

Kartläggning av kol, kväve och organiskt material i marken vid Centralytan, Skogaryd Research Catchment

Elsa Nilsson

**Degree of Bachelor of Science
with a major in Earth Sciences
15 hec**

**Department of Earth Sciences
University of Gothenburg
2022 B-1169**

Faculty of Science



UNIVERSITY OF GOTHENBURG

Kartläggning av kol, kväve och organiskt material i marken vid Centralytan, Skogaryd Research Catchment

Elsa Nilsson

ISSN 1400-3821

B1169
Bachelor of Science thesis
Göteborg 2022

Mailing address
Geovetarcentrum
S 405 30 Göteborg

Address
Geovetarcentrum
Guldhedsgatan 5A

Telephone
031-786 19 56

Geovetarcentrum
Göteborg University
S-405 30 Göteborg
SWEDEN

Sammanfattning

Mark kan lagra stora mängder kväve och organiskt kol, och den lagrade mängden ändras över tid. Hur väl en skog binder kol och kväve i marken beror bland annat på typen av skogsskötsel som bedrivs i området. Till följd av detta kan marken agera som antingen en källa eller en sänka för växthusgaser till atmosfären. De kommande åren ska ett skogsskötselprojekt genomföras i ett delområde av Skogaryd Research Catchment, där bland annat markrespiration ska följas över en längre tid för olika typer av skogsskötsel. Inför projektet måste mängden kol och kväve i marken mätas i området. Syftet med denna studie är att inventera mängden kol, kväve och organiskt markinnehåll i delområdet ”Centralytan”, samt undersöka hur dessa varierar spatialt och i djupled. Därtill undersöks även den gravimetriska vattenhalten och jordmånens djup.

Prover togs från 18 platser vid fyra djup på varje plats. Vid fyra av platserna undersöktes även bulkdensiteten. Mängden kol och kväve i proverna analyserades med *Isotope Ratio Mass Spectrometry* och mängden organiskt material undersöktes genom glödugnsförlust. Resultaten visar varierade halter av både kol, kväve och organiskt material spatialt över området, men också att halterna generellt minskar med djupet. Vattenhalten har en hög korrelation med mängden organiskt material, och bulkdensiteten ökar med djupet i jordmånen.

Abstract

Soils can store large quantities of nitrogen and organic carbon, and the stored amount changes over time. Among other factors, the efficiency at which a forest stores soil carbon and soil nitrogen depends on the type of forestry that is used in the area. As a result, the soil can act as either a greenhouse gas source or sink. Over the following years, a forestry project will be conducted at Skogaryd Research Catchment, which among other factors will focus on tracking soil respiration over a longer time span for different types of forestry. Before the project begins, the amount of soil carbon and soil nitrogen must be measured. The aim of this study is to measure the amount of carbon, nitrogen and organic matter in the soil of the sub site called “Centralytan” and examine how these vary both spatially and with the depth of the soil. In addition, the gravimetric water content and the depth of the soil are examined.

Four samples from different depths were taken from 18 locations. Additionally, the bulk density was measured at four of the locations. The amount of carbon and nitrogen in the samples were measured using Isotope Ratio Mass Spectrometry and the amount of soil organic matter was measured using loss on ignition. The results show varying amounts of carbon, nitrogen, and organic matter spatially, but also that the amounts typically decrease with depth. The water content correlates strongly with the amount of soil organic matter, and the bulk density increases with depth.

1. Introduktion.....	1
1.1 Kol och kväve i mark.....	1
1.2 Skogsbrukets påverkan på markens kol och kväve.....	2
1.3 Syfte.....	3
2. Skogaryd Research Catchment.....	3
3. Metod.....	5
3.1 Platser för provtagning.....	5
3.2 Provtagning.....	7
3.3 Analys av prover.....	8
3.4 Bearbetning av analysdata.....	9
4. Resultat.....	10
4.1 Jordmån och djup.....	10
4.2 Bulkdensitet.....	12
4.3 Kolhalt.....	13
4.4 Kvävehalt.....	15
4.5 C:N-kvot.....	17
4.6 Soil Organic Matter.....	17
4.7 Gravimetrisk vattenhalt.....	20
5. Diskussion.....	21
5.1 Platser för provtagning.....	21
5.2 Jordmån och djup.....	21
5.3 Bulkdensitet.....	22
5.4 Kolhalt.....	23
5.5 Kvävehalt.....	24
5.6 C:N-kvot.....	25
5.7 Soil Organic Matter.....	26
5.8 Gravimetrisk vattenhalt.....	27
6. Slutsatser.....	28
7. Tack.....	29
8. Referenser.....	29

1. Introduktion

1.1 Kol och kväve i mark

Mark kan lagra kol i både organisk och oorganisk form, och den totala mängden kol som finns i världens jordmåner överskrider både atmosfärens och de terrestra växternas kolinnehåll (Schmidt et al., 2011). Kvantitativa uppskattningar av mängden markkol globalt varierar kraftigt mellan olika studier, men de flesta rapporterar en total global mängd på cirka 1500 Pg kol i den översta metern (Scharlemann et al., 2014). Ursprungligen kommer kolet i marken främst från atmosfären, vilket tas upp av växter genom respiration för att sedan transporteras till marken via rötter och döda växtdelar (Ashman & Puri, 2013, s. 79). I olika typer av ekosystem finns det stora skillnader i kvoten mellan hur mycket organiskt kol som lagras i marken och hur mycket som lagras i biomassan. I Sveriges boreala, fuktiga skogar befinner sig majoriteten av det organiska kolet i jordmånen (Scharlemann et al., 2014).

Det organiska materialet i marken, eller *Soil Organic Matter* (SOM), består vanligtvis till 58% av kol sett till massan (Ashman & Puri, 2013, s. 7). Hur väl SOM hålls kvar i jordmånen beror till den största delen inte på molekylära faktorer, utan främst på fysiska och biologiska faktorer i ekosystemet. De främsta parametrarna inom dessa faktorer är fysisk avskärmning, absorbering och desorbering samt frysning och tining (Schmidt et al., 2011). Mer SOM i en jordmån ökar dess förmåga att hålla vatten till följd av att mängden porutrymmen ökar, dels på grund av aggregaten som formas av det organiska materialet och dels för att förhållandena blir mer gynnsamma för olika organismer (Bot, 2005).

Mängden kväve i markens översta meter uppskattas globalt till cirka 135 Pg (Batjes, 2014). Till största del kontrolleras kvävecykeln av mikroorganismer och deras interaktion med exempelvis de döda växtdelar som tillförs till marken (Ashman & Puri, 2013, s. 82). Cyklingen av kväve i marken beror därefter till stora delar på mineralisering från en organisk form till en oorganisk, immobilisering från en oorganisk form till en organisk och hur snabbt dessa motstående processer sker jämfört med varandra (Osler & Sommerkorn, 2007). Masskvoten mellan kol och kväve (C:N-kvoten) är en viktig parameter för hur snabbt immobilisering och mineralisering sker, och har därför en stor påverkan på hur mycket kväve som finns tillgängligt för växter, då de inte kan ta tillvara på immobiliserat kväve

(Ashman & Puri, 2013, s. 84). Olika biologiska system behöver olika mängd kol i förhållande till kväve, och beroende på vad som finns tillgängligt i marken kommer kväve antingen att immobiliseras för att kompensera för ett underskott på organiskt kväve eller mineraliseras i de fall då organiskt kväve finns i överflöd (Ashman & Puri, 2013 s. 85). Ett högre värde på C:N-kvoten innebär att det finns mer kol i marken i förhållande till kväve.

För att konvertera halter av kol, kväve och SOM mätt i massprocent till massa per volymenhet används vanligen bulkdensitet. Bulkdensiteten beskrivs som massan av jorden som upptar en viss volym, med vattnets massa borträknat (Ashman & Puri, 2013 s. 36). Massan per volymenhet erhålls genom att bulkdensiteten multipliceras med andelen kol, kväve eller SOM i det aktuella jordprovet. En stor mängd sten i ett bulkdensitetsprov kan påverka resultatet avsevärt.

1.2 Skogsbrukets påverkan på markens kol och kväve

Typen av skogsbruk som bedrivs i ett område påverkar starkt hur väl kol binds, både till biomassan och till marken. Flera av de faktorer som omsättningen av SOM beror på påverkas direkt eller indirekt av skogsskötseln, men påverkan på mineraljordar är avsevärt mindre undersökt än påverkan på den organiska horisonten (Jandl et al., 2007). Förändringen i markens kolbindning sker dessutom fördröjt jämfört med de förändringar i biomassa ovan jord som följer en avverkning (Jandl et al., 2007). Trakthyggesbruk, vilket är en typ av skogsbruk där skogen planteras och skördas i sin helhet över olika faser (Albrektson, 2012), ger generellt en stor påverkan på marken, och ökningen i kol i biomassan då skogen växer upp igen de närmaste åren efter avverkning uppnår nödvändigtvis inte den kolförlust som sker under markytan inom samma tidsperiod (Jandl et al., 2007; Lindroth et al., 2018). Kvävehalten i mineraljorden påverkas dock inte lika kraftigt som kolhalten av trakthyggesbruk (Jurgensen et al., 2012). Studier på selektivt skogsbruk, eller gallring, vilket innebär att inte hela skogen avverkas samtidigt, har visat varierade resultat i förändringar på markkväve och markkol (Jurgensen et al., 2012). Generellt ger selektivt skogsbruk lägre påverkan på markkol i jämförelse med trakthyggesbruk, men intensiteten av gallringen är en viktig faktor (Jandl et al., 2007). Även skogsskötsel där bestånden tillåts bli äldre innan de huggs ner, och därför får en förlängd rotationstid, har potential att minska förlusten av markkol eftersom skogen utsätts för färre störningar (Jandl et al., 2007).

1.3 Syfte

De kommande åren ska ett skogsskötselprojekt genomföras vid Skogaryd Research Catchment (SRC), i området som kallas ”Centralytan”. I detta projekt ska kolbalansen för olika skogsskötselmetoder jämföras, där bland annat kolhalten i marken följs över en längre tid, tillsammans med mätningar av växthusgasflöden och markrespiration. De typer av skogsskötsel som ska undersökas är trakthyggesbruk, hyggesfritt skogsbruk genom selektiv avverkning och förlängd rotationstid på bestånd. Innan projektet påbörjas måste bland annat mängden kol och kväve i marken vid den aktuella ytan mätas.

Syftet för denna studie är att inför skogsskötselprojektet kartlägga mängden kol, kväve och SOM i marken i området ”Centralytan” vid SRC, samt hur dessa värden varierar. Variationen undersöks både spatialt och i djupled. Utöver detta kartläggs även jordmånens djup och vattenhalt. Mängden kol och kväve undersöks med *Isotope Ratio Mass Spectrometry* (IRMS), och SOM undersöks genom glödugnsförlust. Följande frågeställningar ska besvaras;

Huvudfrågeställningar:

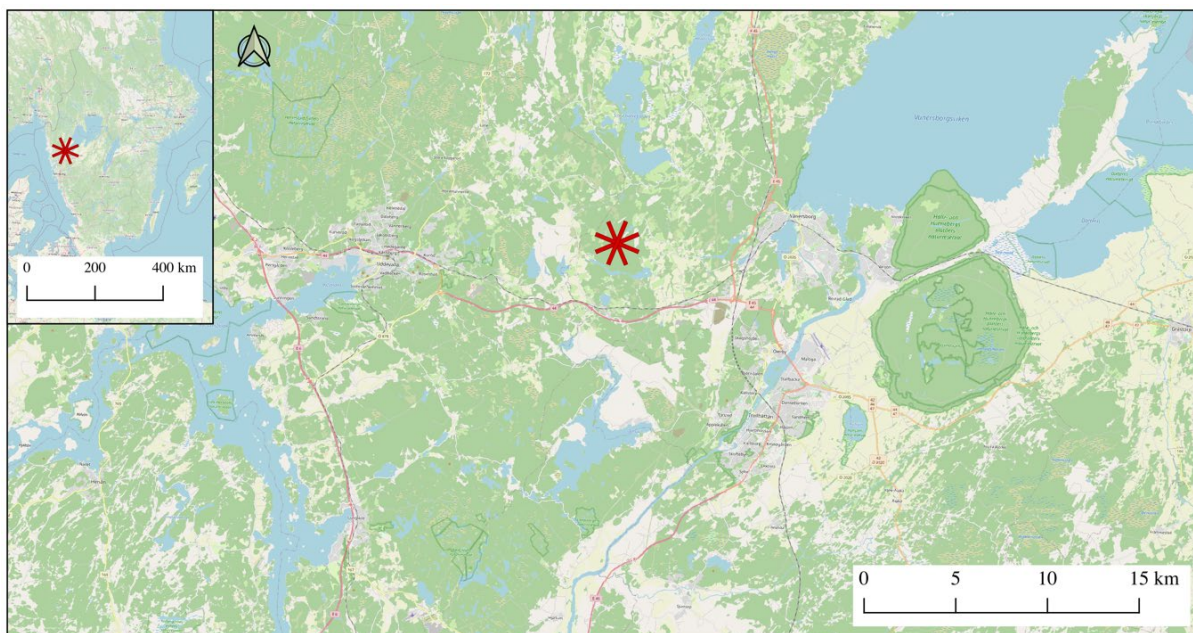
- Hur varierar mängden organiskt kol i marken vid Centralytan?
- Hur varierar mängden kväve i marken vid Centralytan?
- Hur varierar mängden SOM i marken vid Centralytan?

