

Rikstäckande information om markens fuktighet

I mars 2019 finns ett nationellt heltäckande markfuktighetsindex färdigproducerat – en karta i 10 meters upplösning som visar markfuktighet i ett kontinuerligt spektrum från blött till torrt. Skiktet är ett delresultat från produktionen av Nationella Marktäckedata.

Hur fuktig marken är påverkar så skilda ting som spridning av vattenburna föroreningar, utsläpp av växthusgaser, framkomlighet för tunga maskiner där skogsbruk bedrivs och vilka växter och djur som trivs var. Fuktigheten varierar naturligtvis över tid beroende på vad det är och har varit för väder. Både nederbörd och temperatur påverkar markfuktigheten, men även om variationen över tid kan vara stor är det i många sammanhang användbart att veta antingen något om hur fuktigt det oftast är eller att kunna jämföra två närliggande platser med varandra vad gäller markfuktighet. Även om vädret varit snarligt på två platser kan nämligen deras markfuktighet skilja sig åt kraftigt. Förhållandet dem emellan är oftast sig likt oavsett om det för tillfället är ovanligt torrt eller ovanligt blött. På toppen av den sandiga kullen kommer det oftast vara torrare än i fuktstråket med lergyttja nere i dalen, oavsett om trakten i stort för tillfället är drabbad av torka eller snösmältning och kraftiga regn.

Ett kontinuerligt skikt ger möjligheter till anpassning

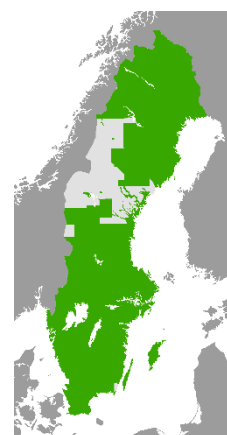
Det markfuktighetsindex som Metria tagit fram kan användas till just detta. Det indikerar om en plats oftast är torr eller oftast fuktig och det kan användas till att jämföra olika platser markfuktighet med varandra. Indexet kan klassas av användaren själv för att fånga just den fuktighetsgrad som är av intresse. I de fall då det är den genomsnittliga fuktigheten som eftersöks räcker det kanske att finna ett enda gränsvärde för att sortera ut allt som är tillräckligt blött eller tillräckligt torrt. Andra användare vill kanske med hjälp av flera klasser göra anpassningar utefter vädersituation. Högre gränsvärden är lämpliga när det varit en period av mycket nederbörd så att det är ovanligt fuktigt i hela landskapet.

Rikstäckande

Hur fuktig marken är hänger i hög grad ihop med topografi. Det viktigaste indata till markfuktighetsindexet är därför Lantmäteriets höjdmmodell. Eftersom vattens rörelse genom landskapet inte enbart beror på höjdskillnader utan även på jordlagrens genomsläpplighet har även information om jordart (i skala 1:25 000 – 1: 100 000 och skala 1:250 000) och jorddjup från Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) använts. Vid framtagningen av markfuktighetsindexet har nationell jämförbarhet varit en ledstjärna. Metoden är därför den samma i hela riket med undantag av de delar av landet som saknar en tillräckligt detaljerad jordartskartering (Figur 1).

En kombination av topografiska mått och jordartsinformation

Markfuktighetsindexet kombinerar de två olika topografiska måtten *Depth to Water* och *Topographic Wetness Index (TWI)*. Dessa kombinerar med en viktning som ger *Depth to Water* större betydelse för slutresultatet. De två måtten tycks nämligen komplettera varandra men generellt fungerar *Depth to Water* bättre än TWI för att förutsäga markfuktighet (Murphy et al. 2011, Ågren et al. 2014). Båda måtten baseras helt på höjddata men vi har använt höjddata med olika upplösning (två respektive tio meter) för de olika beräkningsmetoderna. Detta



Figur 1 Detaljerad jordartskarta finns tillgänglig i det grönmarkerade området på kartan.

eftersom en studie från Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) visade att *Depth to Water* blir mer exakt med mer högupplöst höjddata medan TWI fungerar bättre vid större pixelstorlek (Ågren et al. 2014).

