Sveriges geologiska undersökning K* 110, 62 s.
- Söderholm, H., 2017: Grundvattenmagasinet Stockholmsåsen, Norrsunda. *Sveriges geologiska undersökning K* 569, 10 s.
- Söderström, M. & Piiikki, K., 2016: Digitala åkermarkskartan – detaljerad kartering av textur i åkermarkens matjord. *Precisionssodling Sverige, Teknisk Rapport nr 37*. SLU.
- Thorsbrink, M. & Vikberg Samuelsson, E., 2019a: Grundvattenmagasinen Sävjaån–Storåns dalgång och Lilla Vallby. *Sveriges geologiska undersökning K* 630, 21 s.
- Thorsbrink, M. & Vikberg Samuelsson, E., 2019b: Grundvattenmagasinet i Samnans dalgång. *Sveriges geologiska undersökning K* 629, 17 s.
- Wendelin, E. & Mikko, H., 2020: Geologisk 3D-modell Uppsalaåsen, Uppsala kommun. *SGU-rapport 2020:37*. Sveriges geologiska undersökning, 10 s.
- Vikberg Samuelsson, E. & Thorsbrink, M., 2019: Grundvattenmagasinen Uppsalaåsen Uppsala och Uppsalaåsen Fredrikslund. *Sveriges geologiska undersökning K* 628, 22 s.
- Ågren, A. A., Maher Hasselquist, E., Stendahl, J., Nilsson, M. B. & Paul, S. S., 2022: Delineating the distribution of mineral and peat soils at the landscape scale in northern boreal regions. *SOIL* 8, 733–749. <https://doi.org/10.5194/soil-8-733-2022>