Tillägsfrågeställningar:

- Hur varierar jordmånens djup vid Centralytan?
- Hur varierar vattenhalten i marken vid Centralytan?

2. Skogaryd Research Catchment

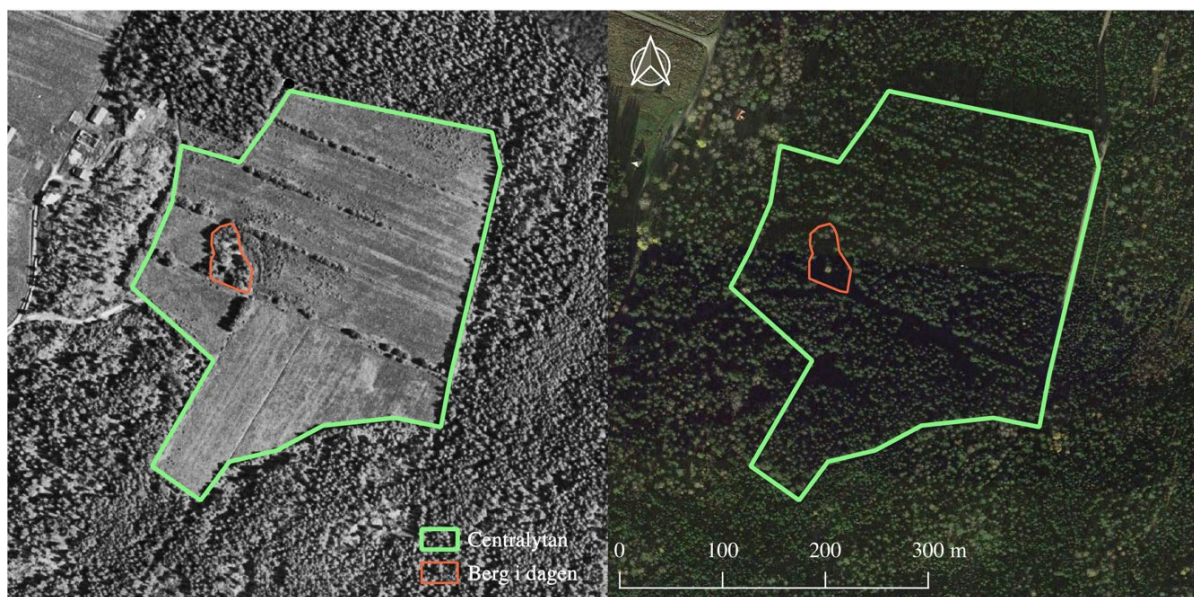
SRC startades upp 2013 och är den del av forskningsnätverket *Swedish Infrastructure for Ecosystem Science* (SITES). Vid stationen bedrivs forskning med fokus på processer på en landskapsnivå med det primära syftet att utveckla metoder för att mäta utbyten av växthusgaser mellan olika system, så som atmosfär, biomassa, vatten och mark (Göteborgs universitet, 2022). SRC ligger öster om Vänersborg (se figur 1).



Figur 1: Karta över södra Sverige (till vänster) samt karta över området mellan Uddevalla och Vänersborg. Skogaryd Research Catchment är markerad som en röd stjärna på båda kartorna.

Centralytan är en del av SRC som fram till början av 60-talet bestod av åkermark, vilken strax därefter beskogades. Idag är skogen på Centralytan 60 år gammal (Lindroth et al., 2020). Terrängen på ytan är till största delar platt, med undantag av ett mindre område med berg i dagen i den västra delen av området, vilket är upphöjt i relation till det resterande området. Det finns en viss lutning mot väster, och den östra kanten ligger cirka fyra meter högre än den västra kanten. Parallella diken sträcker sig i nordvästlig/sydöstlig riktning med cirka 50 meters mellanrum och löper över hela Centralytan, med undantag av de södra delarna, där diken istället har en nordöstlig/sydvästlig riktning. Figur 2 visar ett ortofoto från 1962 och en satellitbild från 2021, med Centralytan markerad. Dikena är synliga på ortofotot och markerat på kartorna finns även området med berg i dagen.

Jordmänen på Centralytan består av en umbrisol, vilken ligger ovanpå lera. Undantaget för detta är området med berg i dagen, där jordmänen istället ligger direkt ovanpå berggrund. umbrisol är en jordmån med låg utveckling av horisonter och består av ett organiskt lager följt av en A-horisont, rik på organiskt kol (Ashman & Puri, 2013 s. 105). Cambrisoler, vilket bland annat innefattar umbrisoler, har enligt Batjes (2014) en medelbulkdensitet på $1,36 \text{ g/cm}^3$, med en spridning från $0,53 \text{ g/cm}^3$ till $2,47 \text{ g/cm}^3$.



Figur 2: Till vänster: Ortofoto från 1962 (©Lantmäteriet) över Centralytan, då den fortfarande användes som jordbruksmark. Dikena syns som streck i nordvästlig/sydöstlig riktning samt i nordöstlig/sydvästlig riktning längst i söder. Inringat i rött finns området med berg i dagen. Till höger: Satellitbild från 2021 (©Google) över samma område. Dikena kan urskiljas som mörkare linjer, och området med berg i dagen är även här markerat.

3. Metod

3.1 Platser för provtagning

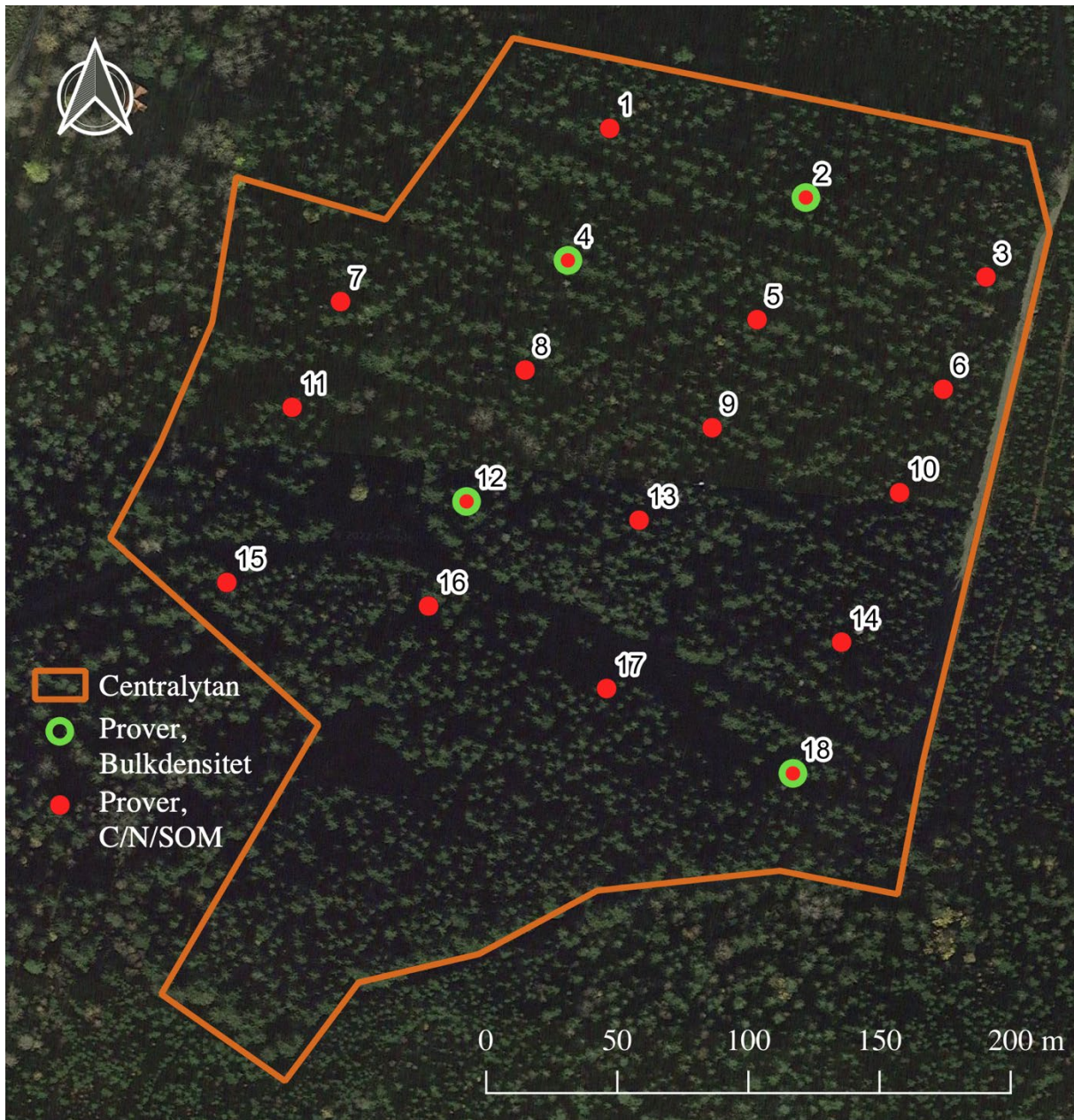
Antalet platser för provtagning bestämdes utifrån tabeller från Pennock et al. (2007 s. 6-7) över variationskoefficienten (CV) och antalet prover som behövs för att ta fram det sanna medelvärdet. Antalet prover som krävs är inte beroende av arean på området. För mätning av kol- och kvävehalt samt SOM krävdes 18 punkter, och fyra av dessa valdes slumpmässigt ut för att även användas för provtagning av bulkdensitet. Punkterna placerades i ett systematiskt rutnät utifrån följande kriterier;

- Punkterna ska ligga minst en meter från dikena för att minimera påverkan från dessa.
- Rutnätet ska ha god täckningsgrad över Centralytan.
- Inga punkter får ligga utanför området.
- Området med berg i dagen (se figur 2) ska undvikas.

Platserna för provtagning bestämdes innan området besöktes, och det slutgiltiga rutnätet hade 50 respektive 75 meter mellan punkterna. Inga prover togs från den sydvästra delen av Centralytan då denna del inte är huvudfokuset i studien.

Vid provtagningen användes en högpresisions-GPS för att hitta de 18 platserna med fyra decimalers noggrannhet mätt i decimalgrader, varefter de loggades digitalt. Om den tilltänkta provtagningsplatsen krockade med störande delar av terrängen, såsom utrustning från andra pågående experiment, traktorspår eller stigar, flyttades den till närmsta godtagbara plats, vars koordinater loggades.

De platser som loggades vid provtagningen och användes för vidare analyser presenteras i figur 3. Vid loggningen av koordinaterna förlorades koordinatdata för två av platserna; punkt 3 samt 17. För vidare spatial bearbetning av provresultaten från dessa två platser användes istället punkterna i originalrutnätet. Utöver detta behövde två platser för provtagning flyttas; plats 13 befann sig på en större stig och plats 15 krockade med stationär forskningsutrustning. Proverna för dessa togs därför 19,0 respektive 17,0 meter från de ursprungliga platserna i rutnätet. De övriga 14 provplatserna (utöver de två som inte loggades korrekt och de två som flyttades) kunde tas vid punkterna i rutnätet med ett medelavstånd från rutnätets punkter på 4,1 m ($\sigma=2,7$ m).



Figur 3: Karta över Centralytan med provtagna platser markerade. Röda punkter visar provplatser för kol, kväve och SOM, och gröna ringar visar provplatser för bulkdensiteten. Observera att koordinatdata för plats 3 och 17 förlorades, och att dessa två punkter istället visar platserna utsatta i originalrutnätet. Platserna gav täckningsgrad över hela Centralytan, med undantag av det sydvästra partiet. (Satellitbild: ©Google)

3.2 Provtagning

För att vid provtagningen undvika den kompaktering av jordmånsprofilen som skedde vid användning av jordprovtagare grävdes ett hål med minst en vertikal sida vid varje plats. Hålet grävdes till det djup där jordmånen övergick i lera, och djupet till denna övergång mättes med nollpunkten satt till den organiska horisontens undersida. Prov om minst tio gram togs på djupen 0-5 cm, 5-10 cm, 20-30 cm samt 40-50 cm för analys av markkol,

markkväve och SOM. Ifall jordmånen var grundare än 40 cm djup på en specifik plats togs inget fjärde prov på platsen, och om jordmånen var grundare än 25 cm djup togs det tredje provet på 10-20 cm djup istället. För provtagning av bulkdensitet användes bulkdensitetringar med höjden 5,0 cm och diametern 7,2 cm. Proverna togs från sidan in i jordmånsprofilen på djupen 0-7 cm, 5-12 cm, 22-29 cm och 42-49 cm. Om jordmånen inte nådde 42 cm ner togs inget fjärde prov på platsen. Varje prov lades i påsar, vilka märktes och förslöts inför transport.