Där detaljerad jordartsinformation funnits tillgänglig har vi istället för det ursprungliga TWI som definierades av Beven och Kirkby (1979) använt oss av ett modifierat TWI som inkluderar jordens genomsläpplighet. Denna modifiering resulterar i ett så kallat *Soil Topographic wetness Index* (STI) som enligt forskare från Cornell University i USA fungerar bättre än de som baseras endast på topografi (Buchanan et al. 2014). Modifieringen görs genom beräkning av jordens transmissivitet¹, det vill säga hur snabbt vatten rör sig horisontellt genom marken. Indelningen av Sveriges jordarter efter kornstorlek och eftersökningen av genomsnittliga k-värden (nödvändiga för beräkningen av transmissivitet) gjordes i samråd med SGU och med stöd av de spannsom som presenteras i Heath (1983) och Bear (1972).

Markens genomsläpplighet varierar kraftigt både på stora och små skalor. För berg i dagen beslöts att osäkerheten och variationen är så stor att det inte var meningsfullt att göra någon modifiering baserad på jordartsinformation. För dessa ytor liksom för de delar av Sverige som saknar detaljerad jordartsinformation användes istället ett omodifierat TWI.

Eftersom TWI är ett normaliserat enhetslöst mått påverkas beräkningen mycket av vilket område den görs inom. En TWI-beräkning över ett större område blir inte likadan som om den görs för endast en del av det större området. TWI beräknades därför för ett eller flera huvudavrinningsområden snarare än för mindre delavrinningsområden (Sverige delades upp i tio TWI-områden men över sjuttio områden för *Depth to Water*).

Depth to Water

Depth to Water är en approximation av avståndet till grundvattnet som utvecklats på University of New Brunswick (Murphy et al., 2007). Precis som vid framtagningen av TWI (se Beven och Kirkby, 1979) behöver flödesriktning med hjälp av lokal maximal höjdskillnad och hur mycket vatten som ansamlas (flödesackumuleringen) i varje pixel beräknas.

För *Depth to Water* sätts en tröskel för hur stort område som krävs för att initiera flödesackumulering. Tröskeln hänger ihop med områdets avrinning på så vis att en högre tröskel ger flöden endast i större vattendrag medan en lägre tröskel tillåter vattenflöden även i mycket små bäckfåror. Vi använde fyra testområden spridda över landet för att utvärdera vilken tröskel som så väl som möjligt fångade in de ytor som dels genom ortofototolkning och dels genom riksskogstaxeringens inventeringsuppgifter om markfuktighet bedömdes som fuktiga större delen av året. Detta ledde till tröskelvärdet två hektar vilket också visat sig vara det optimala värdet i en jämförande studie gjord i Kanada (Oltean et al., 2016). För att approximera avståndet till grundvattnet definierades alla ytor (pixlar) med större flödesackumulering än två hektar i kombination med fastighetskartans vattenytor till det ytvattenskikt där avståndet till grundvattnet är noll. Därefter används både horisontellt och vertikalt avstånd till detta ytvatten för att beräkna avståndet till grundvattnet.

Hur har de olika måtten kombinerats?

Vi fann stöd i tidigare studier för att såväl *Depth to Water* som STI kan vara mycket användbara för att förutsäga markfuktighet och ville därför kombinera de två olika måtten. För att komma fram till på vilket sätt de skulle kombineras testade vi oss fram i fyra olika studieområden (Vindelfjällen,

¹ Markens transmissivitet är direkt proportionerlig med jorddjup och de olika jordlagrens hydrauliska konduktivitet eller k-värde. Det senare beror i hög grad på kornstorlek; grus är mer genomsläppligt än sand, vilket är mer genomsläppligt än silt och så vidare.

