

Slutrapport för projektet ”Genetikens betydelse vid etablering av ek och kompletterande utläggning av ett avkommeförsök”

Johan Kroon (johan.kroon@skogforsk.se)

Syfte

Projektet har syftat till att ge bästa möjliga förutsättningar för att säkra etableringen av nya avkommeförsök med ek. Det finns idag inga fältförsök för systematisk utvärdering av bergek och rödek jämfört med vanlig skogsek, vilket projektet har haft till syfte att råda bot på. I projektet har ingått plantskolans arbete med att etikettera samtliga försöksplantor (för att möjliggöra en fullständig randomisering i fält), samt direkta skötselåtgärder, mätningar, analys och en omfattande försöksdokumentation under de tre första säsongerna i ett av de nyanlagda avkommeförsöken i serien.

Sammanfattning

Kunskapen om olika ädellövsmaterials genetiska egenskaper såsom vitalitet, härdighet, produktion och stamkvalitet är idag mycket bristfällig i Sverige. Att använda ett odlingsmaterial som förflyttats långt från växtplatsen är ett risktagande. Klimatanpassning och egenskaper som kopplar till tillväxtrytm är extra viktiga under etableringsfasen. Vid skogsodling av ek i Sverige har intresset hittills koncentrerats till vanlig ek (*Quercus robur*). Men det finns även två andra intressanta ekarter, nämligen bergek (*Q. petraea*) och amerikansk rödek (*Q. rubra*). Idag finns inga svenska fältförsök för systematisk utvärdering av bergek och rödek i jämförelse med vanlig skogsek. Därför har Skogforsk påbörjat ett projekt att avkommepröva bergek och rödek i genetiska fältförsök. Målsättningen med det aktuella projektet har varit att ge bästa möjliga förutsättningar för etableringen av de nya avkommeförsök med ek. I det aktuella projektet har plantornas utveckling i avkommeförsöken följts under de tre första åren. I projektet har även plantskolans arbete med att etikettera samtliga försöksplantor ingått, samt skötselåtgärder, mätningar och analys under de tre första säsongerna i ett av de nyanlagda avkommeförsöken i serien. Projektet har bidragit till flera nya insikter kring ekodling i största allmänhet, men framförallt gett viktiga bidrag till fortsatt förädlingsarbete av ek. Dessutom har flera mer specifika ämnen kring den genetiska variationen hos våra ekarter kunnat belysas. Resultaten visar att det redan i tidig ålder finns tydliga skillnader mellan familjer, men också att odlingseffekter från plantskolan är viktiga att ha i beaktande i analysarbetet, vilket också gäller för den spatiala strukturen i fältförsöken. Projektet har också bidragit till att både dokumentation och skötselåtgärder, såsom gräs- och slybekämpning och annan viktig översyn, har kunnat göras på ett tidigt skede i försökens livslängd. Detta kommer förmodligen vara avgörande för en tillfredställande utveckling av försöken och är en garant för att försöken kan fungera som bra forsknings- och förädlingsunderlag för lång tid framöver.

Introduktion

Vid odling av ädla lövträd är det ofta frågan om långa omloppstider och det ekonomiska utfallet är mycket starkt avhängigt av den timmerkvalitet som slutprodukten erhåller. Därför är det väsentligt att man utgår från ett bra odlingsmaterial. Förutom att materialet i sig själv skall ha en hög produktionspotential och producera virke av god kvalitet är det av största vikt att materialet är väl anpassat till det klimat där det skall odlas. Exempelvis torde förutsättningarna för ek att klara av den idag så uppmärksammade ”ekdöden”, som anses vara ett mycket komplext problem orsakat av olika

stressfaktorer, vara betydligt större om träden är klimatiskt väl anpassade. Vid skogsodling av ek har hittills intresset koncentrerats till vanlig ek (*Quercus robur*). Men det finns även två andra intressanta ekarter, nämligen bergkek (*Quercus petraea*) och rödek (*Quercus rubra*). Idag finns inga fältförsök för systematisk utvärdering av bergkek och rödek anlagda. Därför saknas helt och hållet vetenskapligt underlag för att bedöma odlingsvärdet under svenska förhållanden. Vi har heller ingen kännedom om hur de båda arterna växer i förhållande till varandra och relativt skogsek. Tillgång till ett bra genetiskt material för olika trädslag ökar även handlingsfriheten inför valet av trädslag vid nyetablering av skog.

Det råder brist på inhemskt skogsodlingsmaterial för många lövträdslag, vilket kompenseras genom import av såväl frö som plantor från kontinenten. Vi vet dock inte huruvida sådant material är lämpligt att använda i Sverige. Att använda ett odlingsmaterial som förflyttats långt från växtplatsen är ett risktagande. Eftersom södra Sverige utgör nordgräns för de ädla lövträdens naturliga utbredningsområde är det sannolikt extra viktigt att ha kontroll på genetiska egenskaper som är kopplade till klimatisk anpassning. För en skogsägare är det viktigt och extra tillfredställande om en ungskog kan etableras snabbt. Detta gynnas av ek som är skadefri (väl klimatiskt anpassad) och uppvisar en snabb ungdomstillväxt samt har genomgående rak stam. Kunskap om proveniensens betydelse och olika frökällors odlingsvärde av ek i Sverige är idag mycket bristfällig. I en ambitiös studie att samla forskningsresultat på ek i Europa finns ingen referens till svenska studier (Eriksson, 2015). Även om kunskapsläget för svensk ek är begränsat så finns det resultat från ek på kontinent där tydliga skillnader i tillväxtrytm och tillväxt har kunnat påvisas beroende på skillnader i materialets ursprung. Exempelvis visar studier på bergkek i Frankrike tydliga samband mellan fenologi (bladutveckling), härkomstaltitud och temperaturklimat (Vitasse et al., 2009; Alberto et al., 2011).

Långsiktiga planer för skogsträdsförädling i Sverige finns endast för gran, tall, contorta och vårtbjörk. För övriga trädslag består förädlingsarbetet av intermittenta, begränsade insatser som oftast finansieras genom anslag från olika forskningsfonder. Det aktuella projektet är en fortsättning det projekt som startade 2018 för att även avkommepröva bergkek och rödek i genetiska fältförsök. Båda dessa ekprojekt har finansierats helt och hållet av externa medel. Det ursprungliga projektet för insamling och odling av försöksmaterialet kunde genomföras genom bidrag från Erik Stenströms stiftelse. Efter vidare ekonomiska bidrag från Stiftelsen Petersson-Grebbe och Erik och Ebba Larssons samt Thure Rignells stiftelse (med mark i Tranemåla) kunde två fältförsök anläggas. Detta är små stiftelser, som inte delar ut forskningsmedel varje år, men som redan bidragit med avgörande finansiering till projektet. Projektet har generellt en låg budget, och genom bidraget från Erik Stenströms stiftelse har det varit en möjlighet att säkerställa en dokumentation och skötsel av försöken efter själva planteringen. Genom att följa försöken från etablering kommer de att få en viktig dokumentation och en fortsatt skötselplan för att fortsatt kunna fungera som ett bra forsknings- och förädlingsunderlag.

Lägesrapport i försöken efter 3 år

Försöken är en del av Skogforsks operativa förädlingsinsatser för ek och allt försöksdata har lagts in i Skogforsks förädlingsdatabas (Treeplan). De nya ekförsök, utgör en unik möjlighet att studera skillnader och genetiska variation mellan, såväl som inom, olika ekarter. Det har därför varit möjligt att koppla ihop försöken med flera andra projekt både på Lnu (Formasfinansierat klimatforskningsprojekt med ek, samt ett examensarbete) och SLU (Partnerskap Alnarp). Finansiering från Stina Werners fond har bidragit till att kunna DNA-testa ett stort antal avkommor (på den genomiska plattformen, <http://www.oakgenome.fr/>) för studier av hybridiseringsgraden. Projektet är speciellt inriktat på att beskriva den taxonomiska statusen av det bergkeksmaterial som samlats in för de nya avkommeförsöken. Att belysa den genetiska och taxonomiska statusen hos bergkek har gett

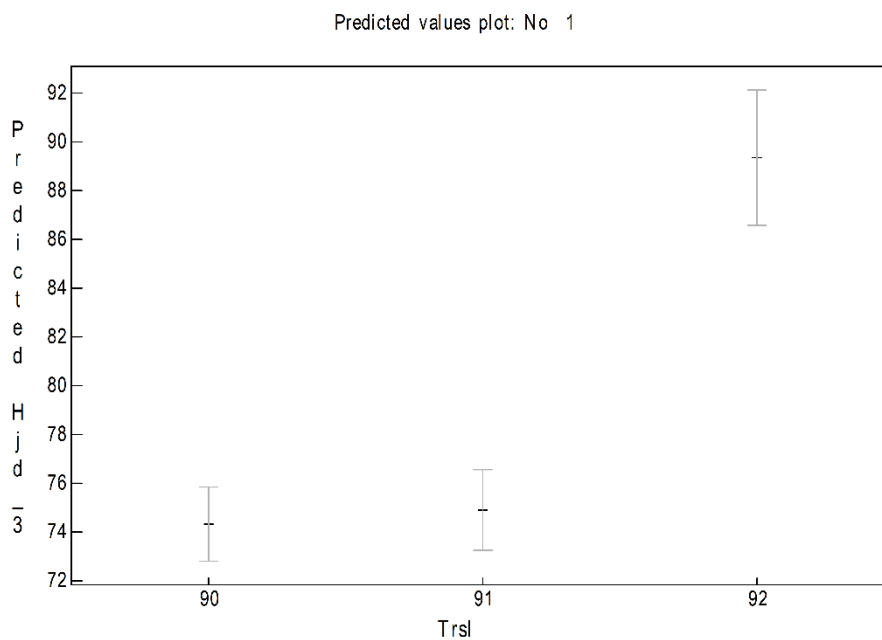
fördjupad kunskap kring hybridiseringsgrad (admixture/q-value) (skogsek eller bergsek) (Truffaut et al., 2017; Leroy et al., 2018) hos svensk ek i allmänhet. Den molekylära markörstudien visar att båda trädslagen ofta finns i de bestånd som på basis av morfologiska egenskaper valts som bergseksbestånd för plusträdsurval inom skogsträdsförädlingen. Data på hybridiseringsgrad kommer att vara av stort värde för vidare genetiska utvärdering av fältförsöken.