3.3 Analys av prover

Proverna tagna för bulkdensitet torkades på 50 °C i sju dygn och vägdes därefter. Bulkdensiteten (BD) beror på det torra provets massa (m_{torr}) och på bulkdensitetsringens volym (V_{BDring}) och beräknades som;

$$BD = m_{torr} \div V_{BDring}$$

I vidare beräkningar användes medelvärden för bulkdensiteten på varje djup. För beräkningar på djupet 10-20 cm användes värdet på 15 cm djup på den linjära trendlinjen för medelvärdet. Bulkdensitetsvärdena jämfördes även med bulkdensitetsdata från Centralytan år 2007. Dessa var tagna på två olika, varierande, djup från tre olika platser på Centralytan.

I proverna som tagits för analys av kol, kväve och organiskt markinnehåll beräknades först den gravimetriska vattenhalten (θ_g). För detta rensades proverna från rötter och stenar, varefter ett delprov om minst tio gram från varje prov vägdes och torkades på 50 °C i fyra dygn. De torra proverna vägdes igen och vattenhalten mätt i procent beräknades som;

$$\theta_g = (m_{blöt} - m_{torr}) \div m_{blöt} \times 100$$

För analys av markkol och markkväve i proverna överfördes ett delprov från var och en av de torkade proverna som använts för vattenhalt till eppendorfrör, varefter delproverna krossades i en laboratoriekvarn i 55 sekunder. Från varje krossat prov överfördes två delprov om 30 mg ($\pm 0,1$ mg) vardera till pressade tennkapslar på 8×5 mm, vilka förslöts tätt och formades till små bollar. För var tionde kapsel förbereddes även två tennkapslar innehållande sedimentstandard med högt organiskt innehåll om 15 mg ($\pm 0,1$ mg) vardera.

Tennkapslarna brändes och analyserades med IRMS, vilket gav massprocenten kol och kväve i proverna.

För mätning av SOM överfördes delprover om fem gram från de torkade proverna till porslinsdeglar, vilka brändes på 550 °C i åtta timmar. Därefter vägdes proverna igen, och SOM, eller glödugnsförlusten, beräknades i procent som;

$$SOM = (m_{obränd} - m_{bränd}) \div m_{obränd} \times 100$$

Andelen kol, kväve och SOM multiplicerades med bulkdensiteten för att ge värden i massa per volymenhet. Vidare beräknades även C:N-kvoten som massprocenten kol dividerat med massprocenten kväve.

3.4 Bearbetning av analysdata

För att få värden mätt i massa kol, kväve respektive SOM per area för alla segment i markprofilerna ner till jordmånens maxdjup krävdes både interpolation och extrapolation av värden. För segment där värden behövde interpoleras (i de flesta fall djupen 10-20 cm samt 30-40 cm) användes ett medelvärde av de närmast uppmätta värdena ovanför och nedanför i profilen. Exempelvis, för interpolationen av halten på 10-20 cm djup användes medelvärdet för halten på 5-10 cm och 20-30 cm djup. Värdena i segmentet från underkanten av det djupast tagna provet ner till jordmånens maxdjup behövde extrapoleras, och för detta användes en exponentiell trendlinje för de uppmätta värdena på varje plats, av vilken det aktuella intervallet integrerades i WolframAlpha (Wolfram Alpha LLC, 2022). Värdena för varje segment i de provtagna och interpolerade delarna av jordmånsprofilen multiplicerades med tjockleken på det aktuella segmentet och samtliga summerades tillsammans med det integrerade värdet för extrapolationen. Detta gav massan per area för hela jordmånsprofilen för var och en av de provtagna platserna.

Den spatiala analysen av provresultaten utfördes utifrån koordinaterna för de loggade punkterna (se figur 3), inte utifrån koordinaterna i det ursprungliga rutnätet. Kriging interpolation i QGIS användes för att utföra interpolationer spatialt över Centralytan. Interpolationer utfördes för jordmånens djup samt för kolhalt, kvävehalt och SOM, mätt i massa per area.

4. Resultat

4.1 Jordmån och djup

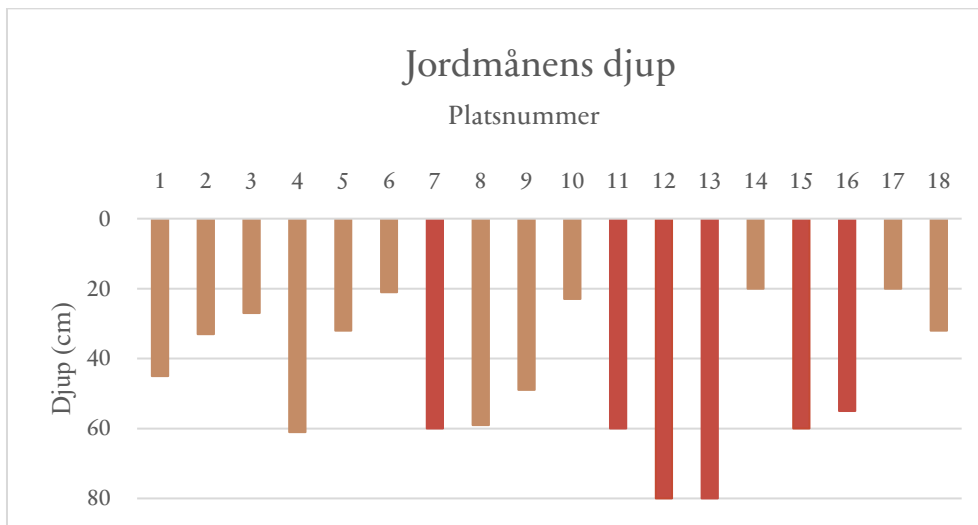
Inför provtagningen förväntades det att jordmånerna vid Centralytan skulle vara en umbrisol, och ingenting som observerades talar emot detta. Det finns dock viss variation mellan de olika platserna. Två observationer som noterades är att jordmånerna vid plats 17 och 18 har en till synes mycket hög lerhalt och att ett lager av bränt kol hittades vid plats 12 och 13 (figur 4). Det brända kolet hittades på cirka 25-45 cm djup. Marken innehåller inte någon större mängd sten.



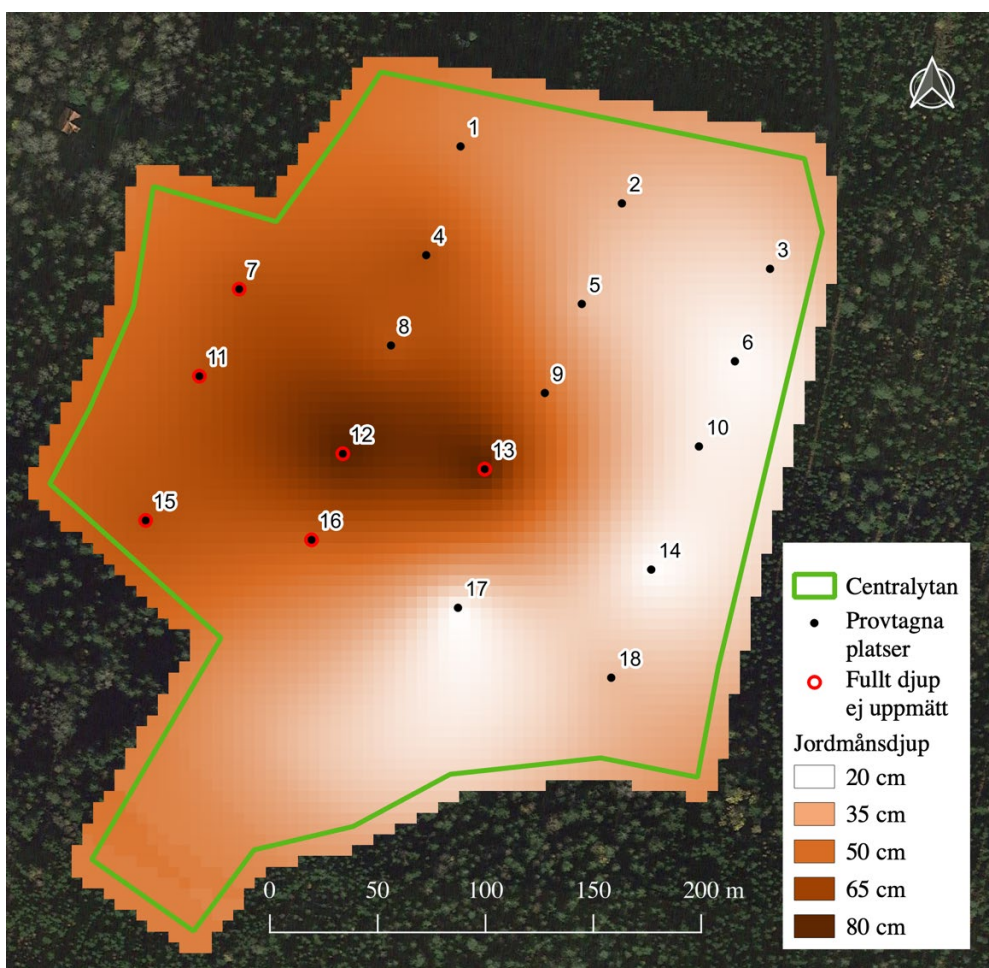
Figur 4: Bulkdensitetprov från plats 12 på djupet 22-29 cm. Notera bitarna av bränt kol, vilka syns tydligt upptill, nertill och till höger i provet.

Djupet på jordmånerna har en hög variation över hela området, se figur 5 samt interpolerad karta i figur 6. Vid sex av platserna kunde det totala djupet till leran inte mätas; två för att utrustningen inte räckte till för att gräva djupare (plats 12 samt 13) och fyra för att jordmånerna övergick i en hårt packad, rödbrun sand som kraftigt försvårade grävningen (plats 7, 11, 15 samt 16). Vid dessa platser noterades maxdjupet på det grävda hålet, och för interpolationen i figur 6 samt vidare analyser användes dessa grävda maxdjup för de platserna. På åtta av platserna överskrider jordmånens djup inte 40 cm, och från dessa togs

därför bara prover från tre djup. För fem utav dessa åtta överskrider jordmånens djup inte heller 25 cm, och från dessa togs det tredje provet på 10-20 cm djup.



Figur 5. Jordmånens djup vid de 18 provtagna platserna. De röda staplarna markerar de sex platser där det totala djupet inte kunde mätas.

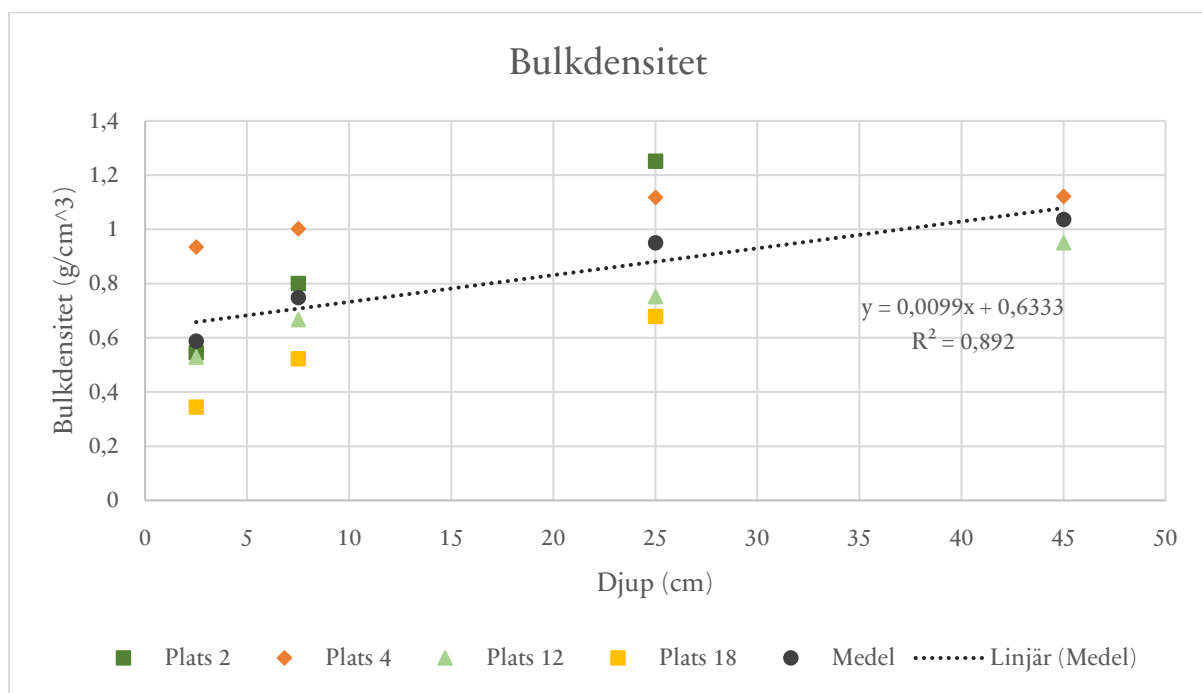


Figur 6. Interpolerad karta över djupet på jordmånen vid Centrallytan. Mörkare färger indikerar en djupare jordmån. Notera att interpolationen är baserad på de uppmätta värdena vid varje mätplats och att jordmånen i vissa fall var djupare än så, se platser med röda ringar. Notera även att området med berg i dagen ej är borträknat från interpolationen. (Satellitbild: ©Google)

4.2 Bulkdensitet

På samtliga platser där bulkdensiteten mättes ökar densiteten med djupet. Det lägsta värdet finns vid plats 18 på 0-5 cm djup ($0,55 \text{ g/cm}^3$) och det högsta värdet finns på plats 2 på 20-30 cm djup ($1,25 \text{ g/cm}^3$). R^2 -värdet för linjära trendlinjer i djupled på varje plats ligger mellan 0,80 och 0,98, och medelvärdets linjära trendlinje har $R^2=0,89$. Samtliga värden presenteras i figur 7. På 15 cm djup har medelvärdets trendlinje värdet $0,87 \text{ g/cm}^3$; ett värde som enligt metoden vidare användes för beräkningar på markkol, markkväve samt SOM på 10-20 cm djup.