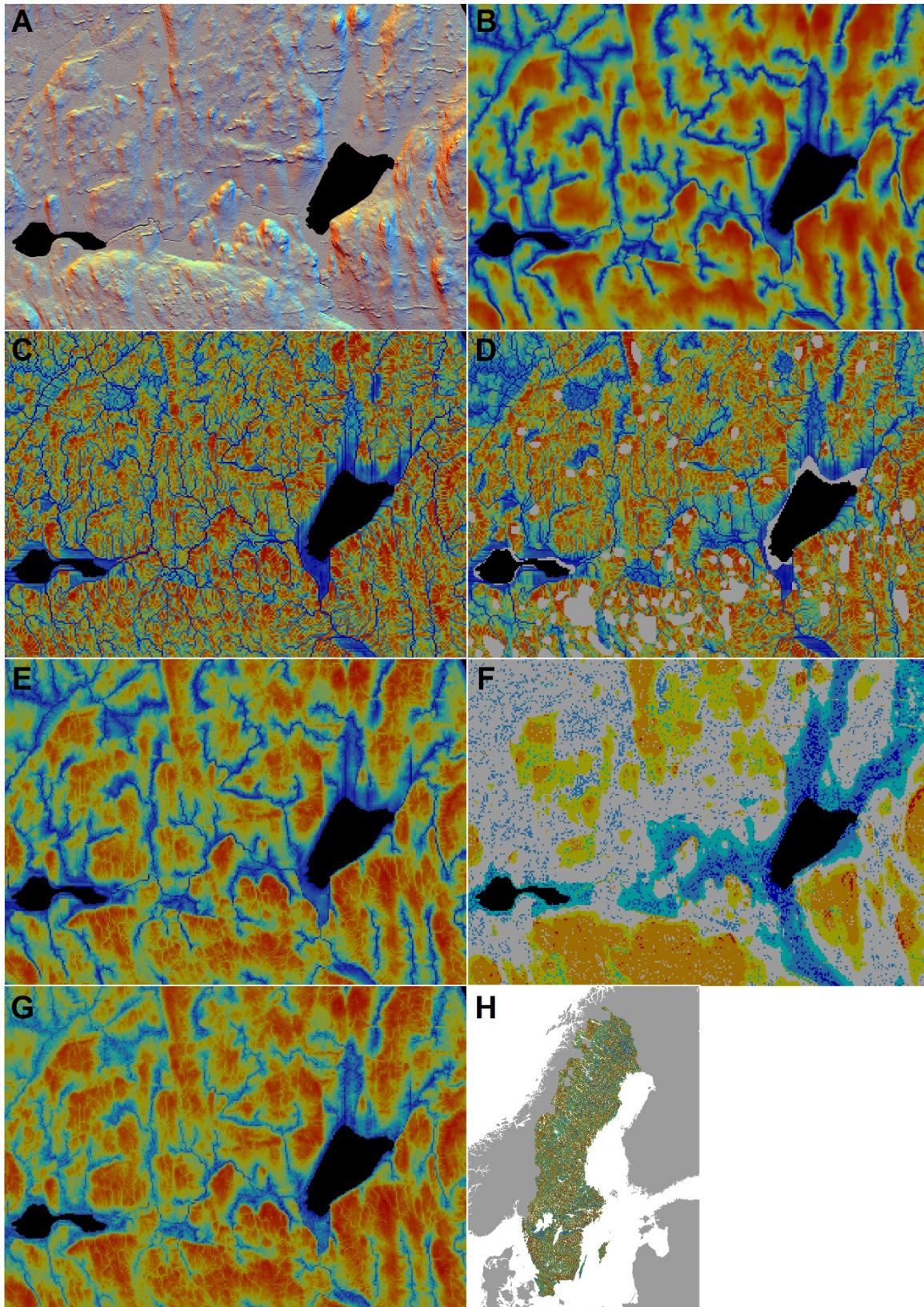
Fulufjället, Umeå-trakten och Stockholms län). Precis som vid tröskelsättningen i framtagandet av *Depth to Water* användes en kombination av ortofototolkning och inventeringsdata angående markfuktighet från Riksskogstaxeringens temporära provytor för att utvärdera vilken kombinationsmetod som gav bäst resultat. Det visade sig vara en sammanvägning av de två olika måtten pixel för pixel med en viktning så att det kombinerade resultatet består till 70 % av *Depth to Water* och till 30 % av STI (som tidigare nämnts ersätts STI av TWI vid berg i dagen och där detaljerad jordartsinformation saknas).

