



# Förbättrad karta över P-halt i jordbruksmark

Faruk Djodjic, SLU

Caroline Orback, SLU

Avtal: 4-2013-12

**På uppdrag av Havs och vattenmyndigheten**

Publicering: [www.smed.se](http://www.smed.se)

Utgivare: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

Adress: 601 76 Norrköping

Startår: 2006

ISSN: 1653-8102

*SMED utgör en förkortning för Svenska MiljöEmissionsData, som är ett samarbete mellan IVL, SCB, SLU och SMHI. Samarbetet inom SMED inleddes 2001 med syftet att långsiktigt samla och utveckla den svenska kompetensen inom emissionsstatistik kopplat till åtgärdsarbete inom olika områden, bland annat som ett svar på Naturvårdsverkets behov av expertstöd för Sveriges internationella rapportering avseende utsläpp till luft och vatten, avfall samt farliga ämnen. Målsättningen med SMED-samarbetet är främst att utveckla och driva nationella emissionsdatabaser, och att tillhandahålla olika tjänster relaterade till dessa för nationella, regionala och lokala myndigheter, luft- och vattenvårdsförbund, näringsliv m fl. Mer information finns på SMEDs hemsida [www.smed.se](http://www.smed.se).*



# Innehåll

<b>INNEHÅLL</b>	<b>4</b>
<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>5</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>7</b>
<b>BAKGRUND</b>	<b>9</b>
<b>SYFTE</b>	<b>11</b>
<b>RESULTAT</b>	<b>12</b>
Jämförelse med halter av växttillgänglig fosfor (P-AL) och förrådsfosfor (P-HCl)	12
Framtagning av karta	14
Jämförelse med PLC5	20
Jämförelse med bakgrundshalter av fosfor	20
Framtida modellutveckling och fosforhalter i marken	21
<b>SLUTSATSER</b>	<b>23</b>
<b>REFERENSER</b>	<b>24</b>

# Sammanfattning

Beräkningarna av fosforbelastningen från jordbruksmark grundas bland annat på markens halt av fosfor (P). För PLC5 (Fifth Pollution Load Compilation) användes jordbruksmarkens innehåll av förrådsfosfor, P-HCl, för att definiera olika P pooler i ICECREAM-modellen. I detta projekt togs en ny karta över P-halt i svensk åkermark. Den tidigare dataunderlag utökades med resultat från den andra provtagningsomgången (omdrev 2001-2007) i miljöövervakningsprogrammet ”Yttäckande rikskartering av åkermark”. Sammanlagt har 5172 punkter med värden på markens fosforförråd (P-HCl) använts för att ta fram en heltäckande karta över P-halt i svensk åkermark. Då tätheten av dessa punkter var låg, beräknades värdet i varje 5x5 km gridcell som medianvärdet av alla P-HCl-värden inom ett sökfönster på 25x25 km. De framräknade medianvärdena tilldelades åkermark utifrån åkermarksarealer i IAKS-block.

Den nya kartan innebär vissa förändringar jämfört med kartan som användes vid PLC5. Ungefär två tredjedelar av alla delavrinningsområden (66 %) får samma P-HCl klass som i PLC5 medan resten (34 %) av delavrinningsområdena får en annan klass. Baserat på resultat från tidigare utvecklingsprojekt ska man dock under PLC6 använda kontinuerliga värden över markens P-halt och inte klasser som användes i PLC5. Kontinuerliga värden över P-halter kan hjälpa till att få en mer nyanserad bild av jordbrukets effekter på P-belastningen och därför behövs den bästa tillgängliga beskrivningen av den rumsliga variationen.

En jämförelse i enskilda provpunkter mellan de nya värdena för P-HCl i matjorden och motsvarande värden i alven (som anses representera bakgrundshalter) visar att värden i matjorden i de flesta fall (94 %) är högre än motsvarande värden i alven.

Ett annat sätt att öka antal tillgängliga punkter och datatäthet är genom att ta hänsyn till andra jämförbara dataset. Jordbruksverket har analyserat ca 13 000 jordprover med den agronomiska metoden att skatta växttillgänglig P (P-AL). Denna metod innebär en svagare extraktion än P-HCl-metoden, som används för att skatta förråds-P och i detta projekt testade vi möjligheterna att hitta ett mer tillförlitligt samband mellan dessa två P-extraktionsmetoder (P-HCl och P-AL). Resultat från bägge dessa extraktionsmetoder finns för sammanlagt 5166 punkter ur miljöövervakningsprogrammet ”Yttäckande rikskartering av åkermark”. Det direkta sambandet mellan dessa två metoder är alltför svagt med stor spridning kring det framtagna linjära sambandet. Sambandet kan förbättras

genom att ta hänsyn till flera andra variabler, som t ex pH, mullhalt och P-HCl halt i alven. Trots en signifikant förbättring är dock sambanden fortfarande för svaga för att ge en tillförlitlig omräkning av P-AL till P-HCl.

Framöver bör dock nya forskningsrön styra valet av den mest lämpliga metoden (P-AL eller P-HCl) att beskriva P-pooler i marken och leda till modellutvecklingen. Oavsett vald metod är det viktigt att vara medveten om skillnader som kan uppstå på grund av en eventuell ändring i metodiken.

# Summary

Calculation of phosphorus (P) losses from arable land is, among other factors such as soil texture, slope and climate, also based on soil P-content. The initial distribution of different P pools in the applied model (ICECREAM) is based on results of P extraction with hydrochloric acid (HCl). A new map of the P content in Swedish arable land was produced in this project based on an increased number available soil samples. A total of 5172 points with values of soil P extracted with hydrochloric acid (P-HCl) have been used to develop a comprehensive map of P content in Swedish arable soils. Since the density of these points was low, median value for each 5x5 km grid cell was calculated based on all values within 25x25 km search window. The estimated median values were thereafter applied solely to arable land using IAKS block data.

The new map implies some differences compared to the map used during the Fifth Pollution Load Compilation (PLC5). Approximately 2/3 of all sub-basins (66 %) receive the same P-HCl-class as in the PLC5 while the rest (34 %) of the sub-basins were classed into another class. However, based on conclusions from an earlier project, continuous values of P content and not P classes will be used in PLC6. Continuous values will help to better describe effects of agriculture on P losses and therefore it is important to use the best available information to describe spatial variations in soil P content.

A comparison between the new values for P-HCl in the topsoil and the corresponding values in the subsoil (which is considered to represent background levels) shows that the values in the topsoil in most cases (94 % of sub-basins) are higher than the corresponding values in the subsoil.