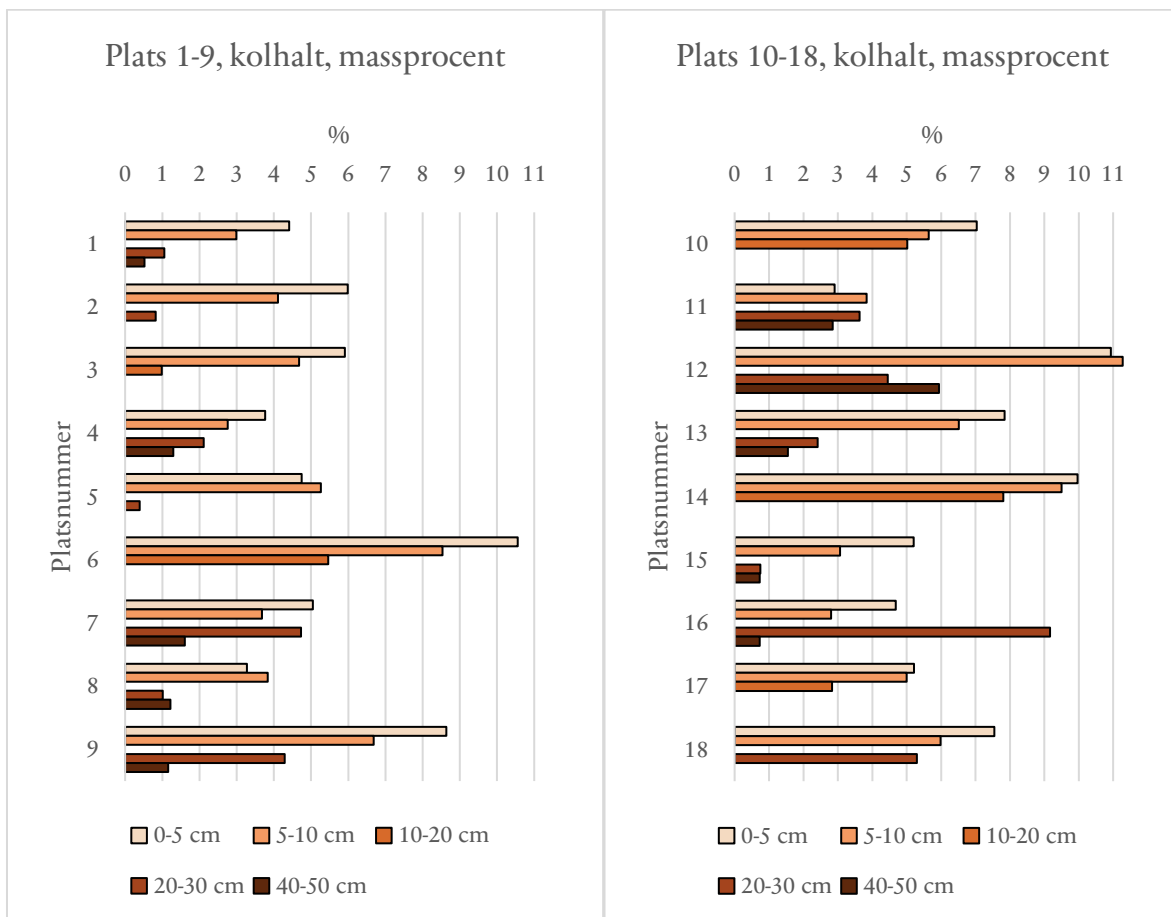
Jämfört med värdena som uppmättes på Centrallytan 2007 är värdena i denna studie generellt lägre; $\mu=0,83$ jämfört med $\mu=1,06$. Möjliga anledningar för detta samt implikationer för resultatet avhandlas vidare i diskussionen.



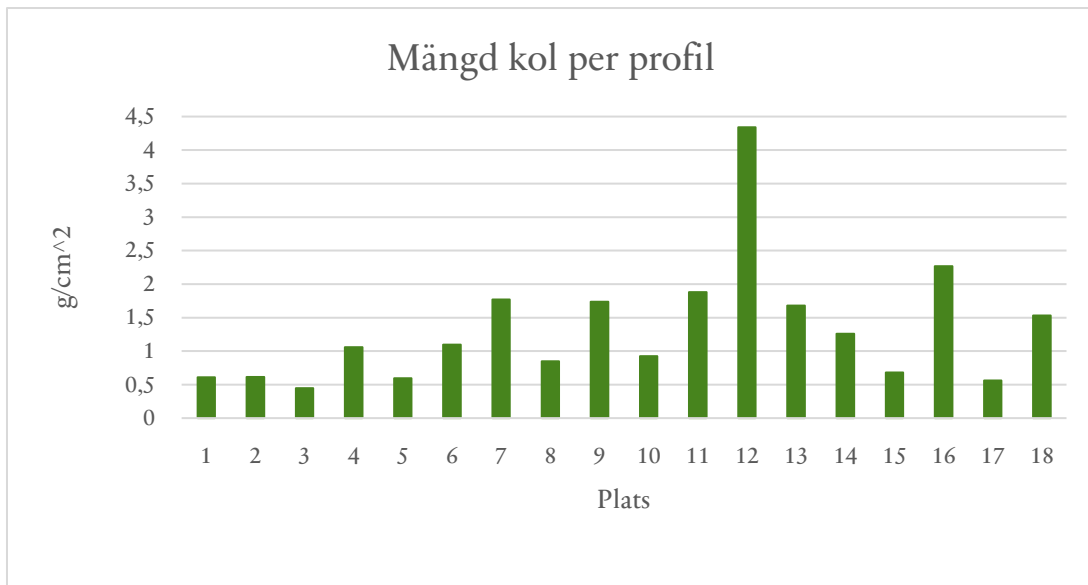
Figur 7. Graf över bulkdensitet vid Centrallytan. De färgade punkterna indikerar de uppmätta värdena vid fyra platser, och de svarta punkterna visar medelvärdet för dessa. Den streckade linjen visar den linjära trendlinjen för medelvärdena, vars formel och R^2 -värde även finns med i figuren.

4.3 Kolhalt

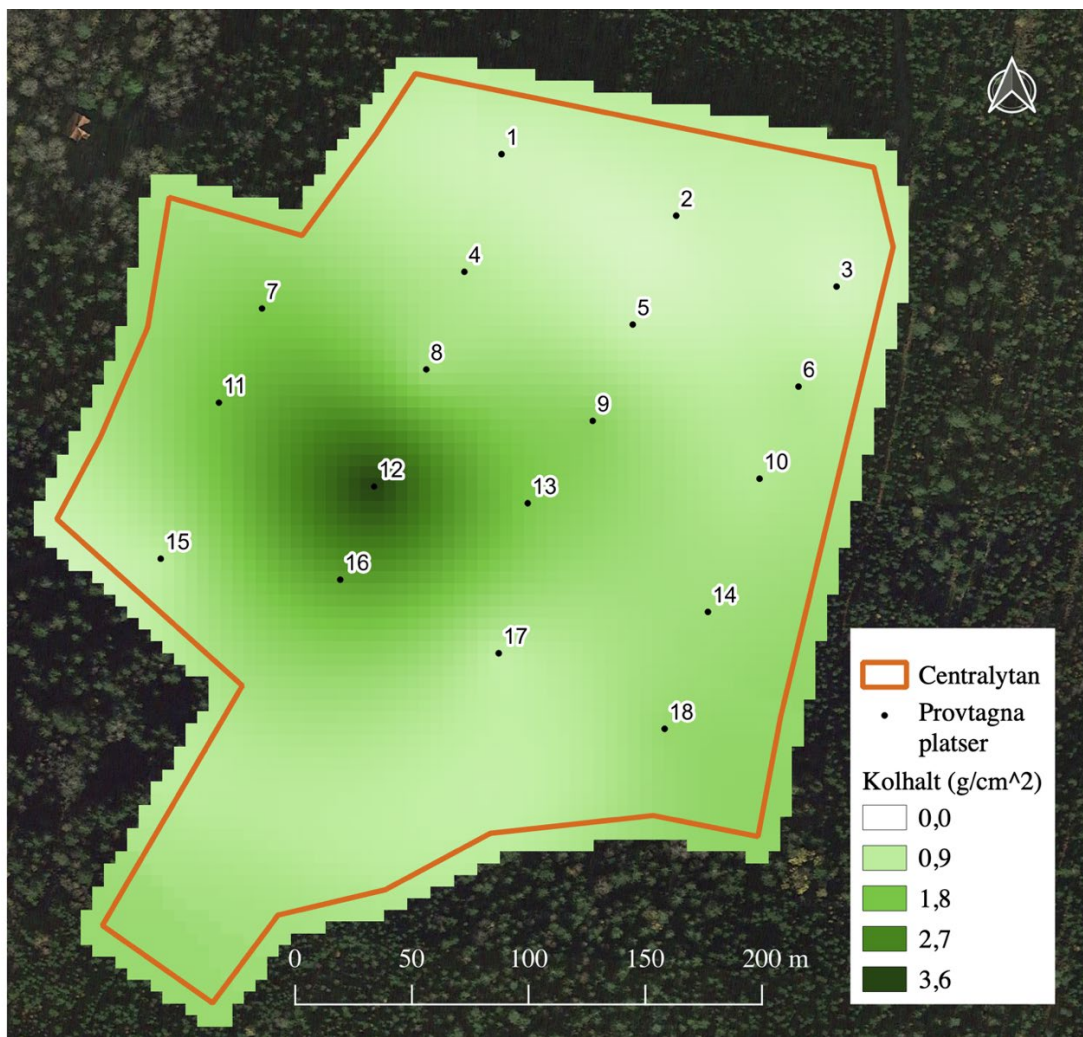
Resultaten från IRMS-analysen presenteras i figur 8, där varje stapel representerar medelvärdet av de två prover som analyserades från varje provtaget djup och plats, mätt i massprocent kol. Den totala mängden kol för varje profil presenteras i figur 9, för vilka resultaten gällande bulkdensitet, jordmånsdjup massprocent kol samt interpolerade och extrapolerade markkolsvärden har kombinerats enligt metoden. Notera att plats 12 har ett extremvärde ($m_C=4,34 \text{ g/cm}^2$), vilket är nästan dubbelt så högt som plats 16, där det näst högsta värdet för markkol återfinns ($m_C=2,27 \text{ g/cm}^2$). Mängden kol mätt i g/cm^2 presenteras även som en interpolerad karta i figur 10. Trendlinjerna som användes för extrapolationen har ett medelvärde för R^2 på 0,58 ($\sigma=0,34$).



Figur 8. Resultatet för kolhalt från IRMS-analysen, mätt i massprocent. Resultaten för plats 1-9 presenteras till vänster och resultaten för plats 10-18 presenteras till höger. De olika djupen som varje prov togs på indikeras av färgerna på staplarna.



