



Pocket Woods – Adaptiv gestaltning av urbana skogsfragment genom plantering

Pocket Woods – Adaptive design of urban woodlands through planting

Björn Wiström, Linus Enochson

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Rapport 2019:12
ISBN 978-91-576-8971-9
Alnarp 2019



LANDSKAPSARKITEKTUR
TRÄDGÅRD VÄXTPRODUKTIONSVETENSKAP
Rapportserie

Pocket Woods – Adaptiv gestaltning av urbana skogsfragment genom plantering

Pocket Woods – Adaptive design of urban woodlands through planting

Björn Wiström

Institutionen för Landskapsarkitektur, planering och förvaltning, SLU Alnarp.

Linus Enochson

Värnamo kommun, Värnamo.

Denna rapport har framställts med stöd från Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien via anslag från Stiftelsen Carl-Fredrik von Horns fond med projektnummer GFS2016-0104.

Omslagsfoto: Målning av bambukäpp för att möjliggöra en platsspecifik plantering av olika arter i Linnés arboretum, Växjö. Foto av Roland Gustavsson.

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Rapport 2019:12

ISBN 978-91-576-8971-9

Alnarp 2019

Abstract

This report communicates initial results from establishment of the Carl von Linné arboretum, developed within in an existing urban woodland in Växjö, Sweden. The project started shortly after the woodland being severely storm damaged, allowing us to test establishment methods bridging ecological and aesthetic considerations. A high number of different microhabitats created by remnants of existing vegetation, differences in soil conditions and other factors such as how people moved in the area, demanded for and inspired an adaptive and place-based design approach. Instead of a conventional planting plan created indoors, the design was developed in field step-by-step. Many hundreds of coloured bamboo sticks were used to enable a hands-on design for over 5000 plants, all of them afterwards mapped and inventoried. The inventory data concerning plant vitality was analysed using mixed ordinal logistic regressions in relation to vegetation structure, soil moisture and microenvironments. Further, the relation between global stress values of shade, drought and waterlogging and hardiness classification, was explored for practical guidance of matching species to the different establishment situations. The analysis showed that both vegetation structure and soil moisture and to some extent microenvironments influenced the vitality of planted species. The bamboo stick method is therefore considered suitable for this kind of adaptive design of urban woodlands since it allows designers and managers to adjust on site to all these factors affecting the establishment. In lack of more detailed species information, horticultural hardiness zones and global stress values can give some directions of species site requirements. In relation to this, we conclude that the need for integrating design, monitoring and management continually over time is central for successful adaptive design of urban woodlands.

Innehållsförteckning

Introduktion.....	2
Övergripande frågeställning.....	3
Case-området i relation till den övergripande frågeställningen.....	3
Invasivitet.....	3
Metod och material.....	4
Linnés Arboretum i Växjö.....	4
Etableringsmetodik.....	4
Inventeringsmetodik.....	7
Inventering efter en växtsäsong.....	7
Inventering efter tre växtsäsonger.....	8
Inventering 2016.....	9
Beskrivande bakgrundsdata till de olika arterna.....	9
Statistiska analyser.....	12
Resultat.....	13
Vitalitet efter en växtsäsong.....	13
Vitalitet efter tre växtsäsonger.....	15
Vitalitet efter sju/åtta växtsäsonger.....	17
Förändring i vitalitet från 2011/12 till 2016.....	19
Relationer mellan stressvärden, struktur och markfukt.....	21
Diskussion.....	22
Taxonomiska osäkerheter och övervägande.....	22
Praktiska erfarenheter i relation till design, etablering och uppföljning.....	23
Slutsatser.....	24
Tack till.....	25
Tack till de som gjort den här rapporten möjlig.....	25
Tack till alla de som gjort Linnés Arboretum möjligt.....	25
Referenser.....	26
Appendix.....	29