Försöken har dimensionerats för att kunna skatta genetiska parametrar med avkommor från många föräldrar, men också på flera lokaler. Att analysera hur det genetiska uttrycket varierar över en miljögradient är viktigt för att bedöma klonernas användbarhet i olika områden. De genetiska analyserna görs med en blandad genetisk modell (mixed model equations) (Henderson, 1984; Mrode, 2014). I ett påbörjat projekt som syftar till att utvärdera försöken efter 5 år kommer en fördjupad genetisk analys av försöken att göras. Nedan ses resultatet från ett av försöken som finansierats i det aktuella projektet:

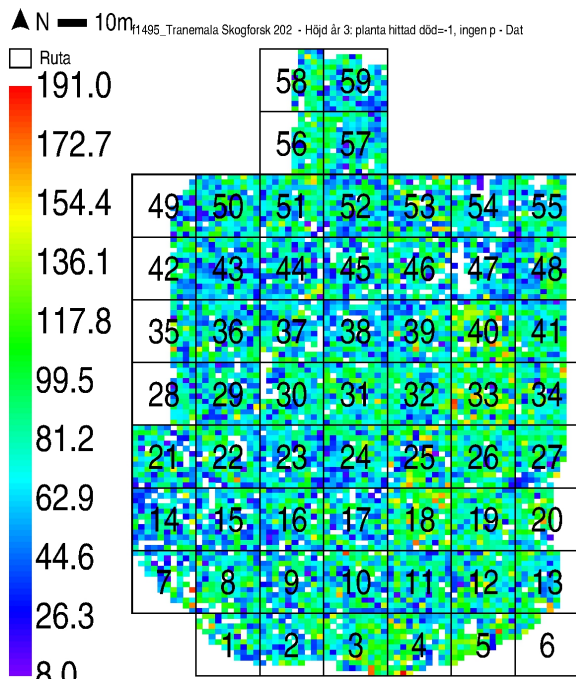
Tranemåla 1495

Höjd år 3

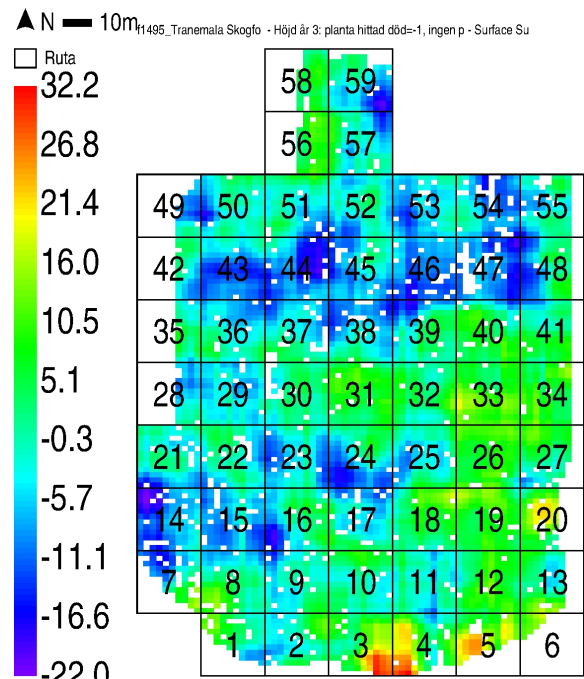
Medelhöjden för de olika arterna visas i Figur 1. Intressant är att variansen för rödek (Trsl=92) var signifikant högre än för de andra arterna (bergsek Trsl=91, skogsek Trsl=90). Figur 2a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



Figur 1. Medelhöjden i cm rödek (Trsl=92), bergsek (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).



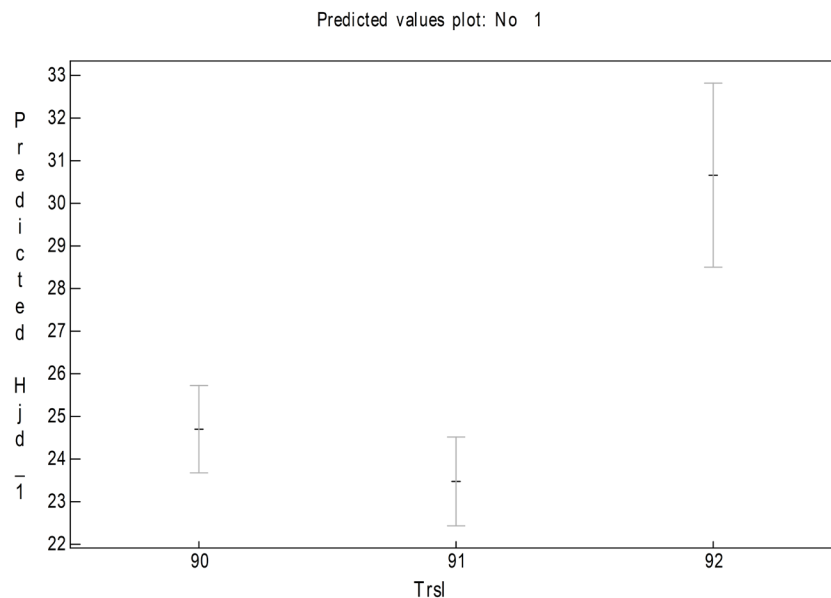
Figur 2a. Mätta höjdvärden i cm



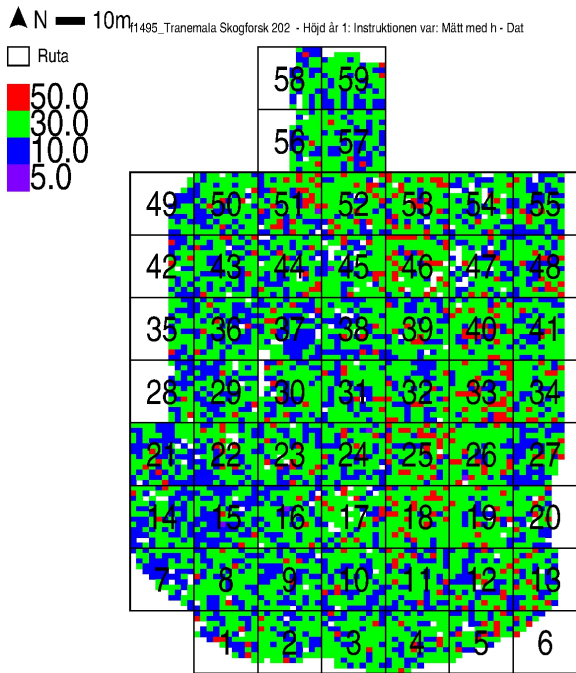
Figur 2b. Spatial analys

Höjd år 1

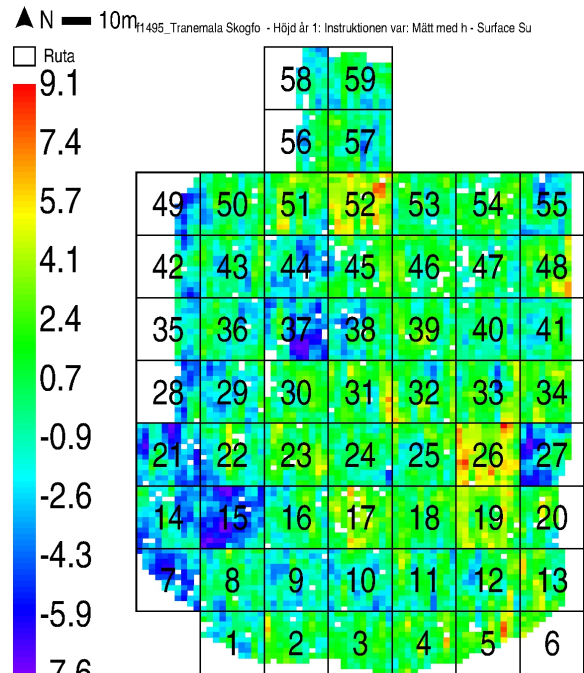
Medelhöjden för de olika arterna visas i Figur 3. Intressant är att variansen för rödek (Trsl=92) var signifikant högre än för de andra arterna (bergeek Trsl=91, skogsek Trsl=90). Figur 4a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



Figur 3. Medelhöjden i cm rödek (Trsl=92), bergeek (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).



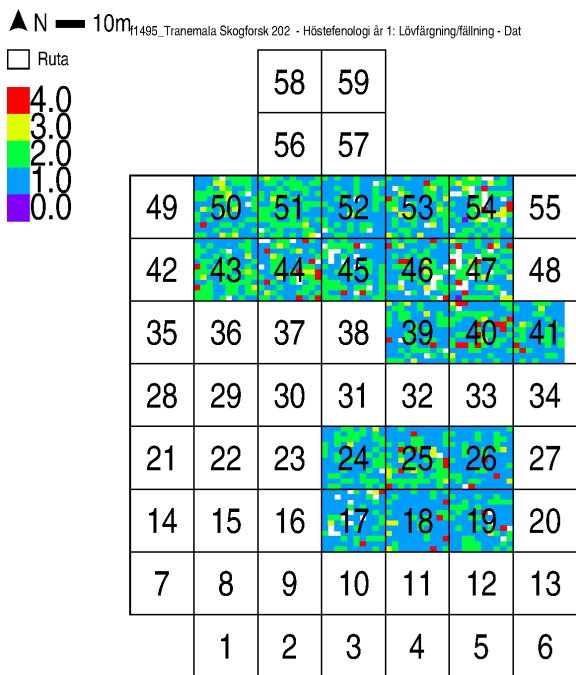
Figur 4a. Mätta höjdvärden i cm



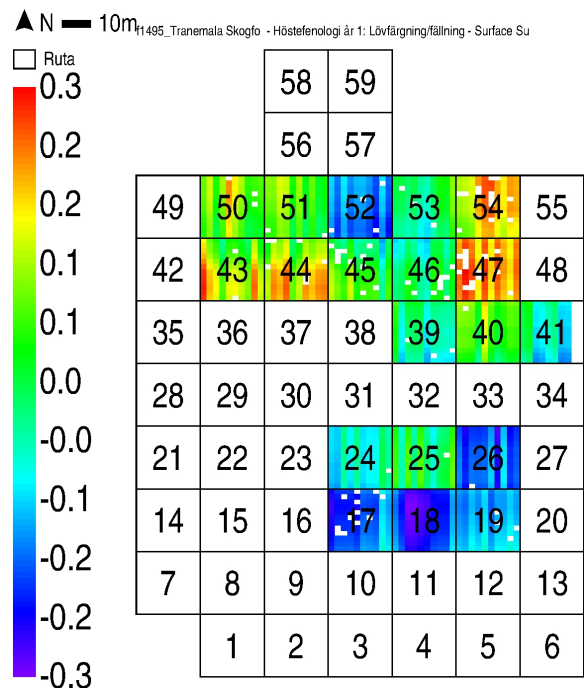
Figur 4b. Spatial analys

Höstfärgning år 1

Ett urval av rutorna valdes för att studera höstfenologi (höstfärgning) och visas i Figur 5a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