One way to increase the number of available points and data density is by taking into account other comparable datasets. Swedish Board of Agriculture has analyzed approximately 13,000 soil samples with the agronomic method to estimate plant-available P (P-AL). This method involves a weaker extraction than P-HCl method and in this project we tested the possibility to find a more reliable correlation between these two P-extraction methods (P-HCl and P-AL). Results from both of these extraction methods were available for 5166 points from the environmental Swedish environmental monitoring program on arable soils. The linear correlation between these two methods is rather weak. The correlation can be improved by taking into account other variables, such as pH, organic matter content and the P-HCl content in the subsoil. Despite a significant

improvement the correlation was still too weak to give a reliable conversion of P-AL to P-HCl.

However, new research findings should govern the selection of the most appropriate method (P-AL and/or P-HCl) to describe P pools in the soil, in future model development.



# Bakgrund

Beräkningarna av fosforbelastningen från jordbruksmark grundas bland annat på markens halt av fosfor (P). Andra viktiga faktorer är till exempel jordart, lutning och klimat. För PLC5 (Fifth Pollution Load Compilation) beräknades P-förluster från jordbruksmark med ICECREAMDB-modellen (Johnsson m.fl., 2008). En viktig indata till modellen är P-halt i marken. Initieringen av modellens olika P-pooler baserades på mängd markfosfor i matjorden där med markfosfor menas P-HCl (Kungliga Lantbruksstyrelsen, 1965), det vill säga fosfor som kan extraheras med en lösning av saltsyra och som också benämns förrådsfosfor (Eriksson m.fl., 1997). Den geografiska variationen i markfosfor (P-HCl) beskrevs med data som har provtagits under 1990-talet inom miljöövervakningsprogrammet ”Yttäckande rikskartering av åkermark” och redovisas i Eriksson m.fl. (1997). Jordbruksmarkens fosforinnehåll har från punktdata extrapolerats till de delar av markanvändningskartan som har klassen jordbruksmark (25x25 m cellstorlek). Därefter har ett arealviktat medelvärde per delavrinningsområde beräknats. Baserat på dessa medelvärden har sedan delavrinningsområdena indelats i tre klasser: 1. låg (< 0,693 g P/kg jord), 2. medel (0,693 – 0,832 g P/kg jord) och 3. hög (> 0,832 g P/kg jord) (Brandt m.fl., 2008).

En andra provtagningsomgång (omdrev 2001-2007) i miljöövervakningsprogrammet ”Yttäckande rikskartering av åkermark” har slutförts och avrapporterats (Eriksson m.fl., 2010). Detta innebär att det befintliga datasetet med P-halter i marken utökades med 2034 punkter och en uppdatering av kartan och delområdesvärden är nödvändig för att ta hänsyn till de nya punkterna.

Dessutom finns data för ca 13 000 punkter från Jordbruksverkets markkarteringsprojekt (Jordbruksverket, 2013). Dessa data är inte helt jämförbara med data från ”Yttäckande rikskartering av åkermark” då enbart P-AL (fosfor extraherbar med ammonium laktat, (Egnér m.fl., 1960)) analyserades i Jordbruksverkets projekt och inte P-HCl som används av ICECREAMDB-modellen för beräkning av P typhalter. Även om P-AL är en svagare extraktion än P-HCl så skulle nyttjandet av det stora antalet punkter som samlats och analyserats i Jordbruksverkets projekt vara mycket värdefull, om tillräcklig goda samband kan identifieras för att modellera P-HCl-värden utifrån P-AL och andra uppmätta markegenskaper.

Den ovan nämnda indelningen i klasser som användes vid beräkningar under PLC5 är också föråldrad. Djodjic m.fl. (2008) utvecklade en ny

metodik som grundar sig på kontinuerlig data över P-halt och lutningen och som kan bättre ta hänsyn till den stora variationen som finns i Sverige.

Denna nya metodik med linjära regressionskvationer förutsätter att varje beräkningsenhet (delavrinningsområde, vattenförekomst) tilldelas områdesspecifika värden för P-halt i marken och lutningen vilket möjliggör hänsynstagande till ett större spann över dessa variabler jämfört med tidigare använda klasserna. Denna nya metodik ska användas under PLC6.

Den låga provpunkttätheten måste beaktas vid användning av data för att producera rikstäckande kartor. I dag finns det inom geostatistiken ett flertal metoder för att statistiskt interpolera kontinuerliga variabler, där viktningen av varje punkt blir mer sofistikerad jämfört med den enkla avståndsviktningen eftersom viktningen bestäms av utseendet på det framräknade semivariogrammet (Söderström, 2008). Kriging är en interpolationsmetod som bygger på semivariogrammet. I semivariogrammet plottas semivariansen mot avståndet och därmed erhålls värdefull information om den rumsliga autokorrelationen för den studerade variabeln.

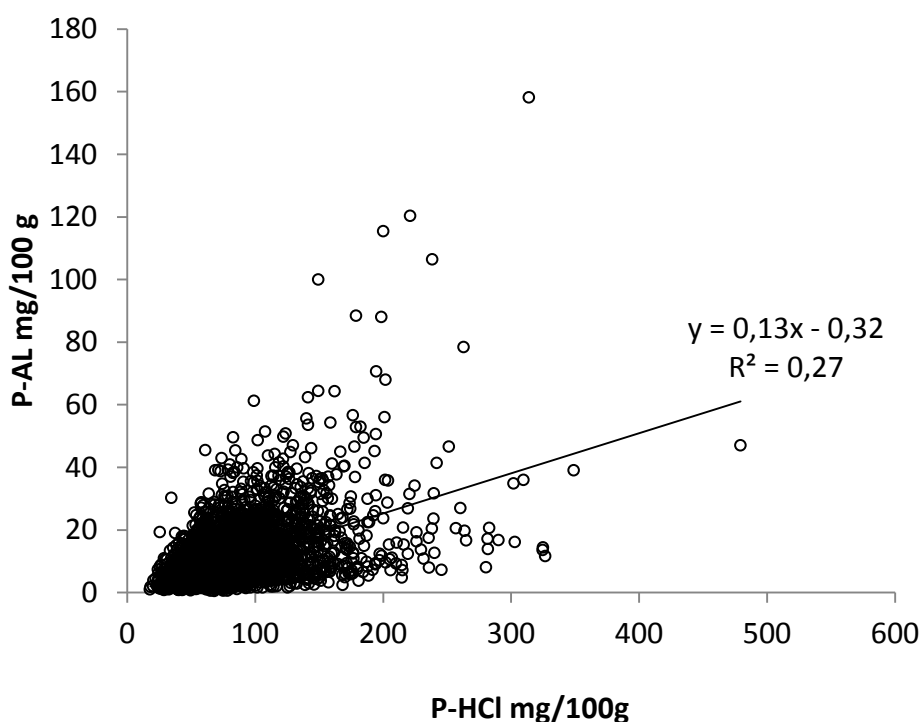
# Syfte

Huvudsyftet är en uppdatering av kartan över P-halter i svensk åkermark med resultat från den senaste provtagningsomgången. Dessutom utvärderas möjligheterna att förbättra dataunderlaget genom att använda andra jämförbara data.