För att de olika måtten skulle bli jämförbara och kunna kombineras krävdes en efterbearbetning. Först begränsades de till att endast omfatta landytor (genom exkludering av fastighetskartans vattenytor) och därefter gjordes en normalisering där skikten delades in i ett stort antal klasser med lika stor area i varje klass. *Depth to Water* behövde även inverteras och konverteras till 10 meters upplösning. Detta resulterade i att alla tre skikt (*Depth to Water*, TWI och STI) hade 10 meters upplösning och varierade mellan samma minimi och maximi. Därefter kunde vi sätta ihop först ett skikt som bestod av STI där det finns och TWI där STI saknas, och sedan ett sammanvägt skikt med *Depth to Water* och STI/TWI enligt viktningen 70-30.

I de mer kuperade studieområdena noterades en generell överkartering av fuktiga ytor på fjäll och kullar samt en viss underkartering av fuktiga ytor i flacka områden i dalgångar. För att komma till rätta med det problemet användes höjdmodellen till ytterligare beräkningar² för att försiktigt justera vissa ytors markfuktighet utifrån deras placering i landskapet.

Sammanfattningsvis är Metrias markfuktighetsindex (Figur 2) en viktad sammanvägning av *Depth to Water* och Soil Topographic wetness Index (STI).

² Dels beräknades lutning och dels identifierades konvexa och konkava ytor. Lutningen klassades i tre kategorier: < 1 grads lutning, 1-15 graders lutning och >15 graders lutning. Konvexa och konkava ytor urskildes med hjälp av adderade *Topographic Position Indices* (höjd minus medelhöjd) från fyra olika sökradier (300 m, 1500 m, 3000 m och 10000 m). Resultatet delades in i fem kategorier från mycket konkavt till mycket konvext. Detta kombinerades med den klassade lutningen till ett skikt som användes till att justera vissa områden så att de blir 5, 10, 15 eller 20 procent torrare eller blötare. Till exempel blir områden med brant lutning i mycket konvexa landskap 20 procent torrare medan flacka områden i mycket konkava landskap blir 20 procent blötare. De mesta av landskapet lämnas ojusterat eftersom det varken är brant, flackt, konvext eller konkavt.



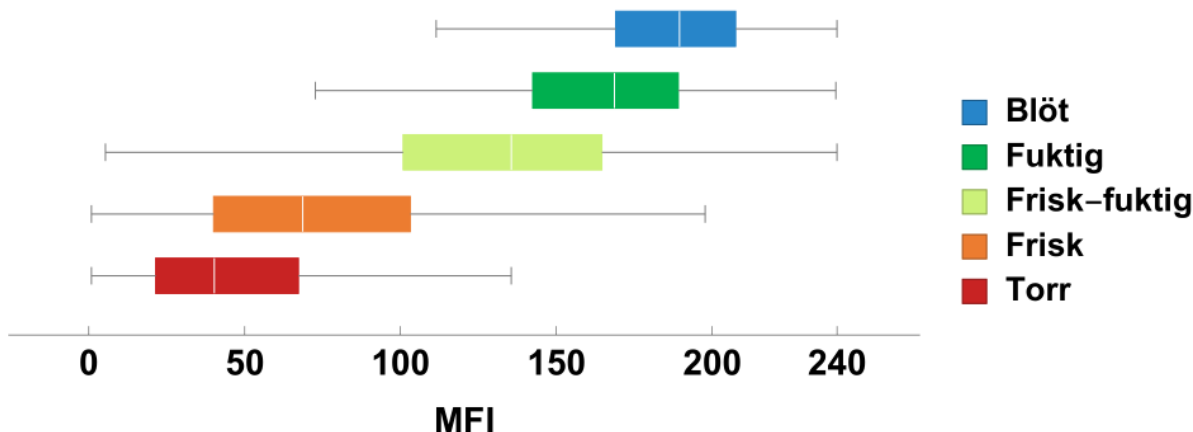
Figur 2 Multiple Hillshade från Metria, 2018 (A), Depth to Water (B), TWI (C), STI (D), Depth to water sammanvägt med STI/TWI (E), justeringsrastret visar de ytor som gjorts torrare (gult-rött), inte justerats alls (grått) eller blötare (grönt-blått) (F) och markfuktighetsindexet (G-H). B-F är delresultat för produktionen av markfuktighetsindexet (G). Skillnaderna mellan E och G beror på justeringen som gjorts med F. Färgsättningen i B-E + G-H representerar blött-torrt i en skala från blått, via grönt och gult till rött. Grå ytor i D saknar STI och svarta ytor i A-G är vatten enligt Fastighetskartan (Lantmäteriet, 2017).