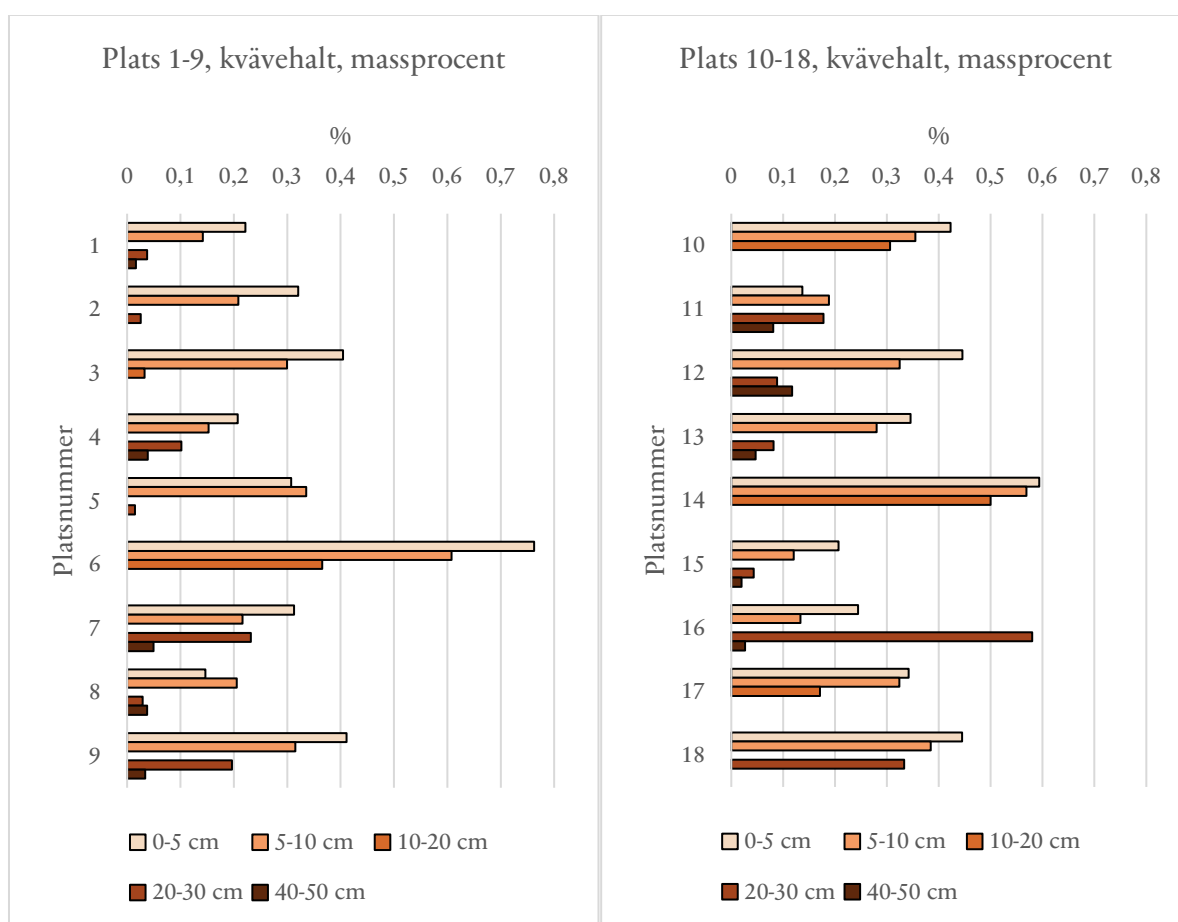
Figur 9. Den totala mängden kol i djupled vid varje plats, mätt i g/cm².



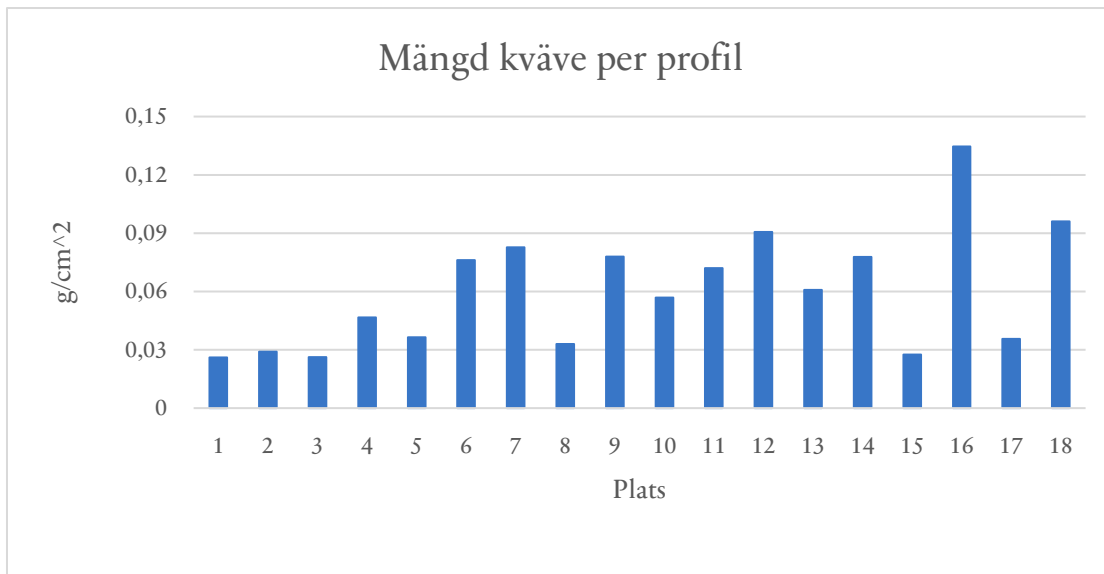
Figur 10. Interpolerad karta över mängden markkol vid Centralytan, mätt i g/cm². Mörkare färger indikerar en högre kolhalt. Interpolationen är utförd utifrån mängden kol per profil på de 18 provtagna platserna, med hjälp av sfärisk kriginginterpolation. (Satellitbild: ©Google)

4.4 Kvävehalt

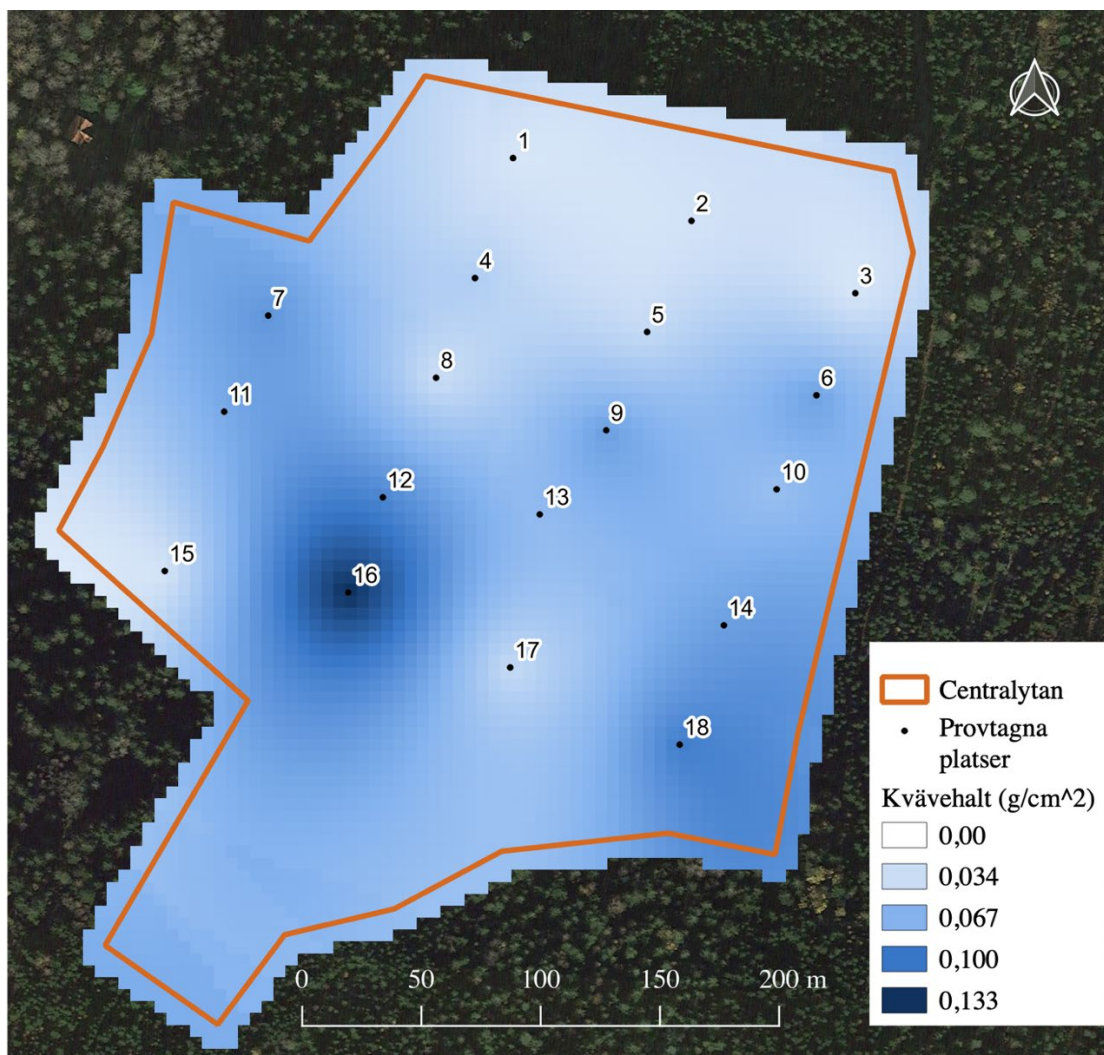
Resultaten från IRMS-analysen gällande kvävehalt i massprocent presenteras i figur 11 på samma sätt som kolhalten presenteras i figur 8. Varje stapel representerar medelvärdet för de två prover från varje provtaget djup på var och en av de 18 platserna. Total kvävehalt per profil presenteras i figur 12. Plats 16 har den högsta kvävehalten (0,135 g/cm²) och plats 1 har den lägsta kvävehalten (0,026 g/cm²). Kvävehalterna presenteras även som en interpolerad karta i figur 13. Trendlinjerna som användes för extrapolationen har ett medelvärde för R² på 0,60 ($\sigma=0,34$).



Figur 11. Resultatet för kvävehalt från IRMS-analysen, mätt i massprocent. Resultaten för plats 1-9 presenteras till vänster och resultaten för plats 10-18 presenteras till höger. De olika djupen som varje prov togs på indikeras av färgerna på staplarna. Notera skillnaden i skalan på x-axeln jämfört med figur 8.



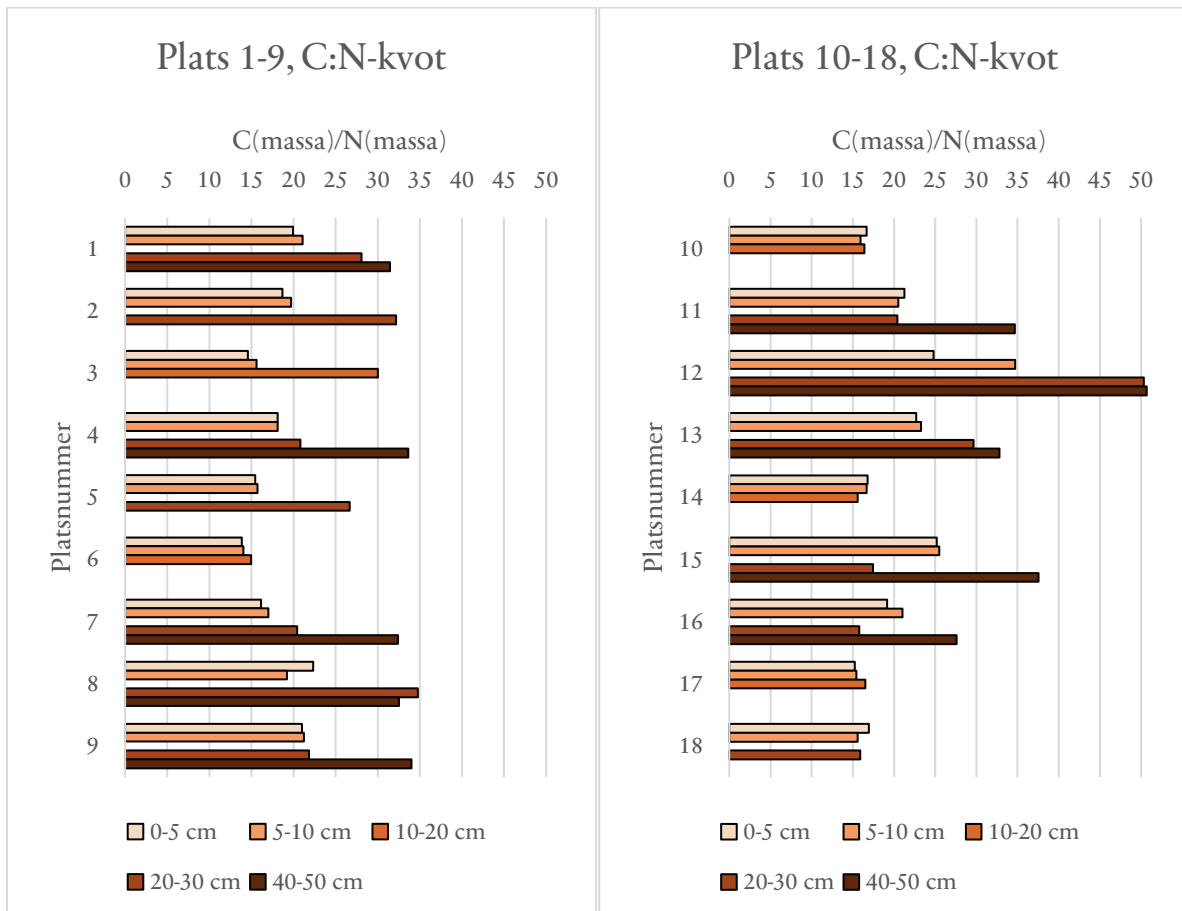
Figur 12. Den totala mängden kväve i djupled vid varje plats, mätt i g/cm².