# Resultat

## Jämförelse med halter av växttillgänglig fosfor (P-AL) och förrådsfosfor (P-HCl)

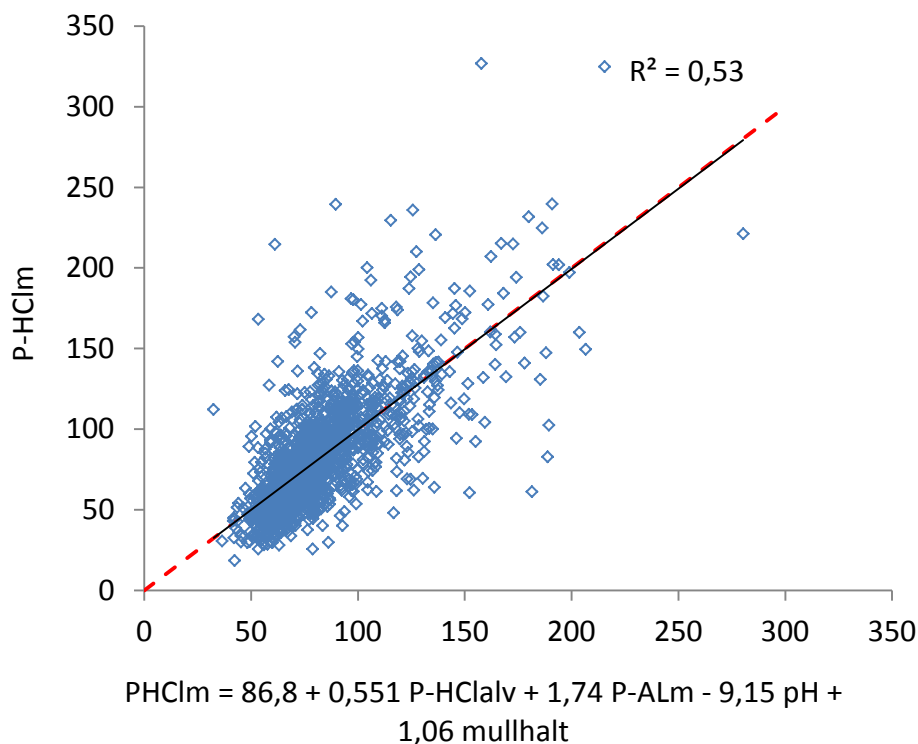
Användandet av de nämnda 13 000 punkter från Jordbruksverkets dataset i syfte att få en bättre beskrivning av de rumsliga variationerna i P-halter i svensk åkermark kräver att tillförlitliga samband hittas mellan de två P-extraktionsmetoderna (P-HCl och P-AL). Extraktion med ammoniumlaktat och ättiksyra (P-AL) är en standard agronomisk metod som syftar till att kvantifiera halten av växttillgänglig P och är svagare än extraktion med saltsyra (P-HCl). Baserad på alla punkter med data för bägge extraktioner (N=5166) från miljöövervakningsprogrammet ”Yttäckande rikskartering av åkermark” är sambandet mellan P-AL och P-HCl statistiskt signifikant, men ganska svag ( $p < 0,005$ ,  $R^2 = 0,27$ , Figur 1).



Figur 1. Regressionssamband mellan förråds- (P-HCl) och växttillgängligt (P-AL) P för all data (N=5166) från miljöövervakningsprogrammet ”Yttäckande rikskartering av åkermark”.

Om man i regressionssamband inkluderar pH och mullhalt så ökar förklaringsgraden ( $R^2 = 0,37$ ) men spridningen är fortfarande för hög för att sambandet ska kunna användas.

Ytterligare ett försök gjordes för att förbättra sambandet mellan P-AL och P-HCl genom att ta hänsyn till P-halter i alven. I samma miljöövervakningsprogram "Yttäckande rikskartering av åkermark", under första provtagningsomgången under 1990-talet, provtogs och analyserades med avseende på P-HCl även alvprover, som här antogs vara representativa för bakgrundshalterna av P-HCl. Baserat på dessa data (N=1674) kan man också ta hänsyn till P-HCl-värden i alven för att få ett starkare samband mellan P-AL och P-HCl. Hypotesen bakom detta är att P-HCl-värden i matjorden är resultat dels av en bakgrunds P-halt, som kan kopplas till alvens P-HCl-värden, dels av en uppgödslingseffekt, som kan kopplas till P-AL-värden i matjorden som, som en svagare extraktion, är mer föränderliga och känsliga för P-tillförseln. Inkludering av P-HCl-värden i alven i regressionsekvation tillsammans med P-AL, pH och mullhalt ökade ytterligare förklaringsgrad ( $R^2=0,53$ , figur 2).



Figur 2. Samband mellan förråds-P i matjorden (P-HClm) och andra variabler (P-ALm, pH, mullhalt och P-HCl-halt i alven). Den röda streckade linjen är 1:1 linje.

För att kunna ta hänsyn till alla punkter med P-HCl- och P-AL-värden (N=5166) tilldelades ett P-HCl-alv värde till varje punkt baserat på extrapoleringen av P-HCl-värden i alven till en heltäckande karta. Den heltäckande P-HCl-alv kartan togs fram på följande sätt: Beräkningarna gjordes till ett raster med 10x10 km rutor (celler). I varje rastercell

beräknades medianvärdet av analysvärden inom ett kvadratisk sökfönster med storleken 50x50 km. Därefter tilldelades ett P-HCl-alv värde till varje punkt utifrån cellvärdet i den gridcell där punkten låg (Spatial Join). När framräknade värden av P-HCl i alven inkluderades i regressionsekvationen för hela datasetet (N=5166) visade det sig att alla ingående faktorer påverkade sambandet på ett statistiskt signifikant sätt ( $P < 0,005$ ) men förbättringen av sambandet var ganska marginell ( $R^2 = 0,40$ , jämfört med  $R^2 = 0,37$  utan P-HCl-alv). Det ska också noteras att extrapoleringen av P-HCl-alv data introducerar en osäkerhet i regressions sambanden på grund av den låga punkttätheten.

