

Hantering av undermarksdata i infrastrukturplanering

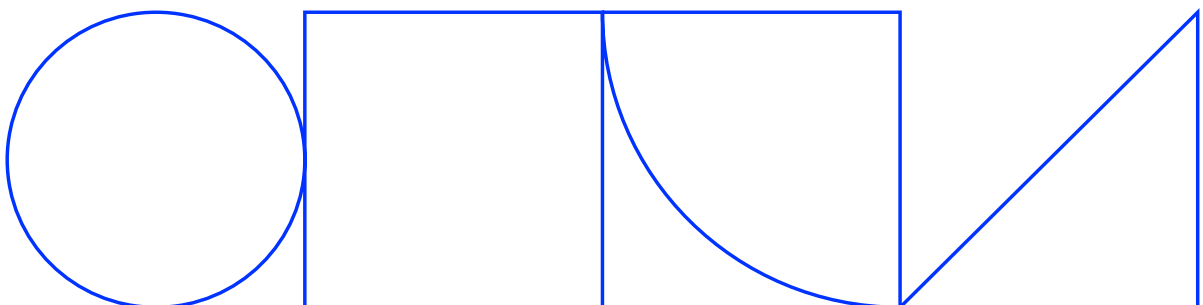
Sammanfattning

Joakim Robygd
Lunds Universitet

2025-06-03



SKANSKA



Förord

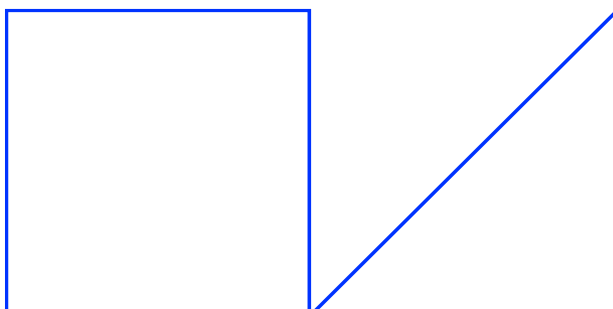
Arbetet har utförts inom ramen för InfraSweden 2030/Vinnova-projektet "REICOR – Rational and Efficient ground investigations for Industrialised Construction of new Railways" (projekt 2022 00188) som finansierats av Vinnova, Formas, Energimyndigheten, SBUF (projekt 13996), Trafikverket (projekt TRV 2019/70975), Skanska, SGU, Lunds Universitet och Uppsala Universitet. Ett speciellt tack riktas till Ulf Håkansson och Lennart Stenman på Skanska Sverige AB som initierade projektet tillsammans med Torleif Dahlin och peter Jonsson på LTH.

Tack till mina medförfattare i vetenskapliga och populärvetenskapliga artiklar, Lars Harrie, Tina Martin, Sakarias Lindgren, Daniel Löwenborg, Mehrdad Bastani, Alfredo Mendoza, Ulf Håkansson, Torleif Dahlin och Peter Jonsson.

Tack till mina handledare Tina Martin och Nils Rydén. Tack till referensgruppen som engagerade sig i diskussioner, speciellt Mats Svensson, Lars O Ericsson, William Bjureland, Johan Spross och Ola Forssberg.

Joakim Robygd

Juni 2025



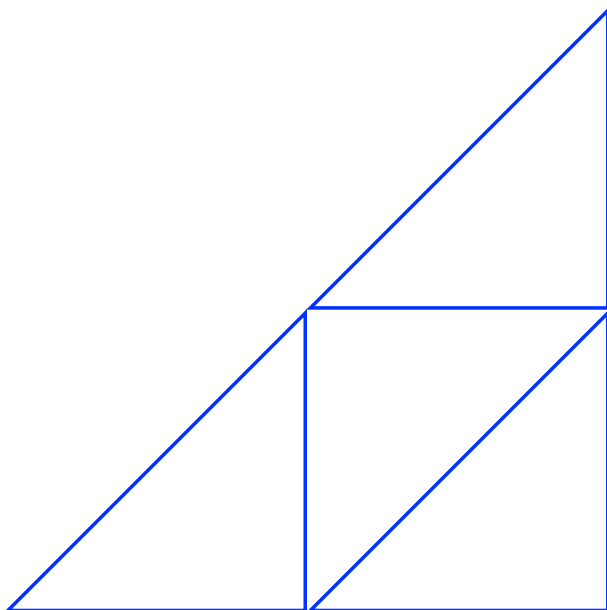
Sammanfattning

Detta projekt utvecklar nya metoder för geologisk markklassificering anpassade för moderna järnvägsbyggnadstekniker, särskilt pelarstödda höghastighetsspår. Traditionella svenska metoder bygger på antagandet att järnvägsspår grundläggs på ballastvall, men pelarstödda system från Asien erbjuder alternativ som ändrar markbelastningen från kontinuerlig till punktvis last. En multikriterieanalys utvecklades för att bedöma markens lämplighet för pelargrundläggning baserat på befintlig information från SGU och Lantmäteriet, med expertbedömningar och parvis viktning av kriterier. En fallstudie mellan Lund och Hässleholm visade optimerade lösningar jämfört med konventionella metoder.