Figur 5a. Invintring skala 1-4 (=avlövad)

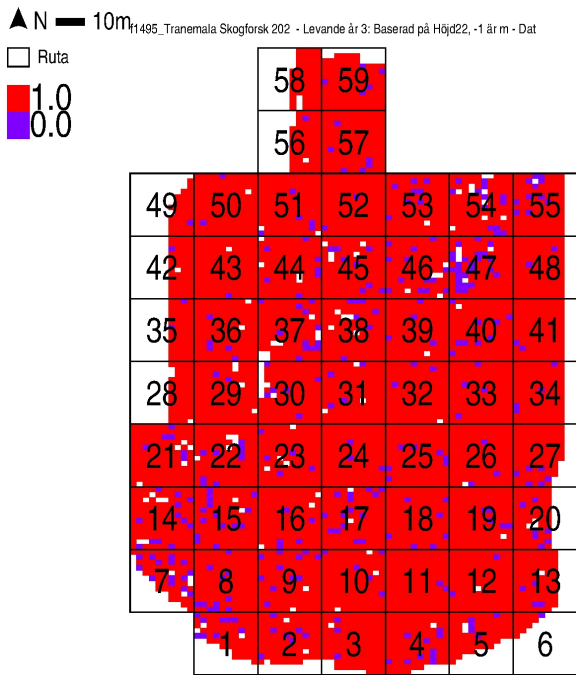


Figur 5b. Spatial analys

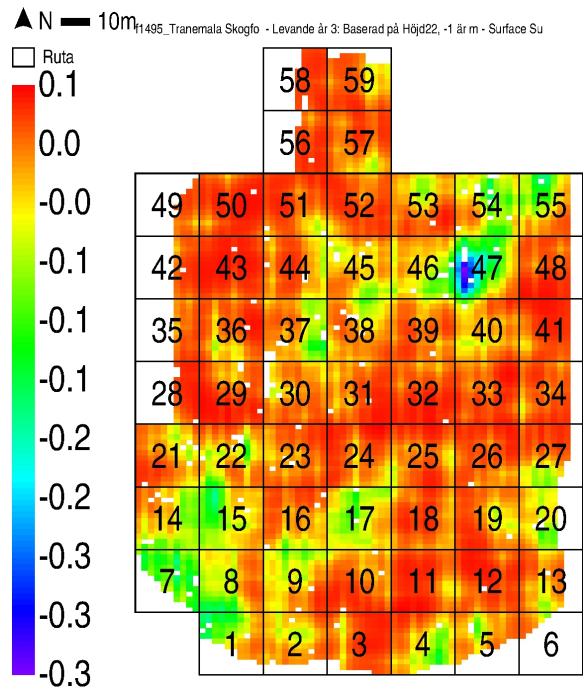
Figur 4b. Spat

Överlevnad år 3

Överlevnaden visas i Figur 6a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



Figur 6a. Överlevnad (0 död, 1 levande)

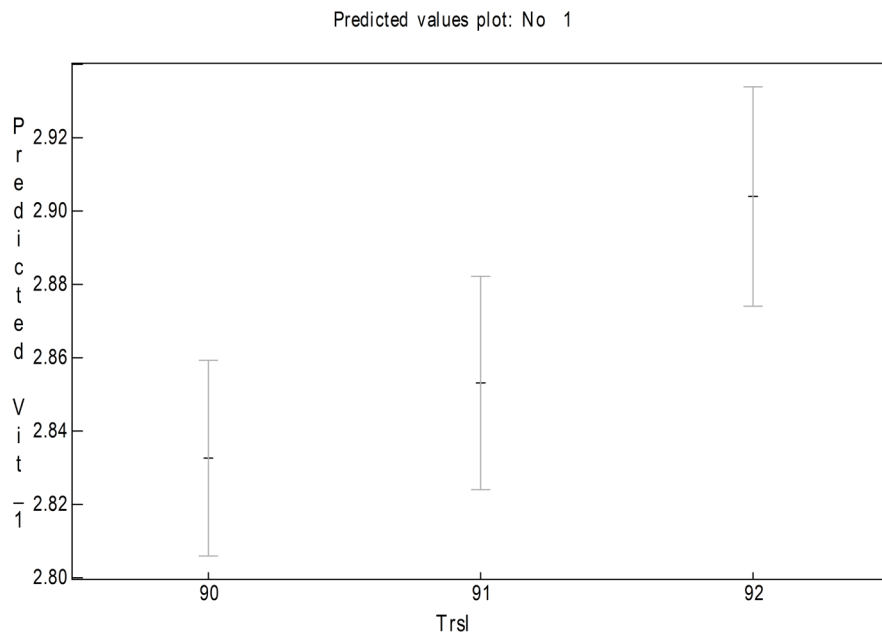


Figur 6b. Spatial analys

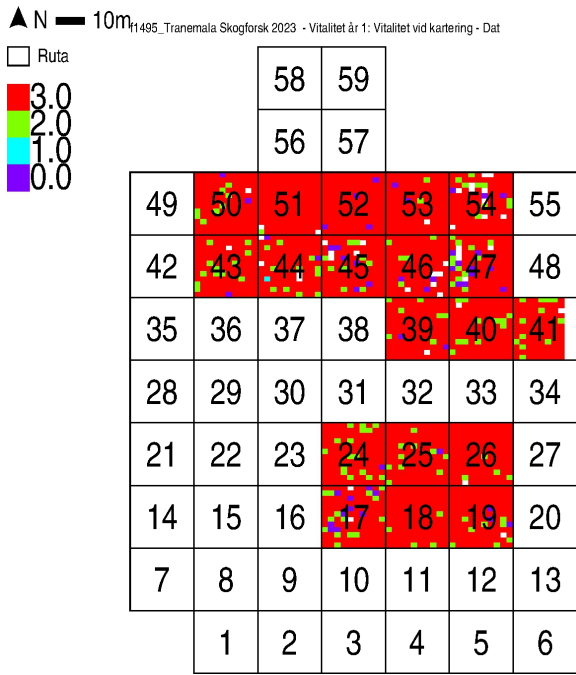
Figur 4b. Spat

Vitalitet år 1

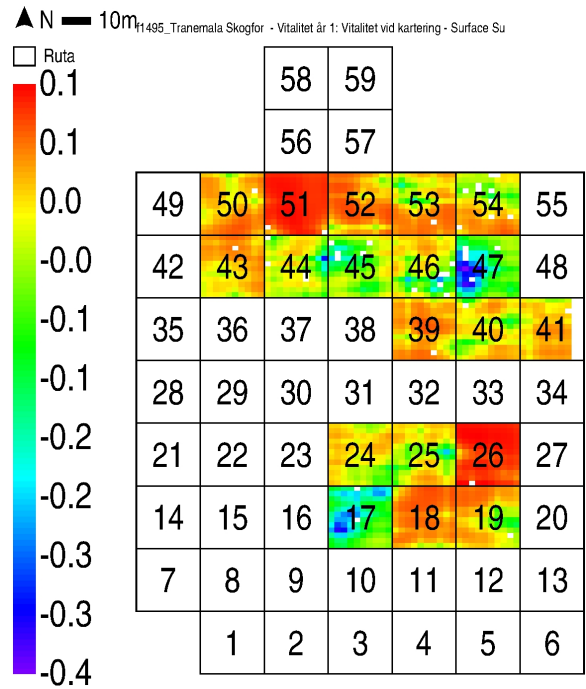
Ett urval av rutorna valdes för att studera vitalitet år 1 (0-3, där 3 betyder fullt vital och 0 är död) och resultatet visas i Figur 7. Figur 8a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



Figur 7. Vitalitet i skala 0-3 (Trsl=92), bergsek (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).