Baserat på analyserna ovan så är det svårt att hitta ett tillräckligt starkt samband som skulle ge en tillförlitlig omräkning av P-AL till P-HCl utan att introducera oönskade osäkerheter. Därför bedöms en enkel medianberäkning som den som presenteras i figurer 4, 5 och 6 vara ett mer transparent sätt att visa på både datatillgång och databrister.

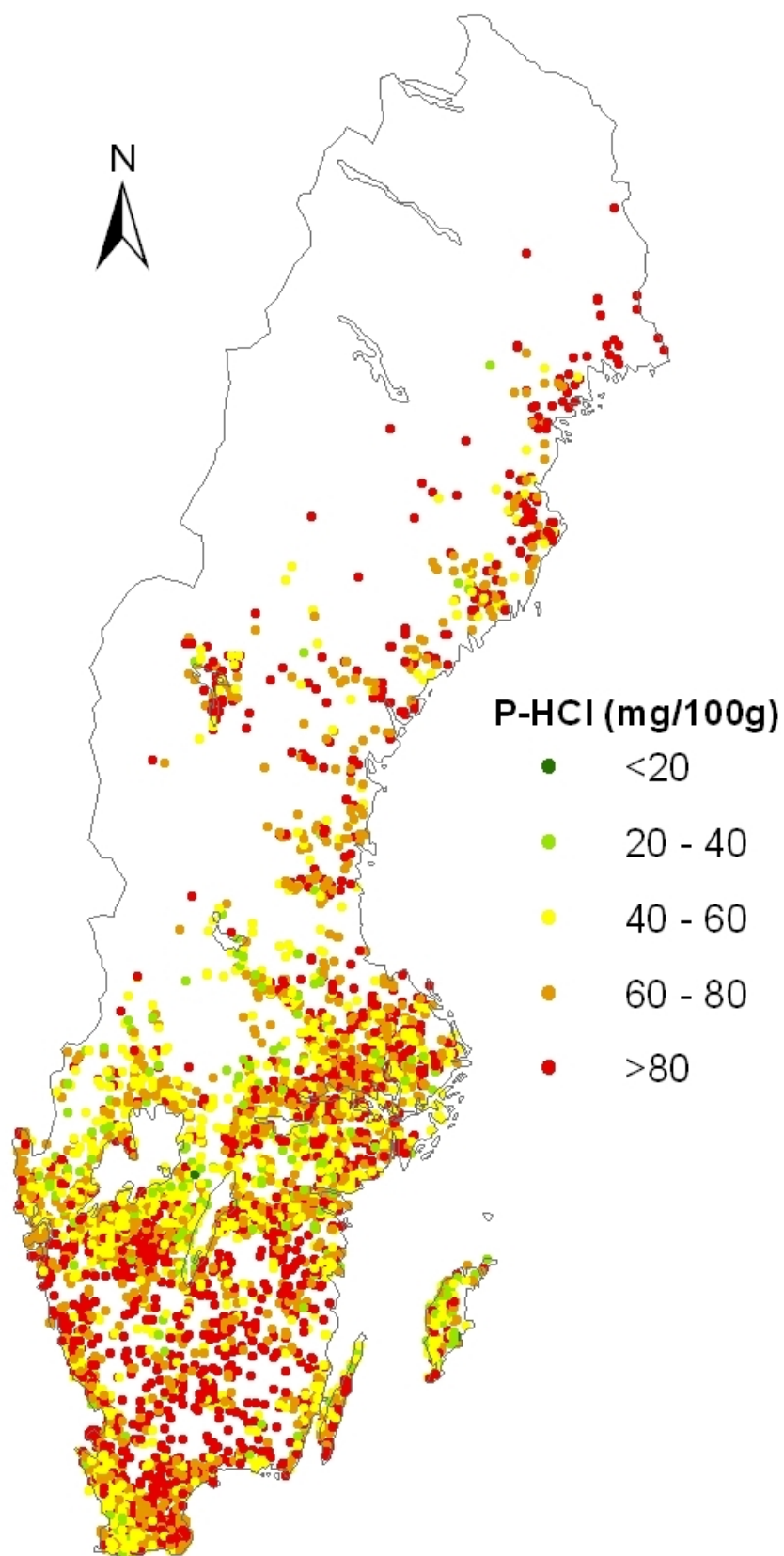
## Framtagning av karta

I detta projekt användes analysresultat från alla tillgängliga provpunkter som samlades inom miljöövervakningsprogrammet ”Yttäckande rikskartering av åkermark”, sammanlagt 5 172 punkter med analysvärden med avseende på förråds-P (P-HCl). Enligt uppmätta P-HCl-halter indelas alla jordarna i fosforklasser enligt tabell 1 (Wiklander, 1976).

Tabell 1. Klasser av förrådsfosfor (P-HCl) samt antal punkter i varje P-HCl-klass

Förrådsklass	P-HCl (mg P/100 g jord)	Antal punkter	%
1	< 20	8	0
2	20-40	257	5
3	41-60	1404	27
4	61-80	1629	31
5	>80	1874	36

Den geografiska fördelningen av alla punkter och klassificeringen av punkterna enligt tabell 1 visas i figur 3. Cirka två tredjedelar (67 %) av provpunkterna ligger i de två högsta P-HCl-klasserna.