Introduktion

Idag utgör upptill hälften av våra städers areal av skog (Nielsen et al 2017). Merparten av dessa skogsmiljöer utgörs dock av mindre skogsfragment som understiger 2 ha i storlek (Nielsen et al 2012; 2014; 2017). Med en fortsatt urbanisering kommer mängden små fragmenterade skogar med stor sannolikhet att öka kraftigt. På samma sätt som pocket parks har blivit ett fundamentalt stadsbyggnadselement borde även skogsfragment kunna omvandlas till attraktiva pocket woods (Sjöman et al 2015; Nielsen et al 2017). Att komplettera existerande skogsstrukturer med nya arter framhålls bland annat av Larsen (2005) som en viktig del i att öka skogens resiliens. O'Hara (2016) påpekar att i tider av stor osäkerhet och stora förändringar så är det alltmer viktigt att skogsskötsel genom platspecifika interventioner som plantering av nya arter kan tillskapa artsammansättningar som är anpassade till framtidens utmaningar och behov. För att kunna integrera mindre skogsfragment som viktiga gröna byggstenar i stadsbyggandet behöver därför förvaltare och designers kunskap och redskap för att kunna styra skogen genom aktiv plantering av ”nya” arter som är anpassade till framtida klimat och stadens mer extrema växtförhållanden (Sjöman et al 2015; 2016). Dock saknas det i dagens läge kunskap om hur sådana typer av planteringar kan genomföras med mer okonventionella arter än de idag mest vanligt förekommande inom skogsbruket (Stanturf et al 2018).

Skogsfragment och i synnerhet urbana skogar präglas ofta av heterogena strukturer med en högre andel kantzoner och öppna ytor (Hamberg et al 2009; Vallet et al 2010; Lehvävirta et al 2014; Wiström 2015). Denna heterogenitet kan också lätt förstärkas av förändrade klimatförhållanden med ökad mängd vindfällen (Malcolm et al 2001; Mason 2002; Larsen 2005). Dessa faktorer kombinerat med att kommande klimatförändringar kommer leda till mer extrema vattenförhållanden med både torrare och blötare perioder gör att det finns ett behov av att undersöka olika typsituationer för etablering gällande både skogsstrukturer och vattentillgång/markfukt (Malcolm 2001; Larsen 2005; Allen et al 2010). Gällande etableringen av nya arter har även vikten av mikromiljöer såsom små höjder, svackor eller skydd av t.ex. fallna träd framförts som viktiga av ett flertal författare (Gray & Spies 1997; Narukawa & Yamamoto 2003; Ilsson et al 2007; Pröll et al 2015). En annan viktig aspekt gällande etablering av nya arter i relation till klimatförändringar är också huruvida det är möjligt att introducera arter som hårdighetsmässigt idag är på gränsen till sin utbredning i befintliga skogar så att de ”redan är på plats” i relation till det kommande klimatet. I relation till detta är det intressant att undersöka om det är möjligt att använda praktisk hortikulturell information i form av de svensk hårdighetszonerna som ett redskap för att bättre kunna välja rätt art för den specifika skogsmiljön.

Niinemets och Valladares (2006) har i sin artikel “Tolerance to shade, drought, and waterlogging of temperate northern hemisphere trees and shrubs” sammanställt Ellenberg-liknande värden för över 800 buskar och träd angående deras skuggtolerans, torktolerans samt

tolerans mot stående vatten. Värdena för dessa stressfaktorer bygger på en skala från 0 till 5, där 5 är den högsta möjliga toleransen mot den specifika stressfaktorn. För att skalorna ska komma till nytta för praktiker bör de kunna användas för att lätt matcha rätt art till rätt etableringssituation. Ett sådant test har dock inte till författarnas kännedom utförts i någon större skala utan värden har endast prövats på en mer teoretisk nivå (Niinemets & Valladares 2006). Dessutom saknas en direkt översättning av värdena till en praktisk situation, dvs kan värdena för tex torkstress översättas till klasserna för markfukt som används i traditionell bonitering (Hägglund & Lundmark 2007). Men i brist på andra mer kvantifierbara mått så kan en grov skala vara bättre än den ganska ofta spretiga information som finns tillgänglig för mer oprövade arter (Sjöman & Nielsen 2010).

Övergripande frågeställning

Vilka aspekter av skogsstruktur, markfukt, och mikroplacering är avgörande för etablering av nya arter inom urbana skogsfragment och kan i relation till detta Niinemets & Valladares (2006) värden för stresstolerans samt hortikulturella hårdighets zoner användas för att bättre matcha val av nya arter till en specifik urban skogsmiljö?