Figur 8a. Vitalitet 0-3 (=fullt vital)

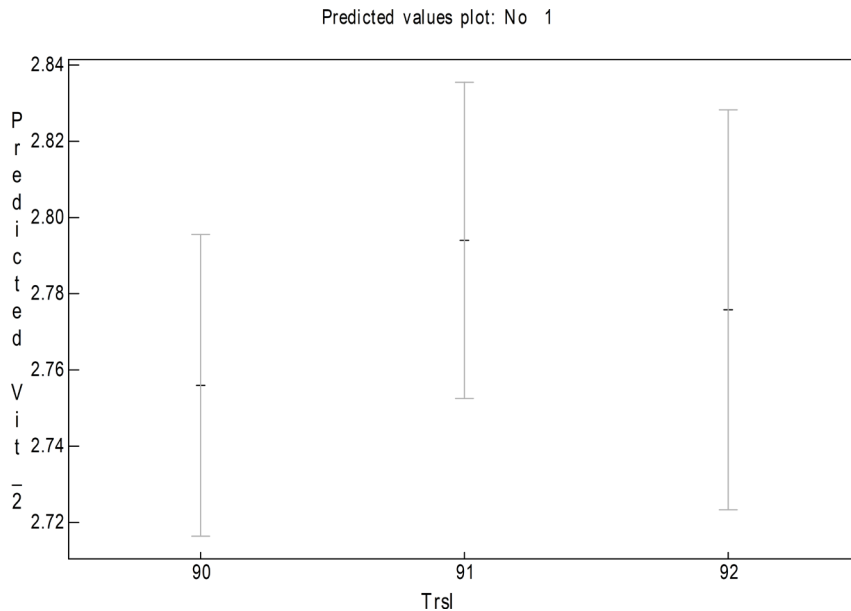


Figur 8b. Spatial analys

Figur 4b. Spat

Vitalitet år 2

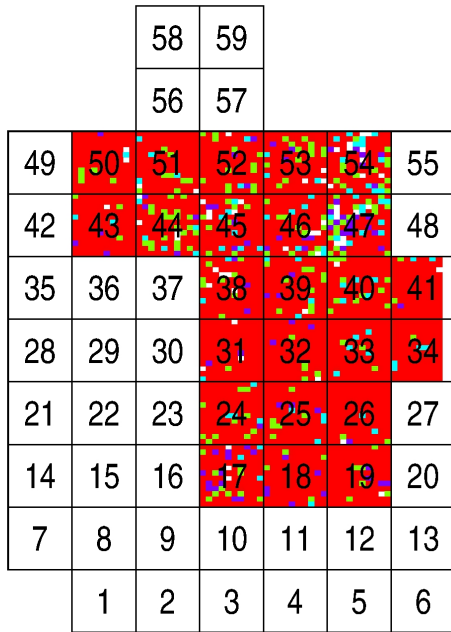
Ett urval av rutorna valdes för att studera vitalitet år 2 (0-3, där 3 betyder fullt vital och 0 är död) och resultatet visas i Figur 9. Figur 10a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



Figur 9. Vitalitet i skala 0-3 (Trsl=92), bergsek (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).

▲ N 10m H495_Tranemala Skogforsk 202 - Vitalitet år 2: Vitalitet mätt på våren. - Dat

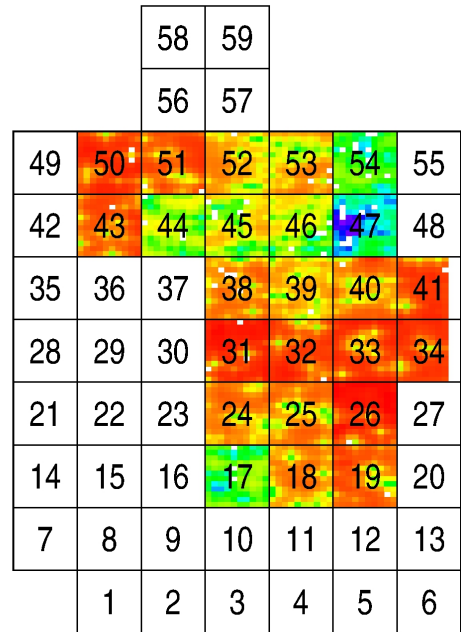
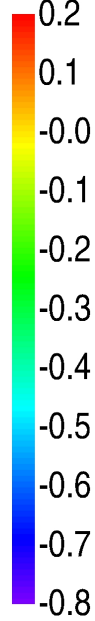
□ Ruta



Figur 10a. Vitalitet 0-3 (=fullt vital)

▲ N 10m H495_Tranemala Skogflo - Vitalitet år 2: Vitalitet mätt på våren. - Surface Su

□ Ruta

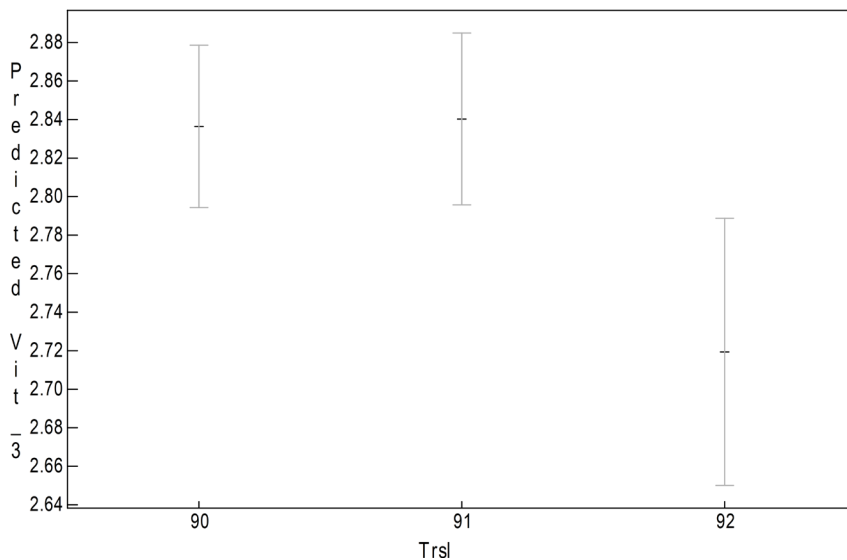


Figur 10b. Spatial analys

Vitalitet år 3

Ett urval av rutorna valdes för att studera vitalitet år 3 (0-3, där 3 betyder fullt vital och 0 är död) och resultatet visas i Figur 11. Figur 12a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.

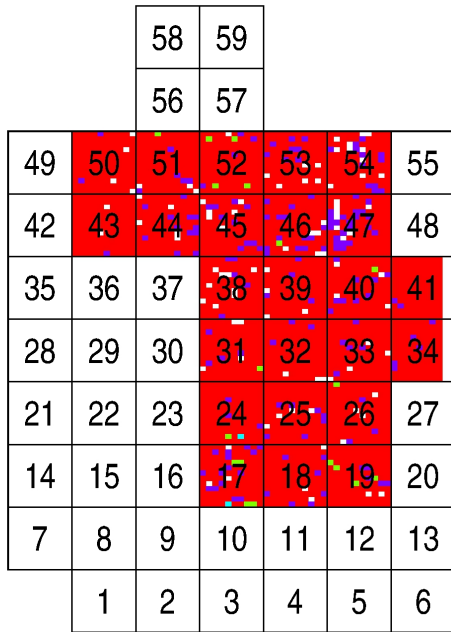
Predicted values plot: No 1



Figur 11. Vitalitet i skala 0-3 (Trsl=92), bergesk (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).

▲ N 10m H495_Tranemala Skogforsk 202 - Vitalitet år 3: Vitalitet mätt på hösten - Dat

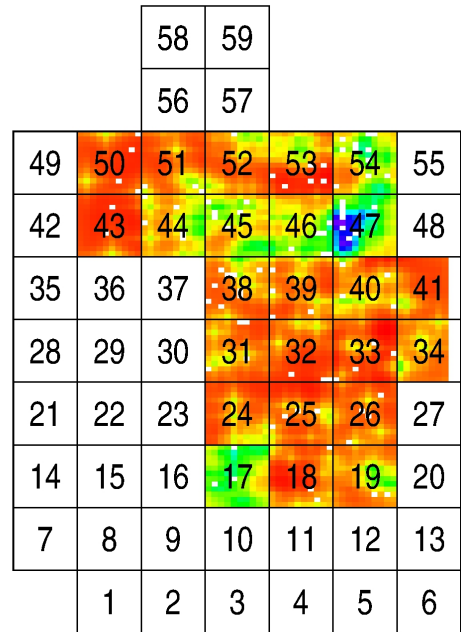
□ Ruta



Figur 12a. Vitalitet 0-3 (=fullt vital)

▲ N 10m H495_Tranemala Skogflo - Vitalitet år 3: Vitalitet mätt på hösten - Surface Su

□ Ruta

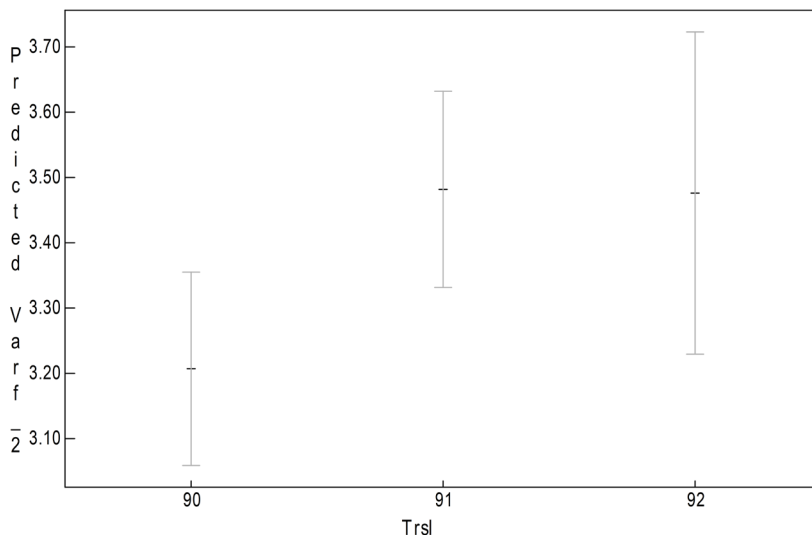


Figur 12b. Spatial analys

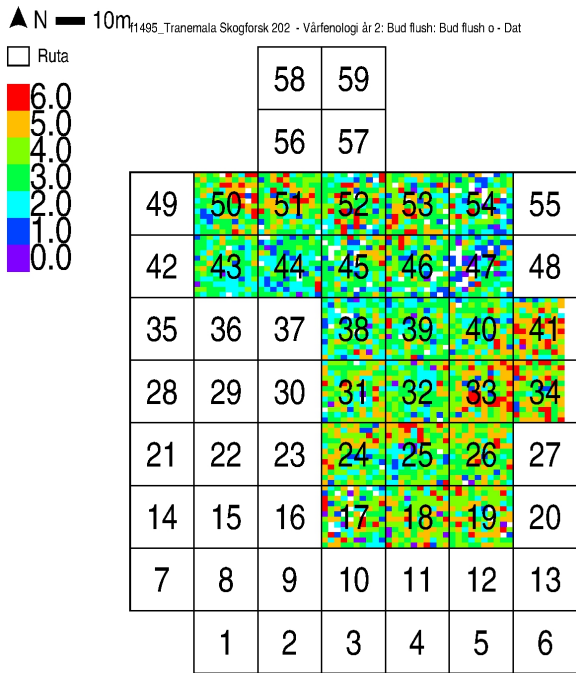
Vårfenologi år 2

Ett urval av rutorna valdes för att studera vårfenologi år 2 (0-6, där 6 betyder fullt utslagen) och resultatet visas i Figur 13. Figur 14a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.