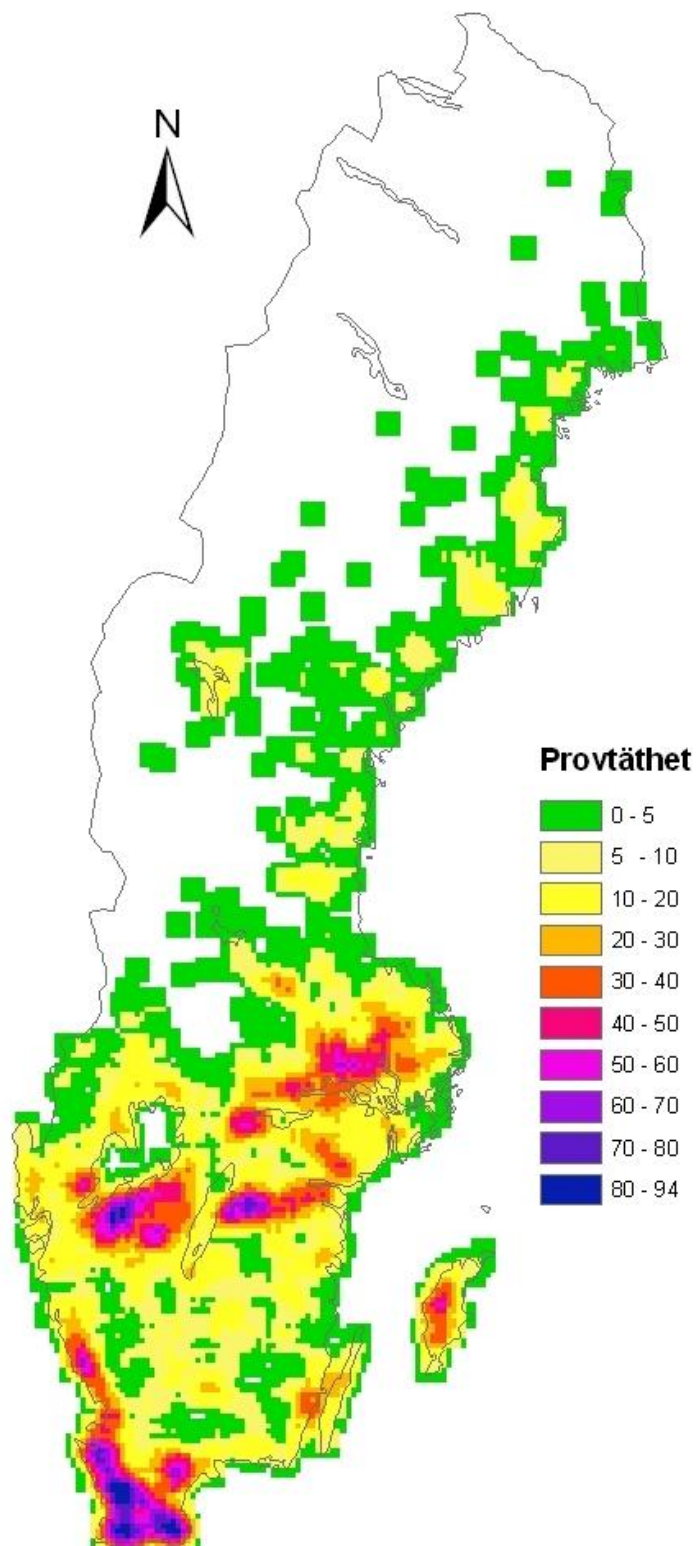
Figur 3. Saltsyralöslig fosfor (P-HCl, mg P/100 g jord) i matjorden, data från miljöövervakningsprogrammet "Yttäckande rikskartering av åkermark" (n=5172).

Som det nämnades tidigare, kriging är en interpolationsmetod som bygger på semivariogrammet med bakomliggande hypotesen att den genomsnittliga skillnaden mellan mätvärden som ligger nära varandra är liten. Det framräknade semivariogrammet för P-HCl-värden visade dock att värdena inte blir mer lika med minskat avstånd mellan provpunkterna, vilket i sin tur visar klart att den glesa provtagningen begränsar möjligheterna att använda kriging som meningsfull interpoleringsmetod. Fosforhalter i marken varierar främst lokalt (Djodjic m.fl., 2008) som en konsekvens av den ojämna gödselspridningen.

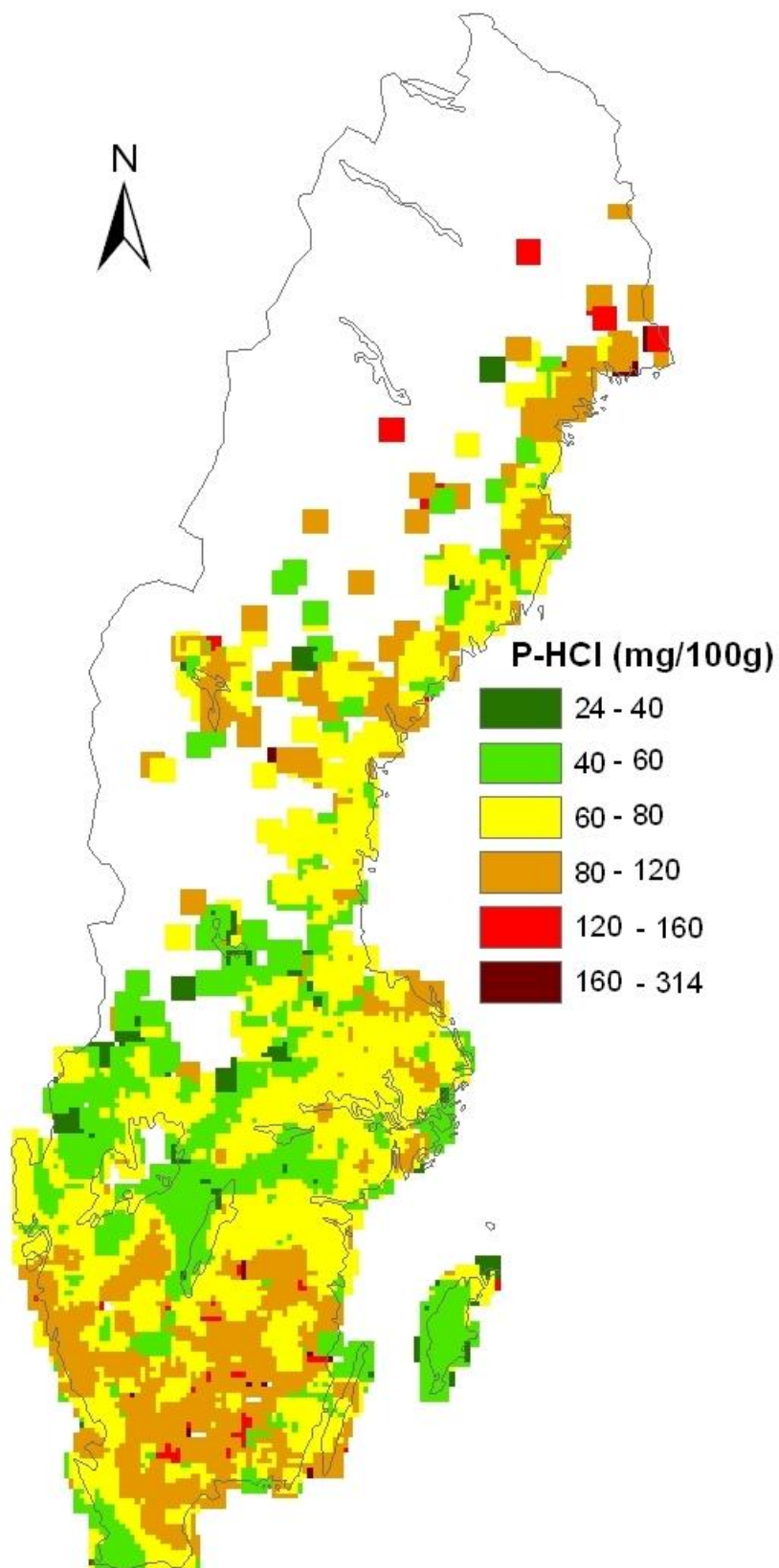
För att kunna fånga åtminstone storskaliga geografiska variationerna i P-HCl-värdena i detta dataset användes följande metodik för att interpolera värden. Värdet i varje 5x5 km gridcell beräknades som medianvärdet av alla P-HCl-värden inom ett sökfönster på 25x25 km. Figur 4 visar antal punkter som användes för medianberäkningen i varje cell. En positiv effekt av detta tillvägagångssätt är att ett högre antal punkter användes för medianberäkningarna i områden där provtagningen var tätare, vilket sammanfaller med intensiva jordbruksområden. Samtidigt kan värden i figur 4 också användas som ett mått för att visa på osäkerheterna vid användning av de framräknade kartorna, där en högre provtäthet innebär säkrare resultat. Beräkningen av medianvärdet istället för medelvärden användes för att minska påverkan av enskilda extrema värden. I figur 5 presenteras resultat av medianvärdesberäkningarna.