Case-området i relation till den övergripande frågeställningen

Linnes arboretum i Teleborgsskogen i Växjö utgör en av få platser i Sverige som möjliggör en studie av flertal taxa samtidigt i relation till de ovan givna frågeställningen. I den svårt stormdrabbade stadsskogen har en stor mängd mer eller mindre ovanliga arter, i en rad olika etableringssituationer, planterats under de senaste åren. Mångfalden av arter, antal planterade individer och de olika etableringssituationer gör att arboretumet trots att det inte som sådant är ett regelrätt fältförsök ändå är ett mycket relevant fall att undersöka i relation till projekts övergripande frågeställning.

Invasivitet

Innan all typ av plantering bör en bedömning alltid göras om växtmaterialets eventuella invasivitet i relation till den specifika platsen och dess omgivningar (Sjöman et al 2015). Det är inte denna rapport's syfte att utvärdera eller diskutera detta. I fallet med de arter som planterats i Teleborgsskogen så har de utifrån Tyler et al (2015) och uppdaterad information om introduktionsår från (Andréasson & Wedelsbäck Bladh 2011) bedömts som att ingen av arterna i denna specifika kontext bör utgöra ett problem. Hade Teleborgsskogen legat på ett annat ställe så hade bedömningen kunnat vara annorlunda och kan också bli annorlunda i framtiden med ytterligare art- och klimatkunskap.

Metod och material

Linnés Arboretum i Växjö

Projektet Linnés arboretum är ett grönt utvecklingsprojekt i samarbete mellan Växjö kommun och forskare vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Alnarp. Teleborgsskogen drabbades hårt av stormarna Gudrun och Per, och behovet att göra något för att ersätta all de värden som gått förlorade var stort. I samband med Linnéjubiléet kläcktes via Maria E. Johansson (2007) examensarbete, idén om att skapa ett skogsarboretum som skulle ge ett spännande skogsområde utöver det vanliga. Kommunen och forskare vid SLU Alnarp ingick ett partnerskapsprojekt för att förverkliga idén. I bästa Linnéanda var målet att inhemska och exotiska trädslag tillsammans skulle prövas i en spännande gestaltning. Arboretumet och Teleborgsskogen ligger i den södra delen av Växjö och är helt omgärdade av bebyggelse. Teleborgsskogen omfattar ca 40 ha och präglas av en medelgod bonitet på sandig moig morän motsvarande G29 till G30 (Johansson 2007). Härdighetszonen anses vara zon 3 och medelårsnederbörden omkring 650 mm per år. Många viktiga frågeställningar och exempel har förverkligats och fortsätter att prövas i och med att det arboretet fortsätter att växa och utvecklas. Det är inte vår ambition att beröra alla dessa aspekter i denna rapport och vi hoppas att vidare publikationer kommer att kunna belysa det som inte får plats inom ramen för detta arbete.

Etableringsmetodik

Under våren och hösten 2009 samt våren 2010 planterades tusentals träd och buskar i Teleborgsskogen i Växjö för att på så sätt tillskapa Linnés arboretum. Det är detta material som är utgångspunkten för denna undersökning, även om det skett kompletterande planteringar före och efter dessa planteringstillfällena. Planteringen skedde främst med mindre plantkvalitéer i storleksordningen 15 cm till 150 cm men merparten av materialet låg i storleksordningen 30 cm till 80 cm i höjd. Enstaka större individer sattes också men dessa har ej analyserats pga av sin fåtalighet. Både barrotat och krukodlat material planterades beroende på tillgänglighet i handeln. Införskaffning av materialet utfördes av dendrologen Kenneth Lorentzon. Exakt specifikation av provenienser var tyvärr ej möjligt för växtmaterials ursprung utan det rör sig genomgående om det plantskolesortiment som finns i Holland, England och Sverige. Således är materialets härkomst i stora drag överensstämmande med det material som idag finns i handel och det som nuvarande härdighetsbedömningar utgår ifrån. Med det sagt bör det finnas ytterligare möjlighet att öka odlingsbarheten utifrån härdighet hos flertalet av arterna som planterats i arboretet genom specifika insamlingar fokuserade på för Sverige lämpliga provenienser och ekotyper.

Den genomgående designen för arboretet bygger på en Europeisk del, en Asiatisk del, en Nordamerikas del samt en Holarktisk del där arter från alla nämnda världsdelar förekommer tillsammans. Inom varje världsdel finns det en gradient i öst-västlig riktning av olika mängd markfukt, från relativt torrt till blött (se figur 1). Genomgående består också området av en mosaik av olika skogsmiljöer som uppkommit efter de kraftiga stormarna Gudrun och Per.