Markfuktighetsindexet jämfört med fältdata

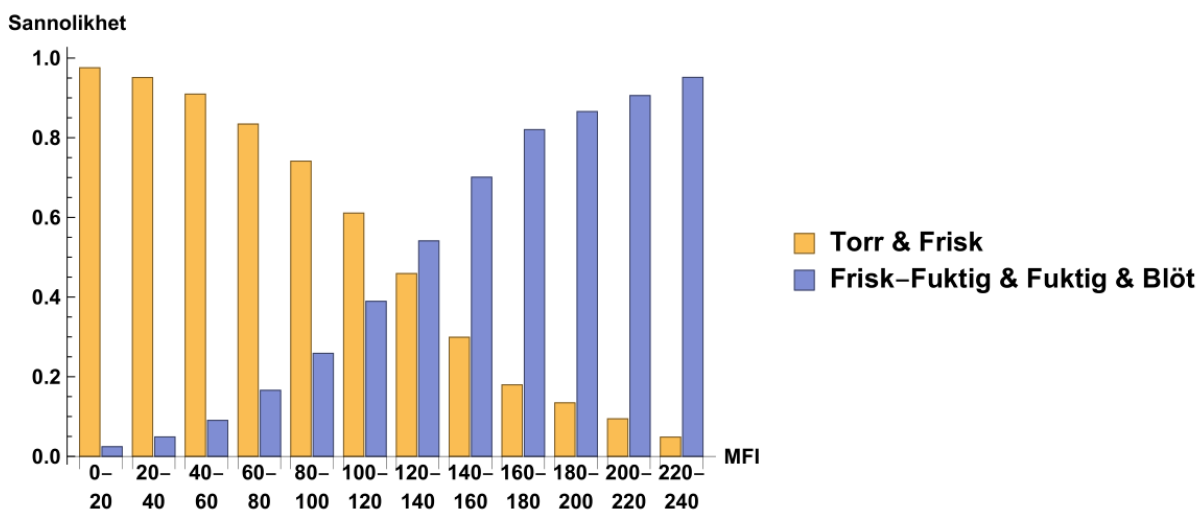
En utvärdering av markfuktighetsindexet gjordes genom att extrahera de pixlar (kvadrater med sidan 10 meter) vars mittpunkt ligger inom någon av riksskogstaxeringens temporära provytor (cirklar med radien 7 meter). Utvärderingen baseras på de 33 229 provytor spridda över Sverige (Figur 3) som inkluderar markfuktighetsbedömningar i fem kategorier: torr, frisk, frisk-fuktig, fuktig och blöt. Ytorna har inventerats 2006-2016 och resultatet av utvärderingen visar en förväntad korrelation mellan platsernas fältbedömda markfuktighet och indexvärde (Figur 4). I Figur 5 har de fem fältbedömda fuktighetskategorierna slagits samman till två kategorier vilka åtskiljs väl med markfuktighetsindexet. I Figur 6 har markfuktighetsindexet klassats med gränsvärdet 129,6. Diagrammet visar att 96 % av alla ytor som fältbedömts som torra har lägre indexvärde än så och vice versa så har 96 % av alla ytor som fältbedömts som blöta ett högre indexvärde än så. För att urskilja de ytor som bedömts som torra och blöta fungerar indexet med andra ord mycket bra.