Det krävs dock flera steg för att komma fram till en karta över P-HCl-värden i svensk åkermark. För det första så måste kartan täcka åkermark och inte övriga markanvändningsklasser som också blir inkluderade vid extrapoleringen till en heltäckande karta, även om inga provpunkter är tagna utanför jordbruksmark. Detta är viktigt för beräkningen av medelvärden per delavrinningsområde/vattenförekomst eftersom enbart P-halter i åkermarken ska inkluderas i beräkningarna. För att åstadkomma detta nyttjades IAKS-block data. Den totala blockarean ändras från år till år och därför är det viktigt att inte missa blockareor som inte förekommer ett enskilt år. För att minska risk att missa blockareor användes blockdata från tre år (2005, 2008 och 2013). Dessa tre år valdes för att täcka en längre period med tillgänglig blockdata. Därefter konverterades dessa skikt från vektor shape-filer till raster grid med 25x25 m cellstorlek för att underlätta data bearbetningen. Därefter lades dessa filer ihop för att täcka all åkermarksareal. Detta nya skikt användes för att skära ut de framräknade medianvärdena i figur 5 till att enbart täcka jordbruksmark.

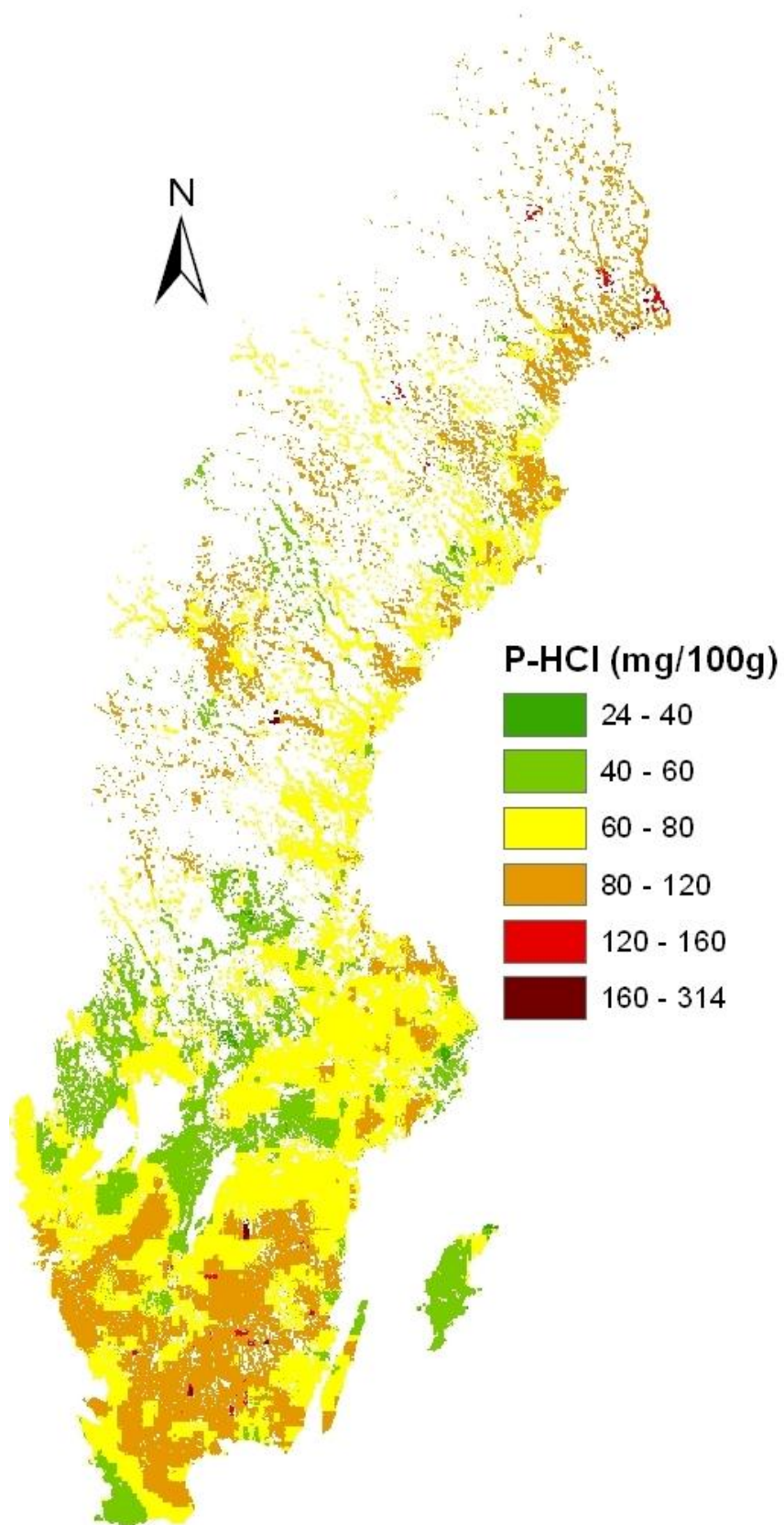




**Figur 4. Provtäthet (antal provpunkter) beräknad för varje 5x5 km cell med ett sökfönster på 25x25 km.**



Figur 5. Medianvärde av P-HCl (mg/100 g jord) beräknad för varje 5x5 km cell baserad på all värden inom ett sökfönster på 25x25 km.



Figur 6. P-HCl (mg/100 g jord) värden (25 m grid) över jordbruksblocken.

Dock finns det jordbruksblock och därmed åkermark utanför de områden som täcks av P-HCl-värdena i Figur 5 (t ex i inre Norrland). För att erhålla P-halter för dessa jordbruksfält beräknades dels median P-HCl-halt för så kallade åtgärdsområden (Sverige är indelad i 247 åtgärdsområden).