Miljöerna sträcker sig från kalhygge, via lågbestånd till en rad olika typer av skärmställningar och kantzoner i en tämligen fragmenterad skog. Denna uppsjö av etableringssituationer förstärks dessutom av stubbar, stenar, försänkningar och andra mikromiljöer, vilket gav behov av en platsspecifik planteringsmetodik. Utifrån en grov skiss över områdets sammansättning med olika delområden (se figur 1) framarbetad av Magnus Svensson märktes de olika arternas placering ut i terrängen av spraymålade bambukäppar där varje färgkod för det specifika delområdet motsvarade en given art (Se figur 2 och 3). På så sätt kunde en platsbaserad gestaltning i större skala möjliggöras där plantornas placering märktes ut och markytan frästes med ett markberedningshuvud monterat på röjsåg och de specifika arterna planterades därefter utifrån färgkoden av Växjö kommuns skogslag (se figur 4). För att minimera ogräskonkurrensen under den första växstsäsongen täcktes efter planteringen den markberedda ytan med en utvikt papperstidning som det lades ett täckande träflislager på. En positiv bieffekt av detta var att det var lättare att hitta plantorna igen vid den första inventeringen tack vare att träflisen syntes på marken.



Figur 2: Målning av bambukäppar. Varje färg eller kombination av färg utgjorde en specifik art för det givna området. På detta sätt kunde en platsspecifik placering ske för varje individ. Foto: Roland Gustavsson



Kärnområde för arbetet med en ansamling av exotiska träd och buskar. Visar enbart huvuddelen av levande plantor så att det rumsliga mönstret framgår.



Figur 1: Översikt av Linnés arboretum. Ljusgröna områden visar på områden med mogen skog som klarade stormarna medan de vita områden visar på öppna stormskadade områden. De olika delområden där exotiska träd och buskar har planterats är markerade med svarta cirklar och nummer. För detaljerade områdeskartor se Appendix. Karta av Roland Gustavsson med bakgrund från Fastighetskarta © Lantmäteriet och Växjö kommun.



Figur 3. Utplacering av bambukäppar för att markera var de olika arterna skulle planteras. Notera den stora skillnaden i olika etableringssituationerna inom en mycket liten yta. Foto: Roland Gustavsson



Figur 4. Vid varje bambukäpp frästes marken upp med hjälp av ett markberedningshuvud monterat på en röjsåg, varefter plantering skedde utifrån färgkoden på bambukäppen. Foto: Roland Gustavsson

Inventeringsmetodik

Inventering efter en växtsäsong

Under hösten 2009 och 2010 skedde en första inventering där alla plantors placering märktes ut på högupplösta kartor (se Appendix). Hösten 2009 inventerades det som planterats på våren 2009 och hösten 2010 det material som planterats höst 2009 och vår 2010. Således visar denna inventering på utgångsläget efter en växtsäsong. För varje planta noterades dess vitalitet på en fyrgradig ordinal skala där 3 innebar god vitalitet utan anmärkning, 2 okej vitalitet dock med viss anmärkning, 1 dålig vitalitet och 0 att plantan var död eller nästintill död. För varje planta noterades också i vilken av fyra olika klasser som den stod i; Öppet läge, Bryn, Lågskärm eller Högskärm. Vidare uppskattades markfukt för den givna plantan på en modifierade sju gradig ordinal skala av Ellenberg typ: 1-Torrt, 2-Torrt till Friskt, 3-Friskt, 4-Friskt till Fuktigt, 5-Fuktigt, 6-Fuktigt till Blöt 7-Blöt. Slutligen noterades också ifall plantan