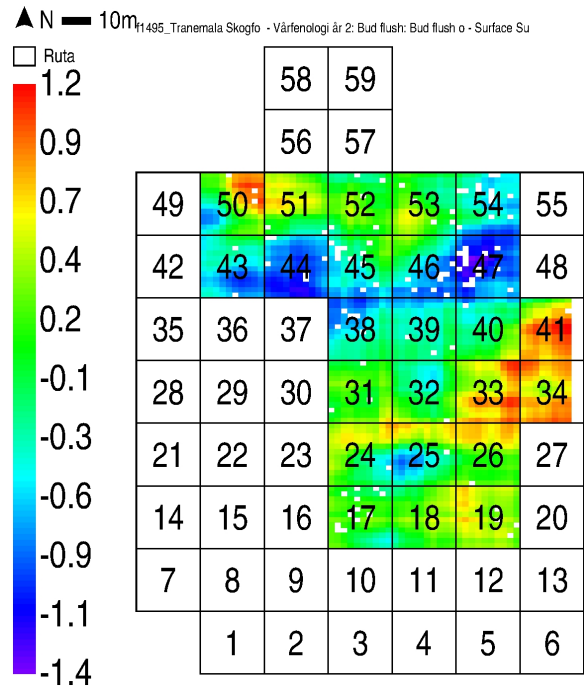
Predicted values plot: No 1



Figur 13. Vårfenologi i skala 0-3 (Trsl=92), bergesk (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).



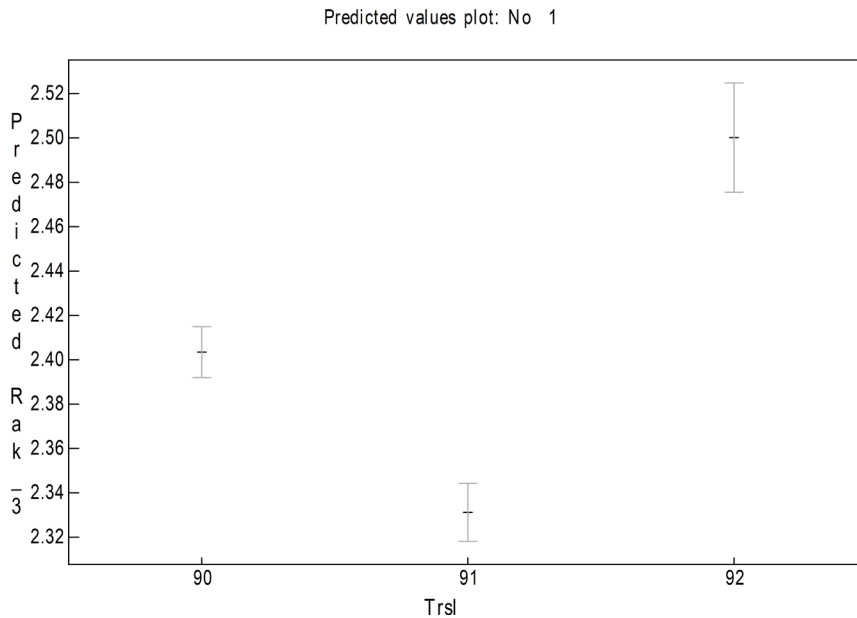
Figur 14a. Vårfenologi 0-6 (=fullt utslagen)



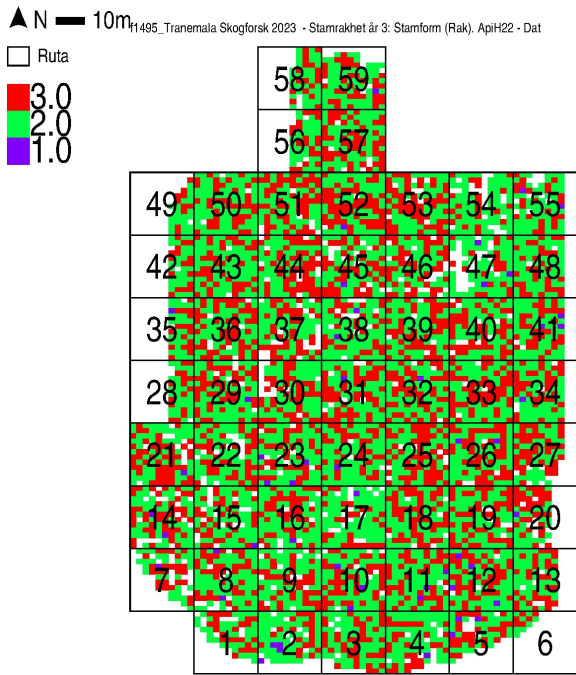
Figur 14b. Spatial analys

Stamform, rakhet år 3

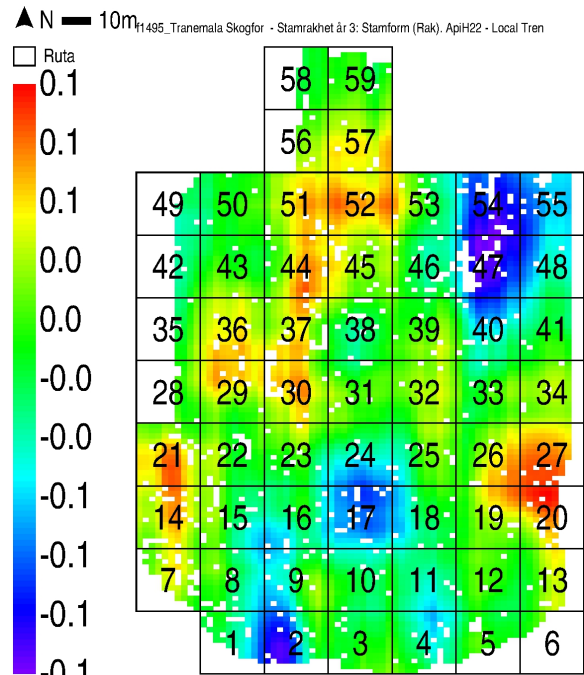
Stamformen för de olika arterna visas i Figur 15. Figur 16a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



Figur 15. Stamform i skala 0-3 (Trsl=92), bergek (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).



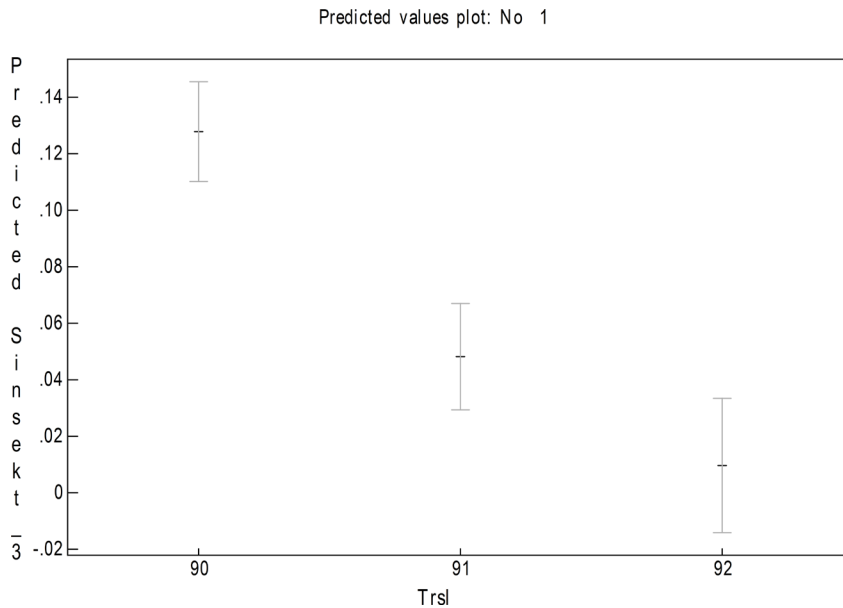
Figur 16a. Stamformen 1-3 (=rak)



Figur 16b. Spatial analys

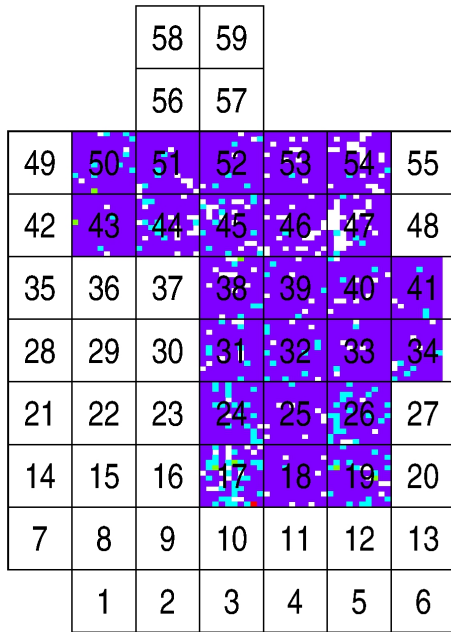
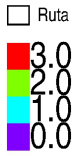
Insektsskada (bladnag) år 3

Ett urval av rutorna valdes för att studera insektsskador, och medel för de olika arterna visas i Figur 17. Figur 18a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



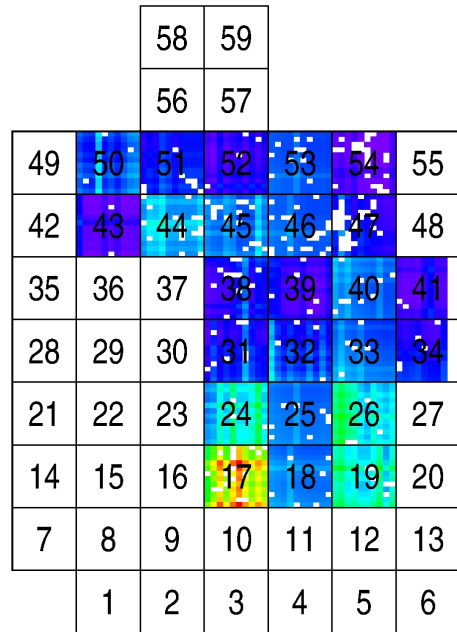
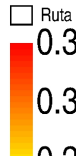
Figur 17. Insektsskada i skala 0-3 (Trsl=92), bergsek (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).