SGU:s brunn-databas med cirka 800 000 litologiska beskrivningar användes för att träna maskininlärningsmodeller som klassificerar jordartsskiften baserat på miljövariabler. Modellerna visade mer representativa förutsägelser än traditionella kriging-metoder, men begränsningar identifierades i bristande standardisering av litologisk benämning.

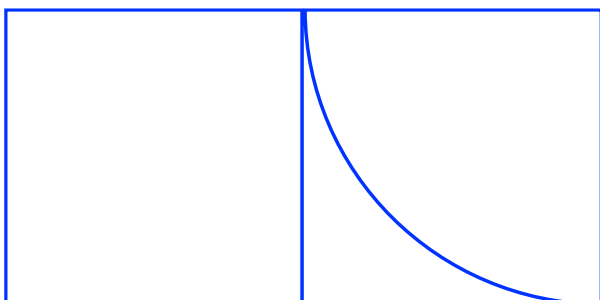
En enkätundersökning visade att kommuner besitter omfattande geotekniska data som skulle gynna en nationell databas. Resultaten visar att befintliga svenska data är högkvalitativa och användbara för infrastrukturplanering med rätt analysmetoder.

Projektets andra del kommer att fokusera på hantering av nya fältdata genom samtolkning av geotekniska och geofysiska metoder.



Innehåll

Bakgrund och syfte	4
Metoder och resultat	4
Slutsatser	7
Nästa steg - Del två av projektet	7



Bakgrund och syfte

Geologisk markklassificering utgör en avgörande del i all större infrastrukturplanering, särskilt för järnvägsprojekt. Traditionella metoder för markklassificering i Sverige bygger på antagandet att järnvägsspår normalt grundläggs på ballastvall, men nya utvecklingar inom järnvägsbyggande, såsom pelarupphöjda höghastighetsspår i Kina och Japan, erbjuder alternativa ansatser med lovande resultat. När Sverige planerar nya järnvägslinjer växer intresset för pelarstödda viaduktspår som ett möjligt alternativ.

Övergången till pelarstödda spår representerar en betydande förändring i markbelastning, från kontinuerlig till punktvis last, vilket minskar komplexiteten i massbalansberäkningar men ställer högre krav på undergrunden för pelarfundament. Trots detta saknas för närvarande metoder för markkaraktärisering som är specifikt anpassade för storskaliga pelarstödda järnvägssystem i Sverige.

I tidiga skeden av planeringen av nya järnvägar kan en stor del av underlaget utgöras av befintlig geologisk, geoteknisk och geografisk information. Denna befintliga information har i första delen av projektet använts med nya metoder för att optimera informationsökningen i planeringsskedet. Syftet med projektets första del har varit att implementera statistiska metoder för att få ut så mycket information som möjligt från befintliga data samt att undersöka hur mycket undermarksinformation som idag är tillgänglig.

Metoder och resultat

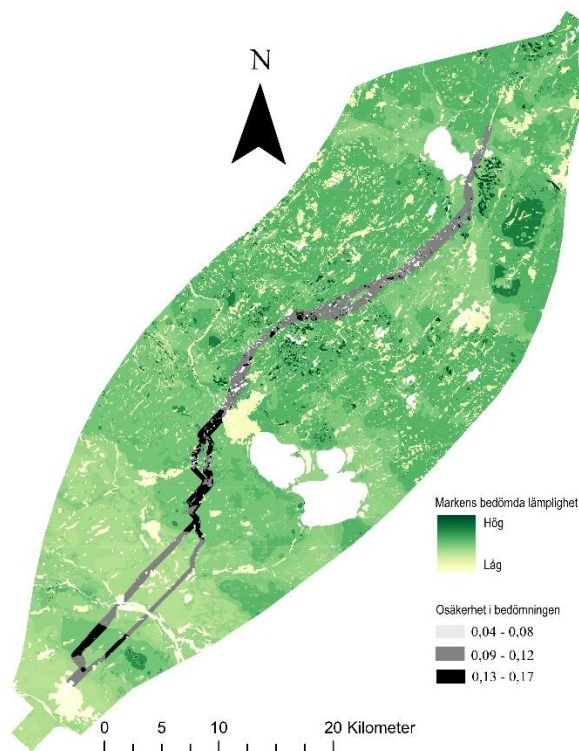
Yttäckande information och multikriterieanalys

Den relevanta yttäckande information för markklassificering som finns i tillräcklig spatial omfattning och hög upplösning levereras främst av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) och Lantmäteriet. Detta omfattar kartor över geologi, topografi och hydrogeologiska förhållanden, som används extensivt i projekt med markanspråk och bidrar med stora samhällsekonomiska värden i sin öppet tillgängliga form (Ekström & Johannesson, 2020).