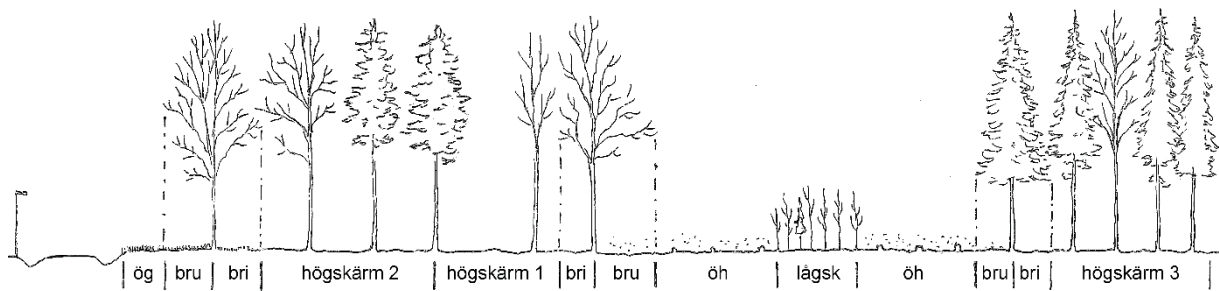
var placerad som någon av följande kategorier: Normal, Vid sten, vid rot/stubbe, på mindre höjd eller i en mindre svacka. På grund av tidsbrist gavs dock inga specifika ID nummer till de olika plantorna vilket gör att det inte är möjligt att på individnivå följa utvecklingen från den inventeringen till nästa. Inventeringen skedde alltid parvis där varje klass och skala bedömdes individuellt och sedan stämdes av mot den andra inventeringsparten.



Figur 5: Bilder från inventeringen efter en respektive tre växtsäsonger inom samma område.

Inventering efter tre växtsäsonger

Under hösten 2011 och 2012 skedde ytterligare en inventering där växtmaterial som stått tre växtsäsonger inventerades. Det som inventerats 2009 inventerades igen 2011 och det som inventerats 2010 inventerades igen 2012. Utifrån de kartor som ritats vid den tidigare inventeringen inventerades allt material igen och gavs denna gång även ett individuellt ID nummer. Samma variabler användes vid andra inventeringen, en fyrgradig vitalitetsskala, fuktighetsklassificering och notering om mikroplacering. Utifrån preliminära analyser och erfarenheterna från den första inventeringsomgången utvidgades klasser av vegetationsstrukturer (se figur 6) för öppet till öppet gräs (ög) samt öppet hygge (öh). För brynen till bryn utanför (bru) d.v.s. utanför yttre brynträdets stam men inför dess krona och bryn innanför (bri) där istället plantan var satt innanför stammen på det yttersta kanträdet. Vidare användes tre typer av högskärms klasser, gles (h1), medel (h2) och tät (h3) motsvarande 1%-33%, 34%-66% och 67%-100% krontäckning i skärmen. Lågbestånd kvarstod som tidigare utan vidare underklasser. Vidare mättes höjden på plantan samt årets skotttillväxt. Brytskador och betskador samt andra anomalier noterades. Inventeringen utfördes alltid av två personer där varje klass och skala bedömdes individuellt och sedan stämdes av mot den andra parten.



Figur 6: Schematisk figur över de olika strukturerna som plantorna kategoriserats in i, ög – öppet gräs, öh – öppet hygge, bru – bryn utanför, bri – bryn innanför, lågsk – lågskärm, högskärm 1 – gles högskärm, högskärm 2 – medeltätt högskärm, högskärm 3 – tät högskärm.

Inventering 2016

Hösten 2016 inventerades allt planterat material utifrån sina specifika ID nr för att kunna jämföra den enskilda plantornas utveckling mellan inventeringarna. För varje individ mättes topphöjd och en vitalitetsbedömning gjordes utifrån den tidigare använda vitalitetsskalan. Dessutom noterades för varje individ om den drabbats av betskador inklusive fejning eller brytskador. Andra anomalier som svampangrepp noterades också. Inventeringen utfördes återigen av två personer där varje klass och skala bedömdes individuellt och sedan stämades av mot den andra parten. Vid denna inventering lades dessutom alla plantor in i Växjö kommuns GIS-databas.

Beskrivande bakgrundsdata till de olika arterna

Alla tillgängliga värden från Niinements och Valladres (2006) gällande skuggtolerans, torktolerans samt tolerans mot stående vatten adderades till inventeringsdatan. Värdena för dessa stressfaktorer är i en skala från 1 till 5, där 5 är den högsta möjliga toleransen mot den specifika stressfaktorn. Även om skalan inte tillfullo är en intervallskala så brukar den statistiskt behandlas som en sådan vilket den även har gjorts i denna rapport. Några av arterna som planterats i Teleborgsskogen finns inte med i Niinements och Valladres (2006). För dessa arter gjordes två oberoende expertbedömningar av två ledande dendrologer och medelvärdet för dessa användes som komplement. För att även möjliggöra ett test av effekten av den svenska hårdighetsskalan beräknades medelzonen för de olika planterade arterna utifrån Sjöman och Slagstedts (2015) "Stadsträdslexikon" samt Lorentzons (1996) "Våra trädgårdsväxter", tillsammans med uppgifter från olika arboretum motsvarande för zon 1: Alnarpsparken, zon 2: Göteborgs botaniska trädgård, zon 3: Uppsala Botaniska trädgård, zon 4: Mustila arboretum i Finland och för zon 5: Arboretum Norr i Umeå. Alla medelvärden för hårdighetszonerna avrundades till närmaste halvtal. Sammanfattning av de olika stressvärden och hårdighetszoner finns i tabell 1 tillsammans med fullständiga namn.