▲ N 10m H495_Tranemala Skogforsk 202 - Skada av insekter år 3: Betesskador på b - Dat



Figur 18a. Inseksskada 0-3 (=död)

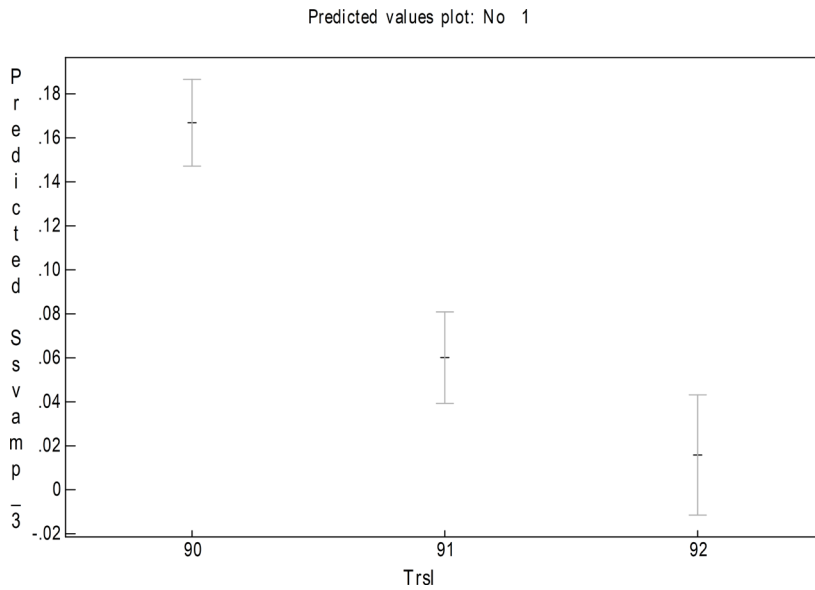
▲ N 10m H495_Tranemala Skogflo - Skada av insekter år 3: Betesskador på b - Surface Su



Figur 18b. Spatial analys

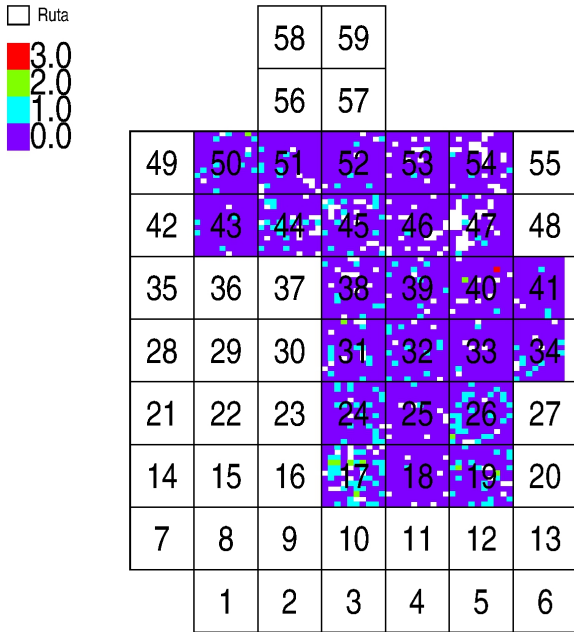
Svampskada (okänd svamp) år 3

Ett urval av rutorna valdes för att studera svampskador, och medel för de olika arterna visas i Figur 19. Figur 20a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



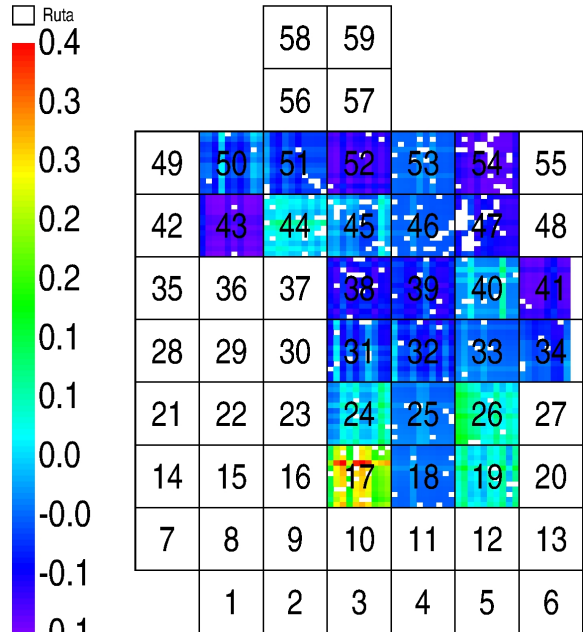
Figur 19. Svampskada i skala 0-3 (Trsl=92), bergesk (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).

▲ N 10m_{F1495}_Tranemala Skogforsk 2023 - Svampskada år 3 (n) - Data



Figur 20a. Svampskada 0-3 (=död, svårt skadad)

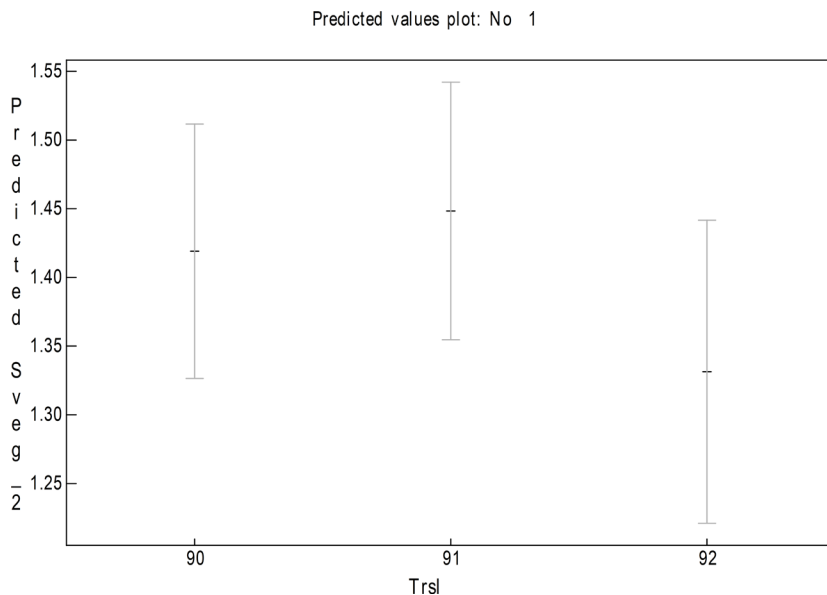
▲ N 10m_{F1495}_Tranemala Skogforsk 2023 - Svampskada år 3 (n) - Surface Sum



Figur 20b. Spatial analys

Skada av vegetation år 2

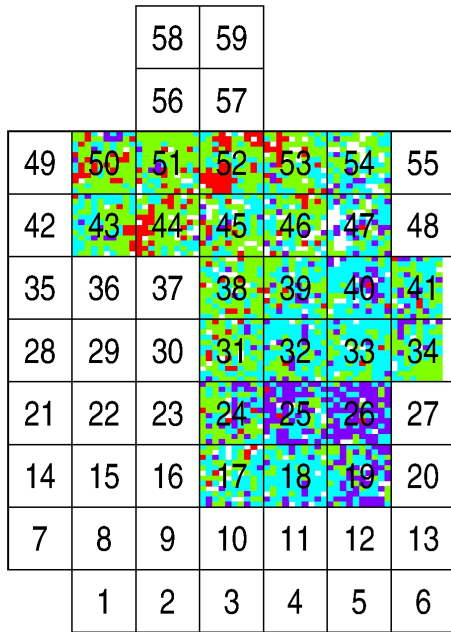
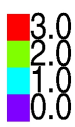
Ett urval av rutorna valdes för att studera skador från konkurrerande vegetation, och medel för de olika arterna visas i Figur 21. Figur 22a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



Figur 21. Vegetationsskada i skala 0-3 (Trsl=92), bergesk (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).

▲ N 10m H495_Tranemala Skogforsk 202 - Vegetation år 2: Veg-abundans. 0: mest ö - Dat

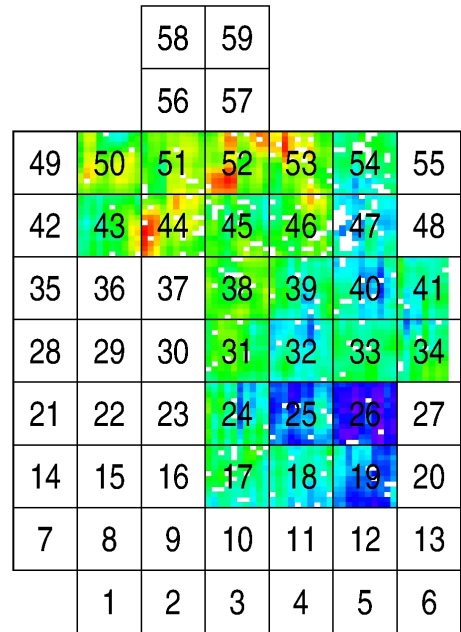
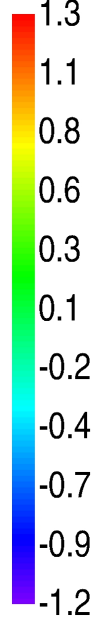
□ Ruta



Figur 22a. Vegetationsskada 0-3 (=död, svårt skadad)

▲ N 10m H495_Tranemala Skogflo - Vegetation år 2: Veg-abundans. 0: mest ö - Surface Su