Figur 13. Interpolerad karta över mängden kväve i marken vid Centralytan, mätt i g/cm². Mörkare färger indikerar en högre kvävehalt. Interpolationen är utförd utifrån mängden kväve per profil på de 18 provtagna platserna, med hjälp av sfärisk kriginginterpolation. (Satellitbild: ©Google)

4.5 C:N-kvot

Kvoten mellan kolhalten och kvävehalten sett till massan i marken presenteras i figur 14. Resultatet är framtaget utifrån medelvärdet på kolets och kvävet's massprocent på de två proverna som analyserade med IRMS vid varje plats och djup.



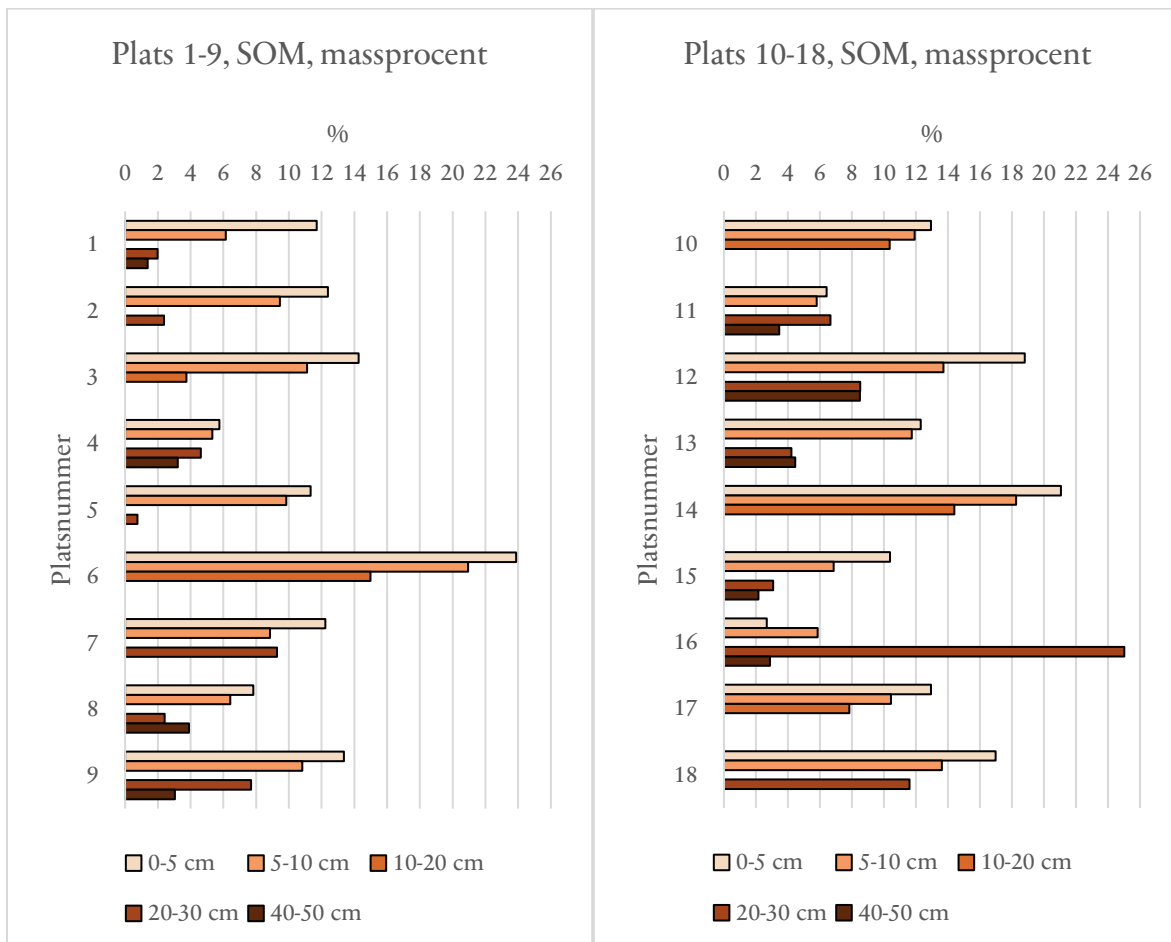
Figur 14. Resultatet för C:N-kvot, beräknade utifrån resultatet i IRMS-analysen. Ett högre värde innebär mer kol i förhållande till kväve. Resultaten för plats 1-9 presenteras till vänster och resultaten för plats 10-18 presenteras till höger. De olika djupen indikeras av färgerna på staplarna.

4.6 Soil Organic Matter

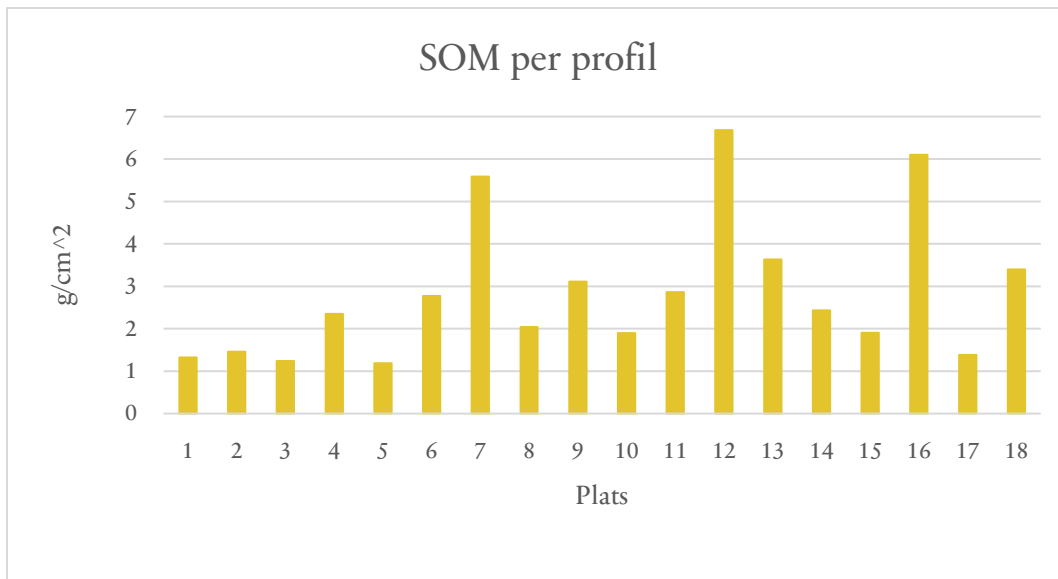
Förbränningen av proverna på 550 °C resulterade i de SOM-värden som presenteras i figur 15. I diagrammet saknas värdet för plats 7 på djupet 40-50 cm då detta värde var ogiltigt (170,6%). Möjliga anledningar till detta värde redogörs för i diskussionen.

Den totala mängden SOM i varje profil presenteras i figur 16. Notera att eftersom värdet för 40-50 cm djup för plats 7 är ogiltigt och därför ej gick att använda i analysen fick värdena för djupen 30-60 cm extrapoleras, istället för enbart värdena på djupen 50-60 cm. $R^2=0,813$

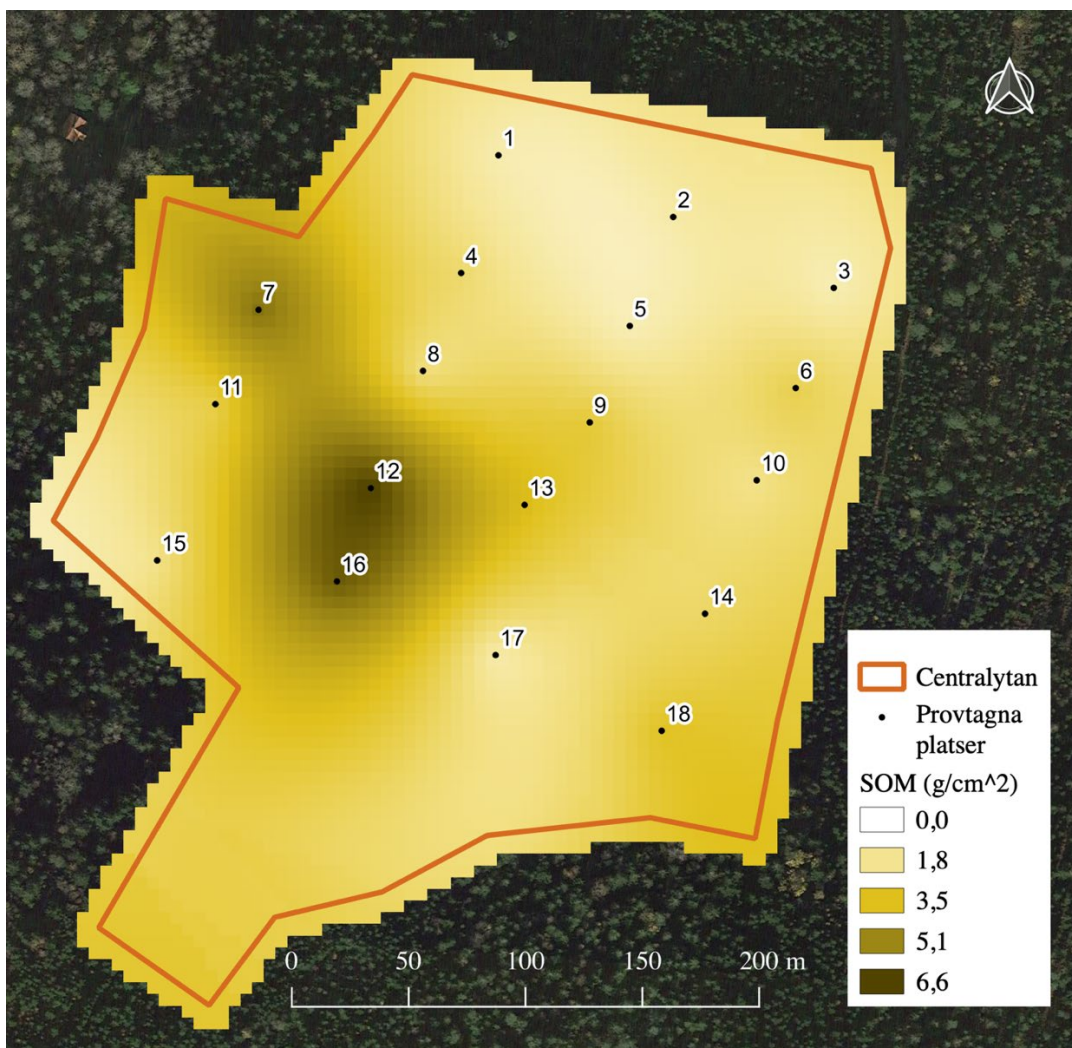
för den exponentiella trendlinje som användes. Den högsta mängden SOM finns på plats 12 (6,68 g/cm²) och den lägsta mängden SOM finns på plats 5 (1,19 g/cm²). SOM presenteras också som en interpolerad karta i figur 17. Trendlinjerna som användes för extrapolationen har ett medelvärde för R² på 0,55 ($\sigma=0,36$).



Figur 15. Resultatet för SOM, mätt i massprocent. Resultaten för plats 1-9 presenteras till vänster och resultaten för plats 10-18 presenteras till höger. De olika djupen som varje prov togs på indikeras av färgerna på staplarna. Notera skillnaden i skalan på x-axeln jämfört med figur 8 samt figur 11.



Figur 16. Den totala mängden SOM i djupled vid varje plats, mätt i g/cm².