Tabell 1: De arter som inventerats och analyserats i detta projekt. Zon anger medelvärden för hårdighetszonen och Skugga, Torka, Vatten de olika stresstoleransvärdena från Niinemets och Valladres (2006), dessa värden är noterade med Ref, värden framtagna via expertbedömningar är noterade med Exp.

Art med aktör	Zon	Skugga	Torka	Vatten	Ref
<i>Abies concolor</i> (Gordon) Lindl. ex Hildebr.	5	4.33	1.91	1.02	Ref
<i>Abies fraseri</i> (Pursh) Poir.	4	5	2	2	Ref
<i>Abies holophylla</i> Maxim.	4	4.5	2	2	Exp
<i>Abies nordmanniana</i> (Steven) Spach	5	4.5	1	1.5	Ref
<i>Abies procera</i> Rehder	3	2.45	2.5	1	Ref
<i>Acer circinatum</i> Pursh	3	4.75	2	1	Ref
<i>Acer japonicum</i> Thunb.	3	3.5	2	1.5	Exp
<i>Acer micranthum</i> Siebold & Zucc.	3	3.5	2	1.5	Exp
<i>Acer mono</i> Maxim	3	4.25	2.67	1.5	Ref
<i>Acer pensylvanicum</i> L.	4	3.56	2	1	Ref
<i>Acer rufinerve</i> Siebold & Zucc.	3	4.25	1.5	1.5	Exp
<i>Acer</i> 'Silver Vein` *`	4	3.56	2	1	Exp
<i>Acer tegmentosum</i> Maxim.	5	4.25	1.5	1.5	Exp
<i>Alnus rubra</i> Bong.	3	1.83	2.5	2.56	Ref
<i>Amelanchier canadensis</i> (L.) Medik.	5	2.86	2.52	1.39	Ref
<i>Betula albosinensis</i> Burkill	3	2	2	2.5	Exp
<i>Betula ermanii</i> Cham.	6.5	1.25	2	1.75	Ref
<i>Betula lenta</i> L.	4	2.58	3	1	Ref
<i>Betula lutea</i> F.Michx.	5	3.17	3	2	Ref
<i>Betula papyrifera</i> Marshall	5.5	1.54	2.02	1.25	Ref
<i>Betula utilis</i> var. <i>jacquemontii</i> (Spach) H.J.P.Winkl.	2	1.5	2	2.5	Exp
<i>Buxus sempervirens</i> L.	3	4.05	3.88	1.04	Ref
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A.Murray bis) Parl.	2.5	3.67	2.06	1.02	Ref
<i>Cornus mas</i> L.	4	2.68	3.17	1.77	Ref
<i>Corylus colurna</i> L.	4	1.35	3.13	1.53	Ref
<i>Crataegus prunifolia</i> (Poir.) Pers.	3.5	3	4	1.5	Exp
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	4	1.35	4.47	1.52	Ref
<i>Elaeagnus multiflora</i> Thunb.	4	2	4.5	3	Exp
<i>Euonymus planipes</i> Koehne	1	4.11	3.04	1.77	Ref
<i>Fagus sylvatica</i> L.	4	4.56	2.4	1.02	Ref
<i>Fargesia murielae</i> (Gamble) T.P.Yi	3	4	2.5	2	Exp
<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	2.5	1.61	4.98	2.69	Ref
<i>Halesia carolina</i> L.	3	3.11	2	3	Ref
<i>Hamamelis mollis</i> Oliv. ex F.B.Forbes & Hemsl.	2	3.5	2	1.5	Exp
<i>Ilex verticillata</i> (L.) A. Gray	3	3	2	3.6	Ref
<i>Juglans cinerea</i> L.	4	1.88	2.38	1.27	Ref
<i>Juglans nigra</i> L.	3	1.93	2.38	1.83	Ref
<i>Larix decidua</i> Mill.	6	1.46	2.31	1.1	Ref
<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carrière	5	1.38	3	1.58	Ref
<i>Larix laricina</i> (Du Roi) K.Koch	5.5	0.98	2	3	Ref
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	7	1.35	1.63	1.92	Ref
<i>Larix x eurolepis</i> A.Henry	4.5	1.5	2.5	1	Ref