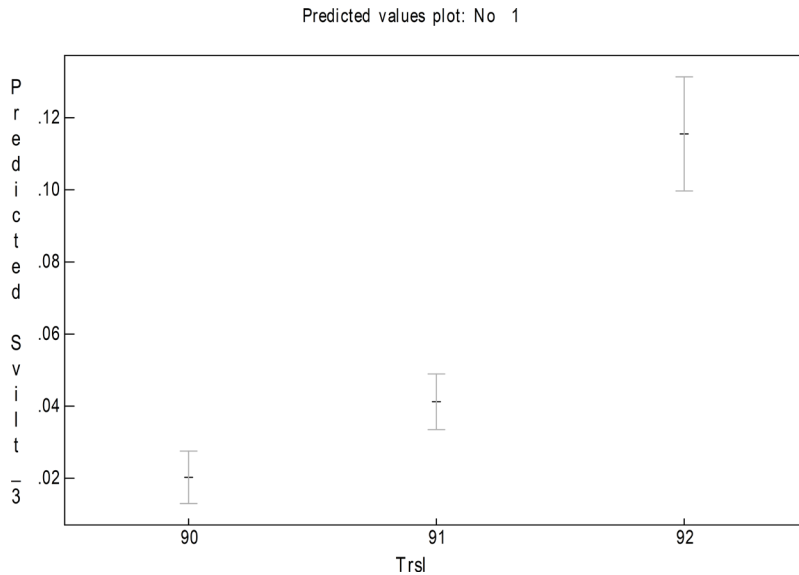
□ Ruta



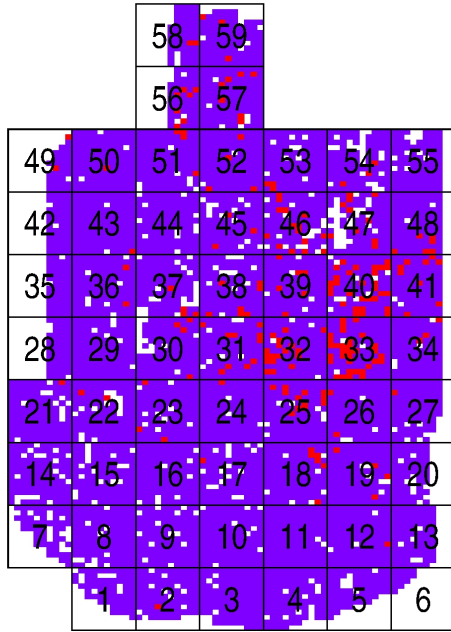
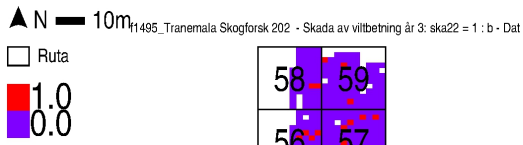
Figur 22b. Spatial analys

Skada av viltbete år 3

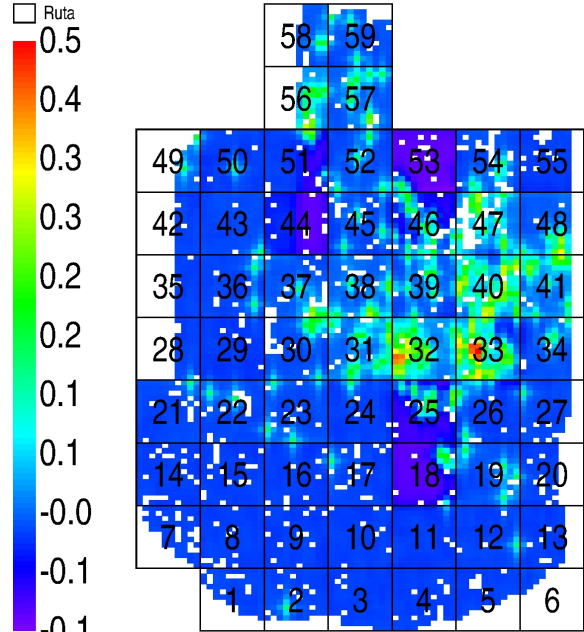
Effekten av betesskador år 3 för de olika arterna visas i Figur 23. Figur 24a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



Figur 23. Betesskada i skala 0-1 (Trsl=92), bergesk (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).



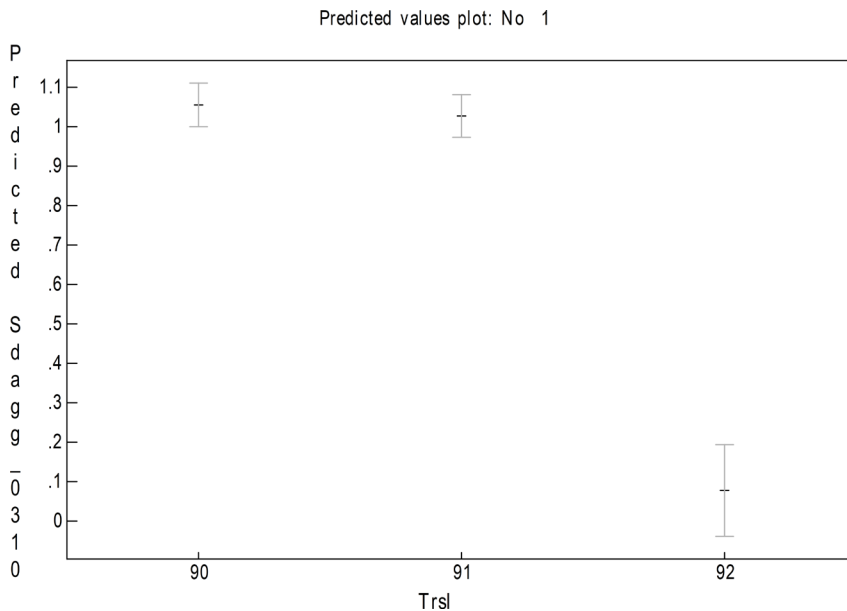
Figur 24a. Betesskada 0-1 (=betad)



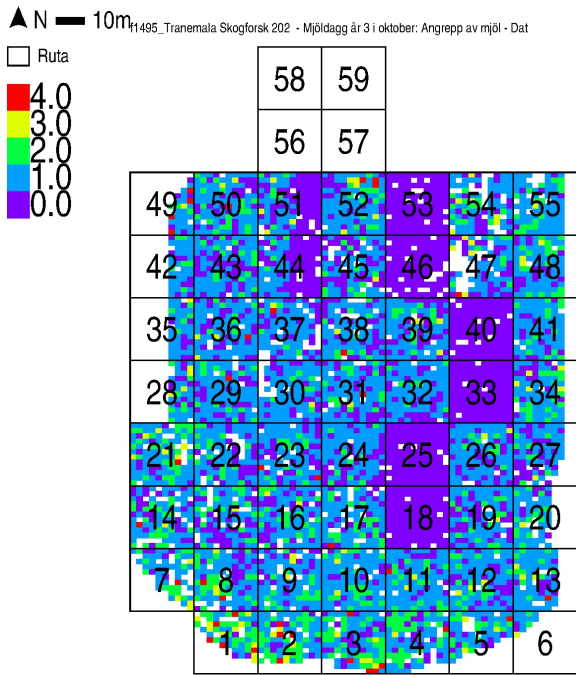
Figur 24b. Spatial analys

Mjöldagg år 0310 (år 3 oktober)

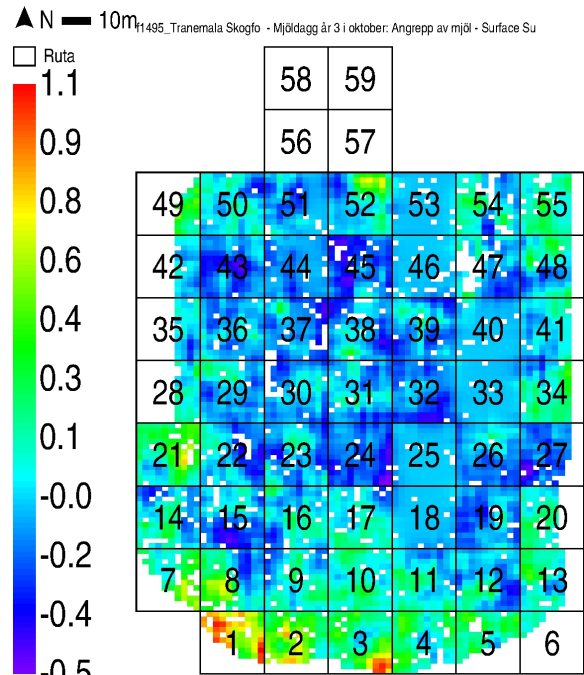
Angrepp av mjöldagg år 3 för de olika arterna visas i Figur 25. Figur 26a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



Figur 25. Mjöldaggsangrepp i skala 0-4 (Trsl=92), berg (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).