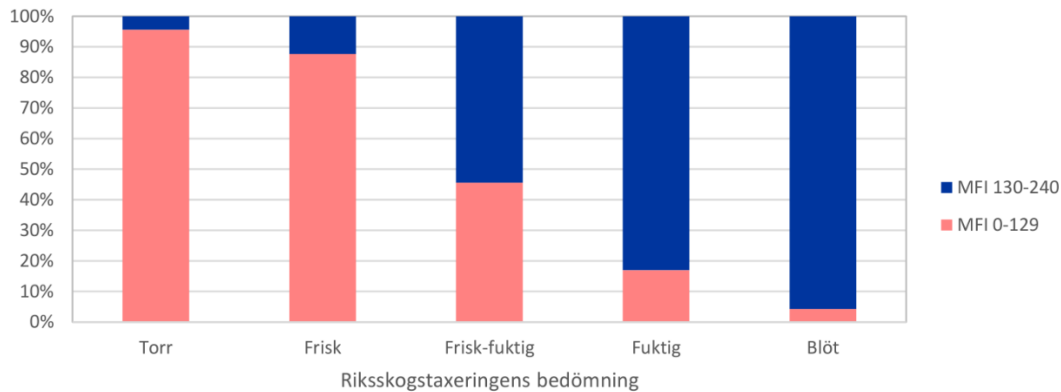
Figur 3 Riksskogstaxeringens provytor.



Figur 4 Lådogram över markfuktighetsindexet i de fem fuktighetskategorier som fältbedömts i riksskogstaxeringen. Det vita strecket anger medianen, 50 % av värdena ligger inom lådorna och 90 % inom morrhåren.



Figur 5 De gula (blå) staplarna anger vilken andel av MFI-värdena inom ett visst intervall som bedömts som torr eller frisk (frisk-fuktig, fuktig eller blöt). Till exempel kan man här utläsa att om MFI-värdet är under 20 är 98 % av riksskogstaxeringens fältbedömningar torra eller friska.



Figur 6 Stapeldiagrammet visar fördelningen av ett klassat markfuktighetsindex uppdelat på de fem fältbedömda kategorierna från riksskogstaxeringen.

Utvecklingsidéer

Beräkningarna av både *Depth to Water* och TWI blir mer tillförlitliga om en hydrologiskt anpassad höjdmmodell används. Anpassningen som behöver göras består i att modifiera höjdmmodellen vid vägtrummor så att vatten kan passera under vägen där dessa finns. Annars uppstår falska barriärer vid vägar. En del vägsträckor fungerar som barriärer då vattnet rinner längs med vägen i ett dike istället för att korsa den, men här och där har vägtrummor konstruerats som möjliggör passage under vägen. För att beräkningarna med höjdmmodellen ska kunna ta hänsyn till att vatten kan rinna genom vägtrumorna behöver höjdmmodellen sänkas precis vid vägtrumorna.

Egentligen gäller denna problematik mer än bara vägtrummor, vid bebyggda områden finns ofta dagvattenhantering som leder bort vatten. Flödesberäkningarna som markfuktighetsindexet baseras på tar inte hänsyn till dagvattenhantering.

Hur stort område som krävs för att initiera flöde till permanenta vattendrag beror generellt på lutning och markens genomsläpplighet (Murphy et al 2011). Tröskelsättningen som görs i beräkningen av *Depth to Water* skulle därför kunna behöva varieras i olika delar av Sverige.

Användningsområden

Markfuktighetsindexet producerades i samband med produktionen av Nationella marktäckedata för att användas till avgränsning av våtmarker (både öppen våtmark och skog på våtmark) men har många andra potentiella användningsområden. Ett exempel är vid planering av infrastrukturprojekt där markfuktighetsindexet skulle kunna användas för att identifiera olämpliga lokaliseringalternativ. Hög markfuktighet kan komplicera byggprocessen och utgöra en risk för framtida översvämning. På ett liknande sätt kan markfuktighetsindexet användas vid planering av skogsbruksåtgärder eftersom fuktig mark innebär en fastkörningsrisk för tunga maskiner.

Ytterligare ett exempel på användningsområde är vegetationsmodellering där SLU gjort tester i provtytor i Uppland och på Öland som visar att Metrias markfuktighetsindex, näst efter jordart var den bästa av 25 prediktorer för artförekomster i gräsmark (Grandin et al., 2018).