<i>Lonicera caerulea</i> L. (var. <i>kamtschatica</i>)	8	3.38	1.37	3.19	Ref
<i>Magnolia kobus</i> DC.	3	3	2.88	2.5	Ref
<i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu & W.C.Cheng	2.5	3	2.38	1.52	Ref
<i>Morus alba</i> L.	3	1.35	2.88	1.27	Ref
<i>Myrica pensylvanica</i> Mirb.	4	1.5	4.5	2.5	Exp
<i>Phellodendron amurense</i> Rupr.	4	1.67	4.1	2.27	Ref
<i>Picea omorika</i> (Pancic) Purk.	5	4.65	2.75	1.03	Ref
<i>Picea sitchensis</i> (Bong.) Carrière	4.5	3.85	1.52	1.99	Ref
<i>Pinus cembra</i> L.	5.5	2.87	3.01	1.04	Ref
<i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold	4	2.1	4.38	1.39	Ref
<i>Pinus peuce</i> Griseb.	5	2.5	2.5	2	Exp
<i>Pinus strobus</i> L.	4	3.21	2.29	1.03	Ref
<i>Pinus x schwerinii</i> Schwer.	3	2.28	2.52	1.03	Exp
<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.	3	2.45	2.9	1.77	Ref
<i>Prunus mandshurica</i> (Maxim.) Koehne	4	1.5	3.75	2	Exp
<i>Prunus sargentii</i> Rehder	5	2.13	2.88	1.62	Ref
<i>Prunus tomentosa</i> Thunb.	4	1.5	3	1	Ref
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	5	2.78	2.62	1.79	Ref
<i>Pterocarya fraxinifolia</i> (Poir.) Spach	4	3	2.5	3.5	Exp
<i>Quercus cerris</i> L.	2.5	2.55	4.29	1.29	Ref
<i>Quercus coccinea</i> Münchh.	3	2.07	4	1	Ref
<i>Quercus macranthera</i> Fisch. & C.A.Mey. ex Hohen.	4	2	4	2	Exp
<i>Quercus macrocarpa</i> Michx.	3	2.71	3.85	1.82	Ref
<i>Quercus palustris</i> Münchh.	3	2.49	2.38	3.49	Ref
<i>Quercus rubra</i> L.	5.5	2.75	2.88	1.12	Ref
<i>Quercus velutina</i> Lam.	2	2.72	3	1.07	Ref
<i>Rhododendron concinnum</i> Hemsl.	2	2	2	2	Exp
<i>Rhododendron</i> 'Cunningham's White'	4	3.38	3.04	2	Exp
<i>Rhododendron luteum</i> Sweet	4	2	2.5	2	Exp
<i>Rhododendron vaseyi</i> A. Gray	3	2	2	3	Exp
<i>Sorbaria arborea</i> C.K.Schneid.	2	2.5	3	3	Exp
<i>Sorbus commixta</i> Hedl.	4	2.5	2	1.5	Ref
<i>Sorbus forrestii</i> McAll. & Gillham	2	2	2	1.5	Exp
<i>Sorbus prattii</i> Koehne	3	2	2	1	Exp
<i>Staphylea colchica</i> Steven	3	3.25	2.5	2	Exp
<i>Syringa reticulata</i> (Blume) H.Hara	5	1.35	2.38	2.27	Ref
<i>Taxus baccata</i> L.	3.5	4.43	3.01	1.32	Ref
<i>Thuja plicata</i> Donn ex D.Don	3.5	4.73	2.23	1.01	Ref
<i>Tilia americana</i> L.	4.5	3.98	2.88	1.26	Ref
<i>Tsuga heterophylla</i> (Raf.) Sarg.	3.5	4.96	1.17	0.95	Ref

*anges ibland som *Acer x conspicuum* van Gelderen & Oterdoom

Statistiska analyser

Alla statistiska analyser utfördes i programmet R med en signifikansnivå på 0.05.