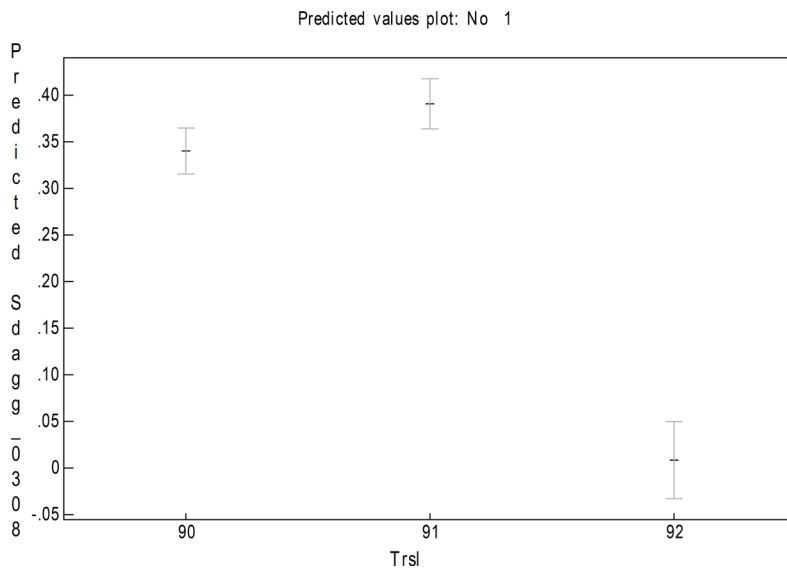
Figur 26a. Mjöldaggsangrepp, skala 0-4



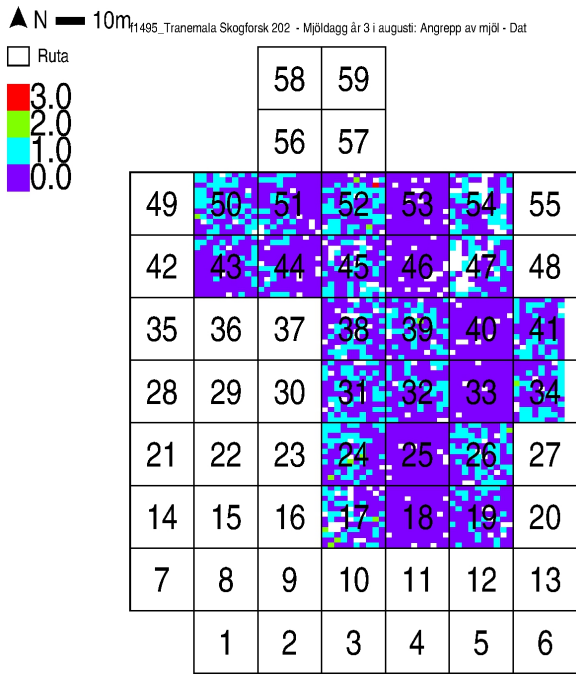
Figur 26b. Spatial analys

Mjöldagg år 0308 (år 3 augusti)

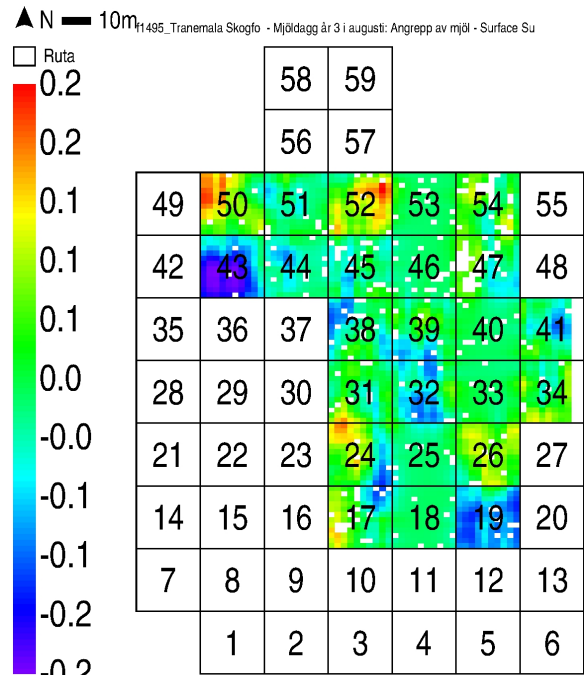
Ett urval av rutorna användes för att inventera angrepp av mjöldagg år 3 i augusti, genomsnittliga angreppet för respektive trädslag visas i Figur 27. Figur 28a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



Figur 27. Mjöldaggsangrepp i skala 0-4 (Trsl=92), bergesk (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).



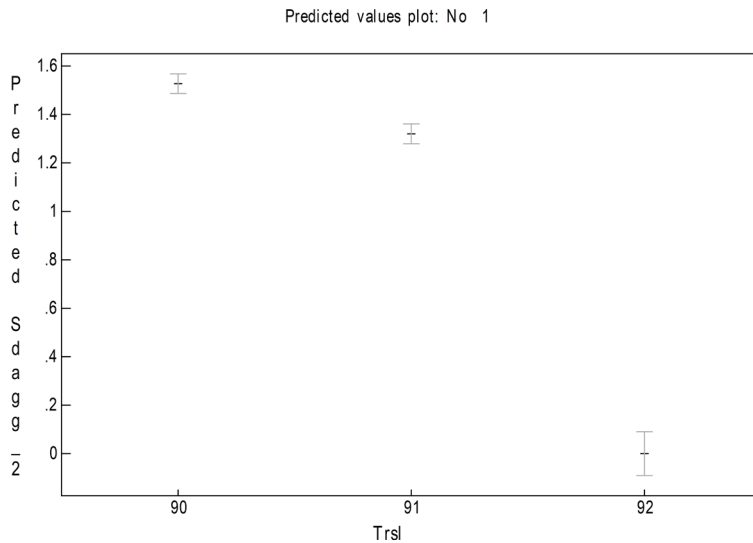
Figur 28a. Mjöldaggsangrepp, skala 0-4



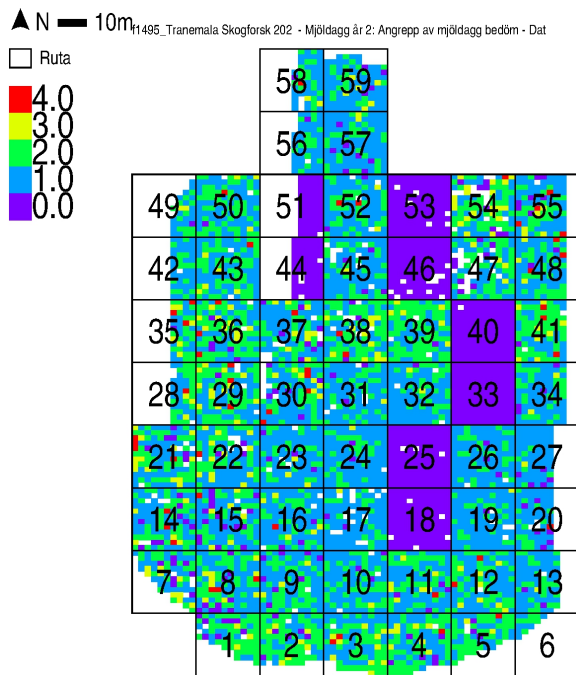
Figur 28b. Spatial analys

Mjöldagg år 2

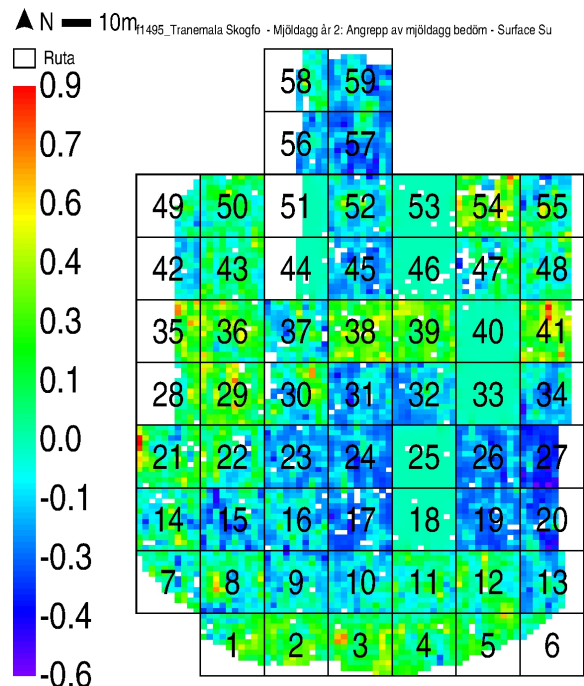
Angrepp av mjöldagg år 3 för de olika arterna visas i Figur 29. Figur 30a och b visar de mätta värdena och den spatiala analysens resultat.



Figur 29. Mjöldaggsangrepp i skala 0-4 (Trsl=92), bergek (Trsl=91) och skogsek (Trsl=90).



Figur 30a. Mjöldaggsangrepp, skala 0-4



Figur 30b. Spatial analys

Ekonomisk redovisning

Kostnaderna i projektet för det enskilda försöket som getts bidrag till från Erik Stenströms stiftelse har bokförts på ett eget projektkonto hos Skogforsk. Ett utdrag av kostnaderna redovisas i tabell 1. Kostnaderna i projektet har varit större än projektfinansiering från stiftelsen (250 00 kr). Den övriga finansieringen till projektet kommer från andra källor.

Tabell 1. Uppdrag: 22683 Ek fenologi (Stenström 2019)

	Resultat	Utfall	Valuta
Månad: * - 202409			
Lönekostnad	194 359		SEK
Utläggskostnad	57 774		SEK
Kostnader,upparbetade	252 133		SEK

Referenser

- Alberto, F., L. Bouffier, J. M. Louvet, J. B. Lamy, S. Delzon, and A. Kremer. 2011. Adaptive responses for seed and leaf phenology in natural populations of sessile oak along an altitudinal gradient. *J Evol Biol* 24(7):1442-1454. doi: 10.1111/j.1420-9101.2011.02277.x
- Eriksson, G. 2015. *Quercus petraea* and *Quercus robur*: recent genetic research.
- Henderson, C. R. 1984. Estimation of Variances and Covariances under Multiple Trait Models. *Journal of Dairy Science* 67(7):1581-1589.
- Leroy, T., Q. Rougemont, J.-L. Dupouey, C. Bodenes, C. Lalanne, C. Belser, K. Labadie, G. Le Provost, J.-M. Aury, A. Kremer, and C. Plomion. 2018. Massive postglacial gene flow between European white oaks uncovered genes underlying species barriers. doi: 10.1101/246637
- Mrode, R. A. 2014. *Linear models for the prediction of animal breeding values*. Cabi.
- Truffaut, L., E. Chancerel, A. Ducousso, J. L. Dupouey, V. Badeau, F. Ehrenmann, and A. Kremer. 2017. Fine-scale species distribution changes in a mixed oak stand over two successive generations. *New Phytologist* 215(1):126-139.

Vitasse, Y., S. Delzon, E. Dufrêne, J.-Y. Pontailier, J.-M. Louvet, A. Kremer, and R. Michalet. 2009. Leaf phenology sensitivity to temperature in European trees: Do within-species populations exhibit similar responses? *Agricultural and Forest Meteorology* 149(5):735-744. doi: 10.1016/j.agrformet.2008.10.019