Informationsunderlaget är detaljerat, vilket innebär att förenklingar, grupperingar och bedömningar av delinformation krävs vid användning. För att optimera tillgänglig yttäckande information i tidiga skeden av infrastrukturplanering utvecklades en multikriterieanalys med parvis viktade kategorier. Denna producerar en övergripande bedömning av markens lämplighet för grundläggning av pelarfundament för höghastighetsjärnväg.

Tillvägagångssättet bygger på expertutlåtanden och gruppdiskussioner, vilket möjliggör bedömning av osäkerheten i lämplighetsbedömningen. Den slutliga lämpligheten kan normaliseras för spatial frekvens och gjorda förenklingar i konstruktionen av kriteriematriserna. Varje ingående kriterium kan redovisas detaljerat för sitt bidrag till den slutliga lämpligheten, och osäkerheten i bedömningen kan vägleda tidiga fältinsatser (Figur 1).

Metoden applicerades i en fallstudie mellan Lund och Hässleholm i södra Sverige. Resultatet visar på optimerade lösningar (större antal enkla grundläggningar) jämfört med ett referensfall skapat med konventionella metoder. Studien publicerades i sin helhet i "Engineering Geology" (Robygd m.fl., 2025a) och fastslår att yttäckande markinformation idag är ytterst användbar, men att användbarheten är beroende av vilken typ av analys som genomförs för maximal informationsökning.



Figur 1. Karta över undersökningsområdet där marken klassificerats utifrån lämplighet för konstruktion av brofundament (gul-grön gradient). Över området har ett antal olika spårdragningar hittats och osäkerheten i bedömningen redovisas ovanpå. Längs med spårsträckningarna är områden med hög lämplighet, men även hög osäkerhet intressanta områden för riktade fältundersökningar utöver de områden med bedömt låg lämplighet.

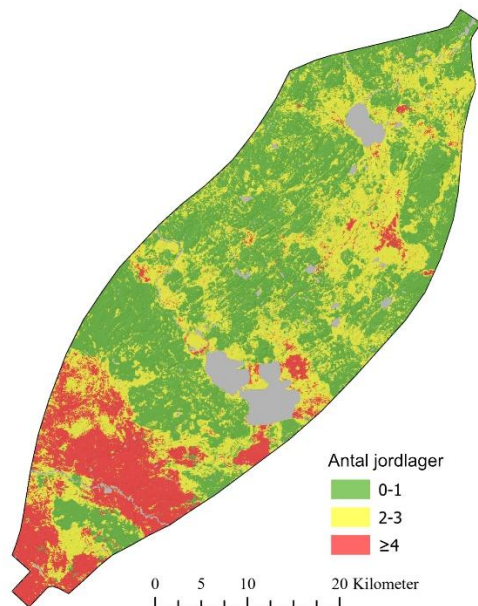
Maskininlärning för undermarksklassificering

Nästa steg undersökte hur tillgänglig undermarksinformation kan skapa mervärde i infrastrukturplanering. Undermarksdata från borrhningar och sonderingar har framgångsrikt använts inom gruvindustrin för datadrivna klassificeringar och förutsägelser med maskininlärningsmetoder. Fördelarna jämfört med interpolering ligger ofta i mer exakta resultat (där sannolikheten kan redovisas) samt att tränade modeller kan återanvändas i områden med lägre datatäckning under likvärdiga förhållanden.

SGU:s databas över borrade brunnar innehåller cirka 800 000 koordinatsatta litologiska beskrivningar med relativt uniform spridning i landet. Informationen

bearbetades så att varje brunn representerade antal jordartsskiften från markytan ned till berg. Modellerna tränades att klassificera osedda områden baserat på miljövariabler som ytliga jordarter, typ av berggrund, uppskattade jorddjup och avstånd till olika markanvändningsslag (Figur 2).

De skapade modellerna applicerades på undersökningsområdet mellan Lund och Hässleholm och visar mer representativa förutsägelser än när kriging används för samma syfte på samma data. Samtidigt saknar brunnsdatabasen standardiserad benämning av noterad litologi, vilket begränsar modellernas användbarhet. En förenklad omtolkning av litologin till generella grupper som friktionsmaterial, kohesionsmaterial, fin- och grovkornig morän samt organiska jordar behövs för att applicera modellerna på geotekniskt intressanta målparametrar som täckta sättningsskänsliga jordar eller trycksatta friktionslager i morän. Trots detta är databasen värdefull och välanpassad för datadriven analys även i nuvarande form. Resultaten har inlämnats i artikelform till tidskriften "Geodata and AI" (Robygd m.fl., 2025b, inskickat manuskript).