Åtgärdsområdena antogs vara en rimlig kompromiss mellan huvudavrinningsområdena (där vissa huvudavrinningsområden ansågs vara för stora för beräkningarna) och rapporteringsområdena (vars storlek var för liten i förhållande till antal befintliga punkter för att täcka områden som inte inkluderades i Figur 5). Slutligen, om det inte ens fanns medelvärden för åtgärdsområden för vissa block, tilldelades dessa block medianvärdet för sin utlagningsregion. Det är dock viktigt att betona att majoritet av blocken (>90 %) tilldelades ett värde utifrån det framräknade medianvärdet inom ett sökfönster på 25x25 km. Slutresultat av detta tillvägagångssätt visas i figur 6.

## Jämförelse med PLC5

Den nya kartan innebär förändringar jämfört med PLC5. I PLC5 användes tre P-HCl klasser (1. låg (< 0,693 g P/kg jord), 2. medel (0,693 – 0,832 g P/kg jord) och 3. hög (> 0,832 g P/kg jord). Den direkta jämförelsen per PLC5 delavrinningsområde mellan de gamla och nya värden visar att cirka 2 tredjedelar av alla delavrinningsområden (66 %) får samma klass som i PLC5. En tredjedel (34 %) av delavrinningsområdena får en annan P-HCl klass. Av dessa får knappt hälften (44 %) en lägre klass än i PLC5, medan drygt hälften (56 %) får en högre P-HCl klass. Vid PLC6 ska man dock använda kontinuerliga värden och inte klasser, vilket ger en mer nyanserad bild av P-halter i svensk åkermark och dess effekter på P-belastningen. Dessutom ska beräkningen för PLC6 inte göras per delavrinningsområde utan i en ännu finare skala (vattenförekomster).

## Jämförelse med bakgrundshalter av fosfor

I ett systerprojekt (Djodjic och Widén-Nilsson, SMED-rapport 138 2013) beräknades också nya bakgrundshalter av P, baserat på mätningarna av P-HCl i åkermarkens alv (1680 punkter sammanlagt). En jämförelse mellan de nya värdena för P-HCl i matjorden och i alven visar att värden i matjorden i de flesta delavrinningsområden (94 %) är högre än motsvarande värden i alven. Men i 532 delavrinningsområden (6 %) är P-HCl värden i alven (som antas representera bakgrundshalten) högre än motsvarande värden i

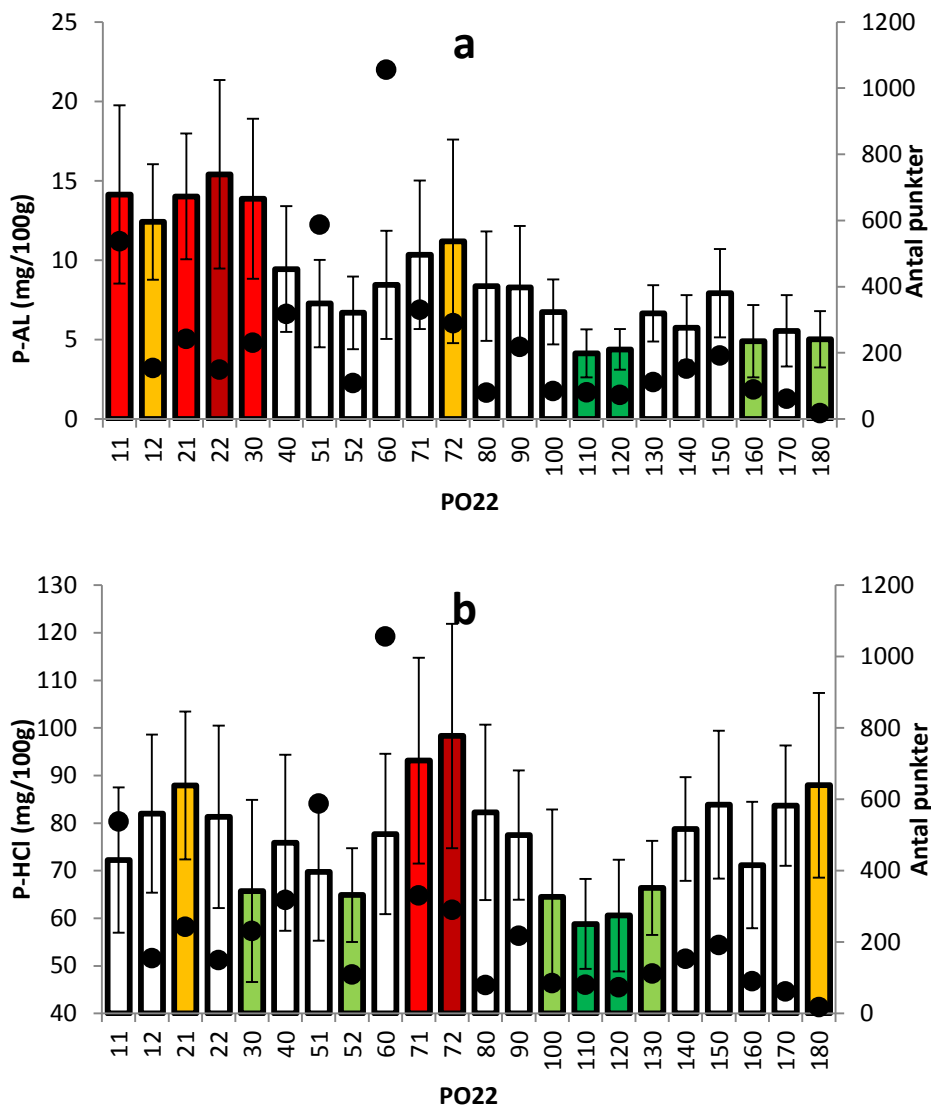
matjorden. Det är möjligt att grödupptag av P från de översta skikten har lett till lägre halter i matjorden. Till exempel har man också noterat att P-HCl i alven blivit högre än i matjorden i ca 3 % av provpunkter som provtagits under 1990-talet och redovisas i Eriksson m.fl. (1997).

## Framtida modellutveckling och fosforhalter i marken

På längre sikt så bör modellutveckling baserad på nya forskningsrön utreda det bästa indatalternativet för att definiera P pooler i svensk åkermark. Det finns ett stort forskningsunderlag (Sims, 1998; Sims, 2000; Sims m.fl., 2000; Börling m.fl., 2004; Djodjic och Mattsson, 2013) som kopplar de agronomiska metoderna för bestämning av växttillgänglig P (som t ex P-AL) med P-frigörelse och/eller P-förluster. Å andra sidan är kanske P-HCl-värden mer lämpliga att beskriva förluster av P bunden till markpartiklarna (så kallad icke-reaktiv eller partikulär P, (Ulén, 2001)). Det är viktigt att vara medveten att val av metod (P-AL eller P-HCl) innebär vissa geografiska skillnader i bedömningen av mängd P i olika P-pooler (Figur 7).