Vi vill gärna uppmana till valideringsstudier över hur väl markfuktighetsindexet överensstämmer med verkligheten och tar tacksamt emot återkoppling angående indexets användbarhet.

Referenser

- Bear, J., 1972, Dynamics of fluids in porous media. American Elsevier Publishing Company Inc. New York.
- Beven, K.J. och Kirkby, M. J., 1979. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Science Bulletin*. 24 (1): 43–69.
- Buchanan, B.P., Fleming, M., Schneider, R. L., Richards, B.K., Archibald, J., Qiu, Z. och Walter, T.T., 2014, Evaluating topographic wetness indices across central New York agricultural landscapes. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 3279-3299.
- Grandin U., Djodjic F. och Glimskär A., 2018. Prediktion av artförekomster i gräsmark. En pilotstudie för att testa olika prediktorer och modellverktyg. SLU, Vatten och miljö: Rapport 2018:12.
- Heath, R. C., 1983, Basic ground-water hydrology. Vol 2220. US Geological Survey.
- Murphy, P.N.C., Ogilvie, J., Connor, K. och Arpl, P.A., 2007. Mapping wetlands: A comparison of two different approaches for New Brunswick, Canada. *Wetlands* 27(4):846 – 854.
- Oltean, G.S., Comeau, P.G. och White, B., 2016. Linking the Depth-to-Water Topographic Index to Soil Moisture on Boreal Forest Sites in Alberta. *Forest Science* 62(2):154 – 165.
- Ågren A.M., Lidberg, W., Strömgren, M., Ogilvie, J. och Arp, P.A., 2014 Evaluating digital terrain indices for soil wetness mapping – a Swedish case study, *Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 3623-3634.

Extramaterial

Tabell över jordarter sorterade efter kornstorlek och deras k-värden

Kornstorleksklass	Hydraulisk konduktivitet ($\mu\text{m/s}$)	Inkluderade jordarter
Torv & Gyttja	0,00001	Torv; Mossetorv; Kärrtorv; Torv, tidvis under vatten; Gyttja; Bleke och kalkgyttja
Finlera	0,0001	Postglacial finlera; Glacial finlera
Lera	0,001	Lera; Postglacial lera; Glacial lera; Gytjelera (eller lergyttja); Moränfinlera
Grovlera	0,01	Postglacial grovlera; Glacial grovlera; Moränlera
Lera-silt	0,1	Lera-silt; Svämsediment, ler-silt; Älvsediment, ler-silt; Vittringsjord, ler-silt; Svämsediment; Flytjord eller skredjord; Morängrovlera; Moränlera eller lerig morän; Lerig morän
-	0,5	Sandig-siltig morän
Silt	1	Silt; Postglacial silt; Glacial silt; Vittringsjord; Sandig morän; Morän
Grovsilt-finsand	10	Postglacial grovsilt-finsand; Älvsediment, grovsilt-finsand; Svämsediment, grovsilt-finsand; Glacial grovsilt-finsand; Flygsand; Postglacial finsand; Grusig morän
Sand	1000	Sand; Svämsediment, sand; Postglacial sand; Isälvsediment, sand; Älvsediment, sand; Morän, sand
Sand-grus	10000	Sand-grus; Vittringsjord, sand-grus; Postglacial sand-grus; Isälvsediment; Älvsediment
Grus (sten-block)	100000	Svallsediment, grus; Isälvsediment, grus; Svämsediment, grus; Älvsediment, grus; Svallsediment, grus-block; Isälvsediment, sten-block; Sten-block; Älvsediment, sten-block; Morän, sten-block; Klapper; Blockmark

Indata till markfuktighetsindexet

- Höjdmodell 10 m upplösning från Metria 2018 baserad på höjddata från Lantmäteriet 2009-2017
- Höjdmodell 2 m upplösning (grid 2+), Lantmäteriet 2009-2017
- Jordarter (skala 1:25 000 – 1: 100 000 och skala 1:250 000) från SGU 2017-09-06
- Jorddjup från SGU 2017-09-06
- Vattenytor från Lantmäteriets Fastighetskarta 2017-05-10