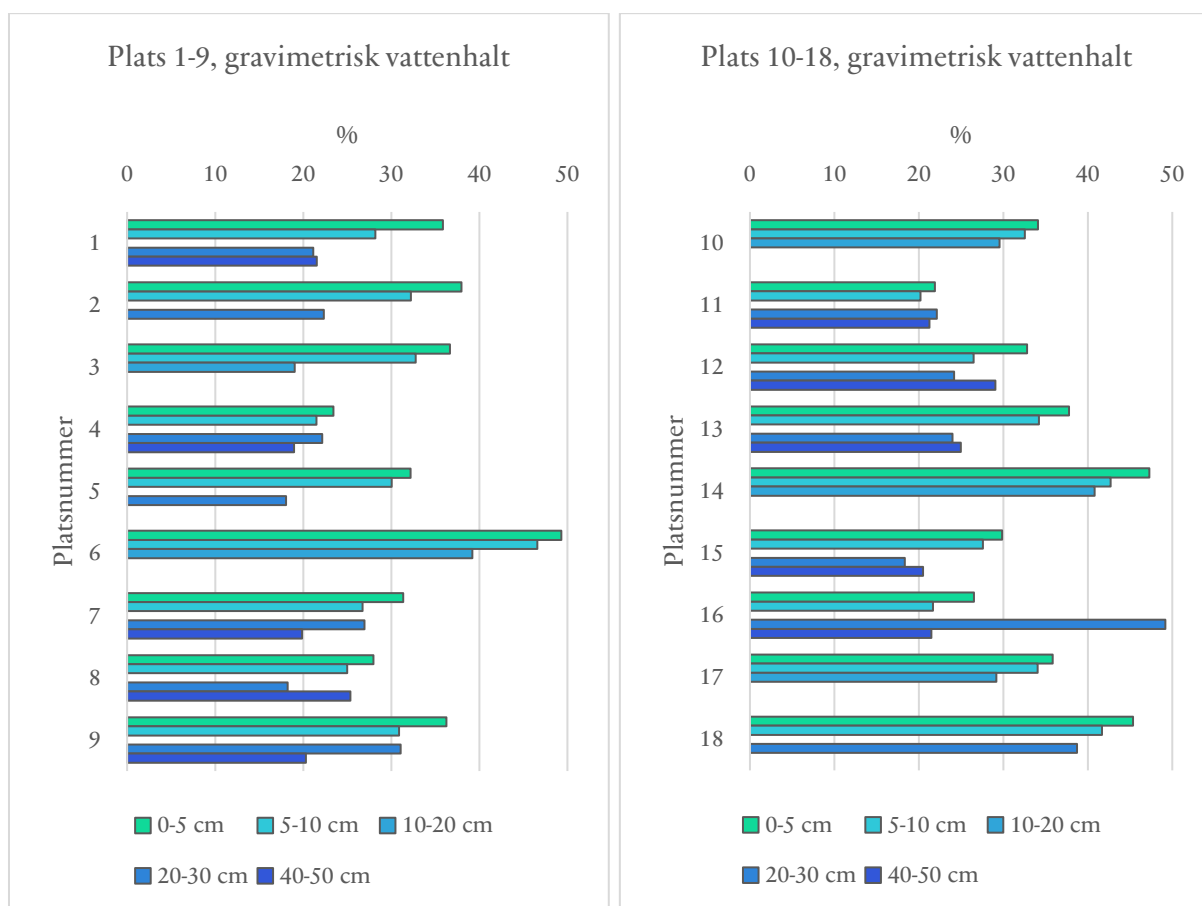


Figur 17. Interpolerad karta över mängden kväve i marken vid Centralytan, mätt i g/cm². Mörkare färger indikerar en högre kvävehalt. Interpolationen är utförd utifrån mängden kväve per profil på de 18 provtagna platserna, med hjälp av sfärisk kriginginterpolation. (Satellitbild: ©Google)

4.7 Gravimetrisk vattenhalt

Vattenhalten för varje prov presenteras i figur 18. Den högsta vattenhalten finns på plats 6 vid 0-5 cm djup (49,3%) och den lägsta vattenhalten finns på plats 5 vid 20-30 cm djup (18,1%).

Vattenhalten korrelerar linjärt med massprocenten kol, med korrelationskoefficienten $r=0,82$ och med $r=0,91$ då två extremvärden (plats 12, djup 0-5 samt 5-10) exkluderas. Korrelationen för vattenhalten och kvävehalten har en korrelationskoefficient på $r=0,92$. SOM korrelerar linjärt med vattenhalten med $r=0,93$ och med $r=0,95$ då två extremvärden (plats 12, djup 0-5 samt 5-10) exkluderas.



Figur 18. Resultat från beräkningen av vattenhalten i varje prov. Resultaten för plats 1-9 presenteras till vänster och resultaten för plats 10-18 presenteras till höger. De olika djupen som varje prov togs på indikeras av färgerna på staplarna.

5. Diskussion

5.1 Platser för provtagning

Förlusten av koordinater vid loggningen av två provtagningsplatser (plats 3 och 17) har en viss påverkan på samtliga interpolationer. Om dessa två provtagna platser antas ligga 4,1 m från punkterna i rutnätet, vilket är medelvärdet för de övriga punkterna, är påverkan troligtvis försumbar.

Avsaknaden av prover tagna från den sydvästra delen av Centralytan ger en stor påverkan på interpolationen i den delen av området. Sett till den höga variationen i samtliga interpolerade parametrar (jordmånsdjup, kolhalt, kvävehalt och SOM) går det inte att anta att interpolationerna ger korrekta värden för den sydvästra delen. En bättre interpolation av denna del av Centralytan kan uppnås med kompletterande provtagning. Avsaknaden av prover från den sydvästra delen har däremot en låg påverkan på interpolationen på de övriga delarna av Centralytan, med något högre påverkan i närheten av plats 16-18.

5.2 Jordmån och djup

Vid de flesta platser är övergången från jordmån till lera tydlig. Även de platser som har en klart lerigare jordmån jämfört med de andra (plats 17 och 18) har en tydlig övergång. För de platser där övergången observerades är jordmånens djup därför klart fastställt. Detta gör oss även säkra på att övergången inte missades av misstag vid de sex platser där jordmånens fulla djup inte kunde observeras (se figur 5).

Att jordmånens fulla djup inte kunde konstateras för en tredjedel av de provtagna platserna är problematiskt för analyserna av mängden kol, kväve och SOM. Den inkompleta uppskattningen av djupet innebär att de extrapolerade värdena inte innefattar hela det intervall som egentligen borde vara med, och att värdena som erhålls därför är för låga, förutsatt att trendlinjernas ekvationer antas korrekt återspegla verkligheten. Detta påverkar även värdena i de interpolerade kartorna (se figur 10, 13 och 17), främst i de västra delarna av Centralytan, eftersom det är där de aktuella platserna finns (se figur 6). Eftersom koordinaterna för samtliga platser med inkomplett data över jordmånens djup finns loggade är det möjligt att göra kompletterande mätningar. För en sådan kompletteringsstudie behövs dock bättre lämpade redskap.

Då ytan lutar aningen åt väst och jordmånens djup är större på den västra halvan än den östra (se figur 6) finns det en relativt tydlig lutning på skiktet mellan jordmån och lera. Detta innebär att det möjligen kan finnas en vattentransport åt väster, och därigenom en transport av markkol och markkväve. Detta skulle kunna ge en viss urlakning i Centralytans östra delar.

Vid de två platser där jordmånerna gick ner till 80 cm behövde 30 cm extrapoleras för det sammanställda värdet per profil på kolhalten, kvävehalten och halten SOM. Vid dessa hade det varit värdefullt att ta prover vid ytterligare ett djup, förslagsvis 70-80 cm, för att undgå att en sådan stor del av jordprofilens värden behövde extrapoleras.

Den spatiala interpolationen av jordmånsdjupet inberäknar inte hur djupet skiljer sig vid området med berg i dagen (se figur 2). Områdets jordmån ligger direkt på berg i dagen istället för på lera, och det kan inte antas att jordmånens djup är oberoende av detta. Det är även felaktigt att anta att området har samma typ av jordmån som resterande delar av Centralytan eftersom området inte använts för jordbruk. För att korrekt uppskatta typen av jordmån i området och dess djup behövs en separat kartläggning. Avsaknaden av prover från området med berg i dagen ger även liknande konsekvenser för de spatiala interpolationerna av kol, kväve och SOM. De interpolerade värdena för området med berg i dagen kan därför inte betraktas som tillräckligt underbyggda av data.

5.3 Bulkdensitet

Att bulkdensiteten ökar med djupet var förväntat eftersom jordmånerna längre ner kompakteras ytterligare från vikten av jorden ovanpå. Sett till bulkdensitetsvärdena för Cambrisoler presenterade i Batjes (2014) är resultatet för bulkdensitet i denna studie inom ramen för vad som anses rimligt. Trots detta är det dock troligt att resultatet visar ett för lågt bulkdensitetsvärde. Den främsta anledningen till detta är de problem som uppstod vid provtagningen. Den hårt packade jordmånerna gjorde att bulkdensitetringarna behövde skruvas in, vilket gjorde att jordmånens form i ringen inte behölls. Det var dessutom svårt att veta när hela ringens volym var fylld eftersom botten på den behövdes behållas på för att inte jorden skulle ramla ut. En ytterligare anledning är att bulkdensitetsvärdena är lägre än de som mättes på Centralytan 2007. Utifrån detta bedöms det att jordmånerna vid Centralytan troligtvis har en högre bulkdensitet än vad som presenteras i denna studie.

Vidare blir effekten av detta att halterna kol, kväve och SOM mätt i massa per volym eller area också blir för låga jämfört med verkligheten.

Ett annat problem med bulkdensiteten är antalet prover. Antalet bestämdes utifrån tabeller över CV i Pennock et al. (2007 s. 6-7), men i Batjes (2014) presenteras ett mycket högre CV för bulkdensiteten för Cambrisoler. Detta implicerar att antalet prover tagna för varje djup skulle kunna vara alldeles för lågt för att ett medelvärde korrekt ska kunna uppskattas utifrån dem. Vid 40-50 cm djup togs dessutom bara totalt två prover (plats 4 och 12), vilket är för få värden även sett till CV i Pennock et al. Problemen vid provtagning i kombination med att provpunkterna för bulkdensitet kan varit för få gör att det kan behöva tas kompletterande prover vid Centralytan för att en korrekt uppskattning av bulkdensiteten ska kunna erhållas.

Proverna för bulkdensitet hade inte någon större mängd sten i sig. Detta gör att stenindexet inte har någon större påverkan på resultaten.

5.4 Kolhalt

Generellt är kolhalterna mätt i procent högst i proverna närmast ytan (se figur 8). 13 av platserna har det högsta värdet på 0-5 cm djup och 17 av platserna har det högsta värdet på antingen 0-5 eller 5-10 cm djup. Detta beror troligtvis på att kol kommer in i jordmånen uppifrån och tar sig sedan neråt. Det enda undantaget är plats 16, där det klart högsta kolvärdet ligger på 20-30 cm djup. Inget speciellt observerades vid platsen som skulle kunna förklara denna avvikelse. Eftersom det finns andra uppmätta värden som är högre än plats 16, djup 20-30 cm (dessa hittas på plats 6, 12 och 14) ses värdena inte som ogiltiga och inkluderas i övriga beräkningar. Sett till massa per volym minskar generellt inte kolhalten lika tydligt med djupet, eftersom den ökande bulkdensiteten längre ner till viss del korrigerar för den minskande procenthalten.

Medelvärdet 0,58 för R^2 -värdena på trendlinjerna som användes vid extrapolationerna är acceptabelt. Däremot finns det en hög spridning, vilket gör det svårt att göra en samlad uppskattning för hur korrekt trendlinjerna illustrerar kolhalterna i jordmånen. För själva resultaten som presenteras i figur 9 spelar dock även längden på det extrapolerade segmentet av jordmånen roll. Exempelvis, vid plats 6 extrapolerades endast 1 cm (20-21 cm djup) medan 30 cm extrapolerades vid plats 12 och 13 (50-80 cm djup). Trendlinjen för

plats 6 ($R^2=0,74$) har därför en mindre inverkan på det slutgiltiga resultatet än trendlinjen för plats 12 ($R^2=0,20$) och 13 ($R^2=0,93$). Låga R^2 -värden innebär att förklaringsgraden är låg och att trendlinjen inte förklarar punktvärdena effektivt. Om samtliga värden för R^2 hade varit höga hade trendlinjerna kunnat användas även vid interpolationen av värden på djupet, men eftersom spridningen är så hög bedömdes det att medelvärden av mätpunkterna över och under intervallet som behövde interpoleras ger mer riktiga resultat. Samma bedömning gjordes vid interpoleringen i djupled av kvävehalt och halten SOM.

Den plats med klart högst kolhalt sett till massa per area är plats 12 (se figur 9), vilken har ett värde på $4,34 \text{ g/cm}^2$. Det finns ett flertal anledningar till att denna plats sticker ut. På platsen hittades bränt kol vid de två djupare mätpunkterna, vilket förklarar varför kolhalterna på dessa två djup är förhållandevis höga jämfört med samma djup på andra platser (se figur 8). Det förklarar däremot inte helt varför halterna på 0-5 och 5-10 cm djup var så höga, men det kan antas att kolet har spridit sig uppåt i jordmånen, alternativt att det finns bränt kol även högre upp men att det inte observerades. Att kolhalten är så hög även längre ner i jordmånen vid platsen gör att trendlinjen som användes för extrapolation är flack och har förhållandevis höga värden. Plats 12 har även en väldigt djup jordmån (80 cm), vilket är fyra gånger så djupt som den grundaste jordmånen (20 cm vid plats 14 och 17). En sista anledning är att eftersom jordmånen fortsatte 30 cm nedanför det nedersta mätta värdet beror en stor del av värdet på extrapolationen. De extrapolerade värdena kan vara missvisande eftersom R^2 är relativt lågt för trendlinjen och eftersom det är okänt hur det brända kolet påverkar markkolet längre ner.

Det är värt att notera att de höga kolhalterna på plats 12 inte återfinns på plats 13, trots att bränt kol hittades i jordmånen även där och trots att jordmånen uppmättes till 80 cm på båda platserna. Anledningen till de stora skillnaderna kan bero på om bitar av bränt kol följt med i provet som togs eller inte. Detta implicerar att värdena på en eller båda platserna kan vara missvisande.

5.5 Kvävehalt

Sett till massprocent minskar kvävehalten generellt med djupet (se figur 11). 14 av platserna har den högsta kvävehalten vid 0-5 cm djup och 17 av platserna har den högsta kvävehalten vid antingen 0-5 cm djup eller 5-10 cm djup. Precis som med kolhalten är det enda undantaget plats 16, vilken har den klart högsta kvävehalten på 20-30 cm djup. Att värdena

är höga här både när det gäller kolhalt och kvävehalt minskar sannolikheten för att värdena beror på misstag i analysen. Det utesluter dock inte risken att något fel har skett vid provtagningen. Mätt i massa per volym minskar inte kvävet lika tydligt med djupet eftersom den ökande bulkdensiteten till viss del korrigerar för detta.