Enligt P-AL metoden hittar man de högsta P-halterna i de 5 sydligaste utlagningsregionerna (röd- och orangefärgade regioner i figur 7a: 11, 12, 21, 22 och 30). Förutom region 21 hör inte dessa regioner till utlagningsregioner med högst P-halt enligt P-HCl metoden (Figur 7b). Detta ligger i linjen med resultat i detta projekt som visar svaga samband mellan P-AL och P-HCl.

Man ska också komma ihåg att sambanden testades i detta projekt på rikstäckande dataset. I de lokala tillämpningarna kan det vara enklare att hitta samband mellan P-AL och P-HCl, då variationen i olika förklarande variabler kan vara avsevärt lägre i en lokal skala. Med andra ord, det svaga sambandet mellan P-AL och P-HCl för alla punkter kan dölja ett antal starkare samband bland delpopulationerna, där lutningen på det linjära sambandet varierar och därmed resulterar i en hög spridning av punkterna för hela populationen. En viktig förklarande parameter som inte tagits hänsyn till i detta projekt skulle kunna vara markens P-bindningsförmåga. En lägre lokal variation i P-bindningsförmågan jämfört med variationerna över hela landet kan innebära en större chans att få ett starkare samband och lägre spridning.



**Figur 7. Medelvärden med standardavvikelser av P-halter i matjorden enligt P-AL (a) och P-HCl (b) per utlagningsregion. Svarta cirklar står för antal punkter (y-axeln till höger). För att tydligare visa skillnaderna har höga värden färgkodats röda medan låga värden färgades grönt.**

# Slutsatser

- En ny karta över P-HCl-halter i svensk åkermark har tagits fram baserat på 5172 punkter.
- För varje cell (5x5 km) beräknades medianvärde utifrån ett sökfönster på 25x25 km.
- Jämförelse med data som användes vid PLC5 visar på vissa skillnader, men förhoppningen är att den nya beräkningsmetodiken med kontinuerliga värden kan hjälpa till att få en mer nyanserad bild av P-halter i svensk åkermark och dess effekter på P-belastningen.
- En jämförelse mellan de nya värdena för P-HCl i matjorden och i alven visar att värden i matjorden i de flesta delavrinningsområdena (94 %) är högre än motsvarande värden i alven.
- Användning av de nya 13 000 punkter från Jordbruksverkets dataset är önskvärt men kräver att starka och pålitliga samband etableras mellan dessa två skilda metoder.
- Vi kunde förbättra sambandet mellan P-HCl och P-AL genom att ta hänsyn till andra variabler, däribland markens pH, mullhalt och P-HCl-halt i alven men även dessa förbättrade samband bedömdes inte vara tillräckligt starka för att ge en tillförlitlig omräkning av P-AL till P-HCl utan att introducera oönskade osäkerheter.
- Befintliga och nya forskningsrön kan dock vara till hjälp för att välja den mest lämpliga metoden (P-AL eller P-HCl) att beskriva markens P pooler vid framtida modellutvecklingen.

# Referenser

- Brandt, M., Ejhed, H. och Rapp, L. 2008. Näringsbelastning på Östersjön och Västerhavet 2006. Naturvårdsverket, NV Rapport 5815, Stockholm, pp. 43.
- Börling, K., E. Otabbong och Barberis, E. 2004. Soil variables for predicting potential phosphorus release in Swedish non-calcareous soils. *Journal of Environmental Quality*, 33, 99-106.
- Djodjic, F., Lindsjö, A. och Persson, K. 2008. Förbättring av beräkningsmetodiken för diffus belastning av fosfor från åkermark. SMED rapport 20 2008.
- Djodjic, F. och Mattsson, L. 2013. Changes in plant-available and easily soluble phosphorus within 1 year after P amendment. *Soil Use and Management*, 29, 45-54.
- Egnér, H., Riehm, H. och Domingo, W. R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kungl. Lantbrukshögskolans Annaler*, 26, 199-215.
- Eriksson, J., Andersson, A. och Andersson, R. 1997. Tillståndet i svensk åkermark Rapport / Naturvårdsverket 4778, ISSN 0282-7298. ISBN 91-620-4778-7. Stockholm. Naturvårdsverket.
- Eriksson, J., Mattsson, L. och Söderström, M. 2010. Current status of Swedish arable soils and cereal crops. Data from the period 2001-2007. Swedish environmental protection agency, Report 6349. Stockholm Sweden.
- Johnsson, H., M. Larsson, A. Lindsjö, K. Mårtensson, K. Persson och Torstensson, G. 2008. Läckage av näringsämnen från svensk åkermark. Naturvårdsverket rapport 5823.
- Jordbruksverket. 2013. Jordart och växtnäringstillstånd i åkermarken. 20 November 2013.  
[http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/miljoutva\\_rderingarforsokochutveckling/jordartiakermark.4.23f3563314184096e0d2b77.html](http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/miljoutva_rderingarforsokochutveckling/jordartiakermark.4.23f3563314184096e0d2b77.html).
- Kungliga Lantbruksstyrelsen. 1965. Kungliga Lantbruksstyrelsens kungörelse med (5) bestämmelser för undersökning av jord vid statens lantbrukskemiska kontrollanstalt och lantbrukskemisk kontrollstation och lantbrukskemisk station med av staten fastställda



- stadgar. Kungliga Lantbruksstyrelsens kungörelser m m, Nr 1 (in Swedish).
- Sims, J. T. 1998. Phosphorus soil testing: innovations for water quality protection. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29, 1471-1489.
- Sims, J. T. 2000. The role of soil testing in environmental risk assessment for phosphorus. *Agriculture and phosphorus management*. (ed A. N. Sharpley), Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 57-81.
- Sims, J. T., Edwards, A. C., Schoumans, O. F. och Simard, R. R. 2000. Integrating soil phosphorus testing into environmentally based agricultural management practices. *Journal of Environmental Quality*, 29, 60-71.
- Söderström, M. 2008. Traditionell markkartering i precisionsodling. Teknisk rapport.
- Ulén, B., Johansson, G., and Kylmar K. 2001. Model predictions and long-term trends in phosphorus transport from arable lands in Sweden. *Agricultural Water Management*, 49, 197-210.
- Wiklander, L. 1976. *Marklära*. pp. 230.