Figur 2. Klassificeringsresultat av antal jordlager då modellen tränats på SGU's brunnsdatabas samt flertalet miljövariabler.

Samordning och framtidspotential

Alla resultat har samordnats i en GIS-miljö för visualisering i både plan och 3D. Den sammantagna bedömningen är att tillgången på relevant information för högkvalitativ markklassificering i tidiga skeden är god i Sverige. Den största förbättringspotentialen ligger i standardisering av litologisk information i befintliga databaser samt nya riktlinjer för framtida rapportering. Ytterligare undermarksinformation tillförs genom arbetet med den nationella geotekniska databasen (SGU, 2023).

Inom ramen för licentiatarbetet genomfördes även en enkätundersökning som kartlade geoteknisk information i kommunal ägo, hur den förvaras, används och om möjligheter

finns för integration i en nationell databas. Resultaten visar att kommunerna generellt ser stort värde i digitaliserad undermarksinformation, men att få gemensamma nämnare finns i hantering, förvaring och tolkning av beställd information. Stora möjligheter identifieras inom automatiserad extraktion av undermarksdata från PDF till koordinatsatta rådata. Integration av kommunala geotekniska data i en nationell databas skulle öka möjligheterna till meningsfull datadriven geoteknik i Sverige, med specifika värden för linjär infrastrukturplanering då sådana projekt berör stora områden och korsar flera kommungränser. Enkätresultaten finns publicerade i licentiatavhandlingen (Robygd, 2025).

Slutsatser

- Befintliga data är generellt sett högkvalitativa, användbara och har stor spatial utbredning i Sverige. Med bedömningsbaserade metoder kan befintlig information förenkla arbetsgången, bidra med osäkerhetsmått och skraddarsys för tilltänkta grundläggningsmetoder.
- Undermarksdata i brunnsdatabasen är en utmärkt resurs för datadriven metodutveckling. Däremot behövs standardisering av benämningen av påträffad geologi vid brunnborrning för att ytterligare förbättra användbarheten av datasetet för infrastrukturplanering
- Sveriges kommuner har en stor mängd geotekniska data. Denna är ofta svårtillgänglig med anledning av skillnader i förvaltning av sådan data mellan kommuner. Att inkorporera kommunernas geotekniska databaser i en nationell databas bedöms som viktigt för framtidens datadrivna geoteknik.

Nästa steg - Del två av projektet

Medan del ett fokuserade på hantering av befintliga data inom infrastrukturplanering, kommer del två att behandla hantering av nya data i fältundersökningsfasen.

Typgeologier och representativ karakterisering

Eftersom linjära strukturer korsar flera olika geologiska miljöer blir detaljerad beskrivning av typgeologier avgörande inom undersökningsområdet. Optimalt genomförs sådan detaljerad beskrivning tidigt i planeringsskedet och representerar förhållandena för större områden av samma typgeologi inom hela undersökningsområdet. Om denna information dessutom kan samlas in snabbt och kostnadseffektivt kan fler typgeologier bestämmas och vägleda fortsatt projektering.

I del två kommer sådan information att utvärderas genom samtolkning av geotekniska och geofysiska fältdata. Metoderna som använts för datainsamling har därför valts ut med varierande tidsåtgång i åtanke. Snabba metoder så som luftburna induktiva geofysiska metoder kan samla in stora mängder data på kort tid medan markbundna geofysiska metoder samlar in data med högre upplösning. De geotekniska

borrningarna och sonderingarna är klassiska metoder som innebär tydlig karaktärisering av marken i djupled, dock endas i enstaka punkter. Varje informationsstegs bidrag till osäkerhetsminskning ska utvärderas utifrån tid- och kostnadsanalys.

Referenser

Ekström, D. & Johannesson, J. (2020). Värdet av öppna data. Samhällsekonomisk nyttoanalys av tillgängliggörande av särskilt värdefulla data. Damvad analytics. 03.04.20.

Robygd, J. (2025). Subsurface data handling in infrastructure planning: A geological perspective. *Licentiate thesis, Lund University. ISBN: 978-91-8104-560-4.*

Robygd, J., Harrie, L. & Martin, T. (2025)a. Spatial multi criteria analysis of ground conditions in early stages railway planning using analitical hierarchy process applied to viaduct-type rail in southern Sweden. *Engineering Geology, 348.*

Robygd, J., Lindgren, S. & Löwenborg, D. (2025, inskickat manuskript)b. Towards a data-informed desktop study: Predictive modelling of geological and archaeological data. *Submitted to Geodata and AI.*

SGU (2023). Dataproduktspecifikation geoteknisk markundersökning 1.0test3. Teknisk rapport. Sveriges Geologiska Undersökning (SGU).