Trendlinjerna som användes för extrapolering av kvävehalten har ett medelvärde för R^2 på 0,60, vilket är godtagbart. Precis som för kolhalten är spridningen dock stor och en samlad uppskattning för hur väl trendlinjerna beskriver kvävehalten kan därför inte göras.

Det högsta värdet sett till massprocent kväve finns på plats 6 med 0,76 % kväve på 0-5 cm djup, följt av djup 5-10 cm på samma plats med 0,61 % kväve. Varför det förstnämnda värdet sticker ut över de andra är inte känt. Sett till hela profilens kvävehalt mätt i massa per area har plats 6 dock inte en ovanligt hög kvävehalt (se figur 12). Detta beror på att jordmånen vid platsen endast var 21 cm djup. Mätt i massa per area är det istället plats 16 som har den högsta kvävehalten.

Till skillnad från kolhalten är kvävehalten vid plats 12 inte ovanligt hög. Detta överensstämmer med antagandet att de höga kolhalterna beror på det brända kolet som hittades på platsen.

5.6 C:N-kvot

Mängden kol jämfört med mängden kväve ökar generellt med djupet (se figur 14). Vid tio av platserna är C:N-kvoten lägst på 0-5 cm djup och vid 14 av platserna är värdena lägst på antingen 0-5 eller 5-10 cm djup. Det lägsta värdet är 13,50 och återfinns vid plats 6, djup 0-5 cm, och det högsta värdet är 50,70 och återfinns på plats 12, djup 40-50 cm. Skillnaderna för C:N-kvoten är i regel större mellan olika djup än skillnaderna för samma djup vid olika platser.

Plats 12 har de enskilt högsta värdena på C:N-kvoten för samtliga djup som är provtagna på platsen, med undantag för djupet 0-5 cm, där plats 15 har ett C:N-värde som marginellt högre än värdet på plats 12. Detta överensstämmer väl med att kolhalterna är väldigt höga vid platsen samtidigt som kvävehalten inte är nämnvärt avvikande.

5.7 Soil Organic Matter

Mängden SOM minskar generellt med djupet i jordmånen (se figur 15). Vid 16 av platserna finns det högsta SOM-värdet mätt i massprocent vid 0-5 cm djup. De två platserna som skiljer sig från detta är plats 11, där massprocenten SOM behålls jämn neråt i profilen, och plats 16, där djupet 20-30 cm har en väldigt hög SOM-halt. Sett till massa per volym minskar inte SOM lika tydligt med djupet eftersom den ökande bulkdensiteten korrigerar för detta.

Spridningen för R^2 -värdena är hög, och det är därför svårt att göra en samlad bedömning för hur korrekta trendlinjerna är jämfört med verkligheten. Medelvärdet på 0,55 är dock acceptabelt.

Två värden vid plats 16 är värda att diskutera vidare. Sett till massprocent har djupet 20-30 cm det enskilt högsta värdet av alla prover (25,01 %). Detta stämmer väl överens med de höga halter av kol som hittats vid samma punkt (se figur 8). Det andra värdet som bör noteras finns på djupet 0-5 cm. Detta värde är lägst av alla på samma djup med flera procentenheters marginal (2,67 %), men det som gör det nämnvärt är att SOM-halten här är lägre än kolhalten för samma plats och djup (4,68 %, se figur 8). Detta är troligtvis inte korrekt eftersom det inte bör finnas något oorganiskt kol i marken vid Centralytan, och allt kol bör därför vara inkluderat i SOM. Om detta antagande är inkorrekt borde liknande resultat observerats vid fler provpunkter. Felet ligger därför troligtvis i resultatet för något av de två värdena, antingen kolhalten eller SOM-halten. Det noterbart låga värdet för SOM-halten gör att det troligtvis är detta värde som är felaktigt. Detta bedöms dock inte vara tillräckligt säkerställt för att värdet skulle uteslutas från vidare beräkningar.

Massprocenten SOM vid plats 7, djup 40-50 cm, uppvisade ett ogiltigt värde (170,6 %) och har därför uteslutits ur beräkningen för profilen. Varför värdet blev över 100 % är inte känt, men troligtvis beror det på felhantering av provet vid vägning. Vid beräkningen av massan per area för platsen behövde därför djupen 30-60 cm extrapoleras. Detta är inte det enskilt längsta spannet som använts vid extrapolationer, men det är den högsta andelen av den totala profilen för jordmånen (50 %) som behövt extrapoleras. Trots att R^2 -värdet som erhöles för plats 7 var relativt högt (0,81) går det inte att utesluta att ett användbart värde för 40-50 cm djup skulle ändrat trendlinjen avsevärt. Detta kombinerat med faktumet att plats 7 är en av de platser där hela jordmånens djup inte kunde mätas gör resultatet för platsen väldigt osäkert.

När det gäller värdena mätt i massa per area har tre platser avsevärt högre värden än de övriga; 7, 12 och 16 (se figur 16). Möjliga anledningar till att plats 7 och 16 har så höga värden diskuterades i föregående stycken. Anledningen till det höga värdet på plats 12 är troligtvis densamma som varför kolhalterna är så höga på den platsen (se figur 9); det brända kolet i kombination med en djup jordmån gör att värdet för platsen blir väldigt högt.

5.8 Gravimetrisk vattenhalt

På alla platser, med undantag för plats 11 och 16, är den gravimetriska vattenhalten högst närmast jordytan sett till massprocent (se figur 18). Vattenhalten på plats 11 är jämn neråt och betraktas därför inte som ett extremfall. Plats 16 har däremot betydligt högre vattenhalt på 20-30 cm djup, både jämfört med samma djup på andra platser och andra djup på samma plats. Detta återspeglar de höga halterna av kol, kväve och SOM som hittas på platsen.

Vattenhaltens korrelationer med kolhalten, kvävehalten och halten SOM visar att parametrarna är starkt sammankopplade. Om två extremvärden exkluderas från korrelationerna med kol och SOM (plats 12, djup 0-5 cm samt 5-10 cm) har samtliga korrelationer $r > 0,91$. Om extremvärdena inte exkluderas är det lägsta värdet $r = 0,82$. Detta innebär att det finns en stark korrelation. Den högsta korrelationskoefficienten ges från SOM ($r = 0,93$ då extremvärden inkluderas och $r = 0,95$ om de exkluderas). Anledningen till detta är att organiskt material ger mer porutrymmen där vatten kan hållas kvar. Detta förklarar både varför vattenhalten är så hög på 20-30 cm djup vid plats 16 och potentiellt varför djup 0-5 och 5-10 vid plats 12 har förhållandevis låg vattenhalt sett till mängden SOM; om antagandet att de höga kolhalterna vid plats 12 beror på bränt kol stämmer innebär detta troligtvis att kolbitarna inte har samma förmåga att hålla vatten som annat organiskt material.

Hur vattenhalten i marken ändras från dag till dag och över året är inte känt då prover endast togs vid ett tillfälle. Om det skulle vara aktuellt att vidare studera vattenhalterna i marken vid Centralytan behöver prover tas vid fler tillfällen.

6. Slutsatser

Det finns stora variationer i mängden kol, kväve och SOM i marken vid centralytan. Mätt i massprocent finns en generell minskning av alla tre med djupet. Plats 16 är ett tydligt undantag från detta, då de klart högsta värdena för kol, kväve och SOM på denna plats hittas på 20-30 cm djup. Minskningen med djupet är inte lika tydlig sett till massa per volym eftersom bulkdensiteten ökar med djupet, vilket kompenserar för delar av minskningen. Mängden kol varierar från 0,45 g/cm² (provplats 3) till 4,34 g/cm² (provplats 12), kväve varierar från 0,026 g/cm² (provplats 3) till 0,13 g/cm² (provplats 16) och SOM varierar från 1,19 g/cm² (provplats 5) till 6,68 g/cm² (provplats 12). Plats 12 skiljer sig starkt från övriga platser när det gäller kol och SOM eftersom jordmånen där innehåller bränt kol.

Jordmånens djup är som minst 20 cm (provplats 14 och 17) och uppmättes som djupast till 80 cm (provplats 12 och 13). Det fulla djupet på jordmånen kunde inte mätas på sex av platserna, främst till följd av otillräcklig utrustning.

Den gravimetriska vattenhalten har hög variation och minskar generellt med djupet på jordmånen. Plats 16 är ett tydligt undantag från detta då det högsta värdet på den platsen finns på 20-30 cm djup. Vattenhalten har en stark korrelation med massprocentvärdena för kol, kväve och SOM, vilket troligtvis beror på att högre organiskt innehåll i marken ger mer porer som vatten kan bevaras i.

Mätningarna av bulkdensitet visar att densiteten ökar med djupet. Däremot finns stora osäkerheter i hur väl resultaten för bulkdensitet speglar verkligheten eftersom det uppstod problem vid provtagningen, samt eftersom det finns osäkerheter i om variationskoefficienten är korrekt uppskattad. Detta påverkar även säkerheten i resultaten för kol, kväve och SOM mätt i massa per volym och massa per area eftersom bulkdensiteten används för att beräkna dessa.

7. Tack

Ett stort tack till min handledare Tobias Rütting för stöd, vägledning och givande synpunkter både i fält och i teoretiska problem. Jag vill också tacka Louise Rütting för hjälp med laboratorietrustning, Josefina Carlberg för hantering och förklaring av analyserna med IRMS och Mark Johnson för entusiastiskt stöd under kursens gång. Slutligen vill jag tacka min projektpartner Hanna Tinnerholm för tänkvärda diskussioner kring metoder och resultat, bra samarbete i labb och välbehövd uppmuntring i snöoväder.

8. Referenser

Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L., Valinger, E. (2012). *Skogsskötselns grunder och samband* (Skogsskötselserien). <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-1-skogsskotselns-grunder-och-samband.pdf>

Ashman, M., & Puri, G. (2013). *Essential Soil Science : A Clear and Concise Introduction to Soil Science*. John Wiley & Sons, Incorporated.

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/gu/detail.action?docID=428017>

Batjes, N. H. (2014). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 65(1), 10-21. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ejss.12114_2

Bot, A., Benites, J. (2005). *The importance of soil organic matter, Key to drought-resistant soil and sustained food production* (FAO soils bulletin).

<https://www.fao.org/3/a0100e/a0100e.pdf>

Göteborgs universitet. (2022). *Skogaryd Research Catchment*. Hämtad 17 maj från

<https://www.gu.se/en/earth-sciences/skogaryd-research-catchment-0>

Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D. W., Minkinen, K., & Byrne, K. A. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, 137(3), 253-268.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.09.003>

Jurgensen, M., Tarpey, R., Pickens, J., Kolka, R., & Palik, B. (2012). Long-term Effect of Silvicultural Thinnings on Soil Carbon and Nitrogen Pools. *Soil Science Society of America journal*, 76(4), 1418-1425. <https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0257>

Lindroth, A., Holst, J., Heliasz, M., Vestin, P., Lagergren, F., Biermann, T., Cai, Z., & Mölder, M. (2018). Effects of low thinning on carbon dioxide fluxes in a mixed hemiboreal forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 262, 59-70. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.06.021>

Lindroth, A., Holst, J., Linderson, M. L., Aurela, M., Biermann, T., Heliasz, M., Chi, J. S., Ibrom, A., Kolari, P., Klemedtsson, L., Krasnova, A., Laurila, T., Lehner, I., Lohila, A., Mammarella, I., Molder, M., Lofvenius, M. O., Peichl, M., Pilegaard, K., . . . Nilsson, M. (2020). Effects of drought and meteorological forcing on carbon and water fluxes in Nordic forests during the dry summer of 2018. *Philosophical Transactions Of The Royal Society B-Biological Sciences*, 2020, Vol. 375, Iss. 1810, 375(1810).

Osler, G. H. R., & Sommerkorn, M. (2007). Toward a Complete Soil C and N Cycle: Incorporating the Soil Fauna. *Ecology*, 88(7), 1611-1621. <http://www.jstor.org.ezproxy.ub.gu.se/stable/27651278>

Pennock, D., Yates, T., & Braidek, J. (2007). Soil Sampling Designs. In M. R. Carter & E. G. Gregorich (Red.), *Soil Sampling and Methods of Analysis* (s. 1-14). CRC Press.

Scharlemann, J. P. W., Tanner, E. V. J., Hiederer, R., & Kapos, V. (2014). Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management*, 5(1), 81-91. <https://doi.org/10.4155/cmt.13.77>

Schmidt, M. W. I., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A., Kleber, M., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D. A. C., Nannipieri, P., Rasse, D. P., Weiner, S., & Trumbore, S. E. (2011). Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478(7367), 49-56. <https://doi.org/10.1038/nature10386>

Wolfram Alpha LLC. (2022). Hämtad 2022 från <https://www.wolframalpha.com>