Genomgående har analyserna av det planterade materialet utgått från vitalitetsbedömningarna som är gjorda på en ordinal skala. Valet gjordes att modellera arterna som en slumpmässig variabel då det finns en stor variation mellan de olika arterna både gällande respons, planteringskvalité och inom det ståndortsspektrum de har planterats. Detta kan också vara lämpligt för att rangordna en specifik aspekt om den har väldigt många nivåer, t.ex. i större sortförsök (Smith et al 2001) istället för göra parvisa jämförelser mellan alla olika arter som hade varit utgångspunkten ifall art hade behandlats som en fixed variabel. Utifrån denna utgångspunkt byggdes ett flertal generalized mixed models med en cumulative link function samt art som slumpmässig variabel med hjälp av R paketet Ordinal (Christensen 2018) och funktionen clmm. Responsvariabel för modellerna var de ordinala vitalitetsklasserna för de olika inventeringstillfällena. Det innebär att en separat modell byggdes för situationen a) efter en växtsäsong, b) tre växtsäsonger, c) 2016 samt d) förändringen från 2011/2012 till 2016. Idealt hade man kunnat bygga en time-series modell för datan men fåtalet tidpunkter och bristen på individ ID vid den första inventeringen gör att detta inte är möjligt. Istället modularades förändringen från 2011/2012 till 2016 genom att vitalitetsnivåerna från 2011/2012 inkluderas i denna modell som en covariat (se t.ex. Olsson 2011). För de olika modellerna testades beståndsstruktur (klass variabel), mikroplacering (klass variabel), markfukt (klass variabel) och hårdighetszon (kontinuerlig variabel) som förklarande variabler. Konkurrerande modeller jämfördes med informationskriteriet AIC samt loglikelihood test. För varje slutgiltig modell estimerades arternas slumpmässiga effekt och parvisa test utfördes via Lsmmeans paketet (Lenth 2016) för att undersöka skillnaden på nivåerna inom de olika variablerna som ingick i den slutgiltiga modellen. För att illustrera det sistnämnda beräknades även histogram med hjälp av R paketet lattice (Sarkar 2008). Baserat på de slutgiltiga modellerna prövades att ersätta variablerna Beståndsstruktur med värdena för Skuggtolerans och för Markfukt med variablerna Torktolerans och Tolerans mot stående vatten för att se om dessa värden från Niinemets och Valladres (2006) kunde fungera som substitut för Beståndsstruktur och Markfukt. För att ge fingervisning om vad de olika värdena från Niinemets och Valladres (2006) motsvarar för dessa variabler beräknades medelvärden och 95% konfidens intervall för alla nivåer av Beståndsstruktur och Markfukt baserat på alla de arter som hade den högsta vitalitetsklassen dvs 3.

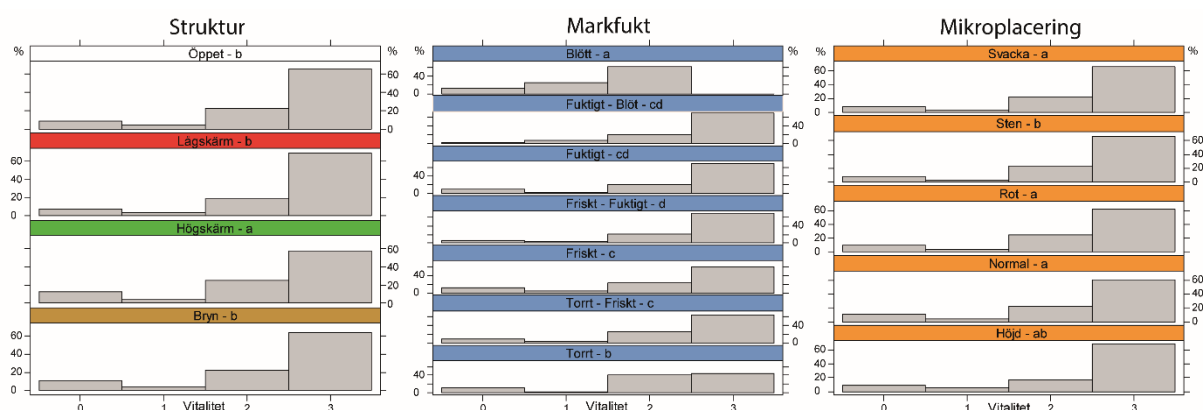
Resultat

Vitalitet efter en växtsäsong

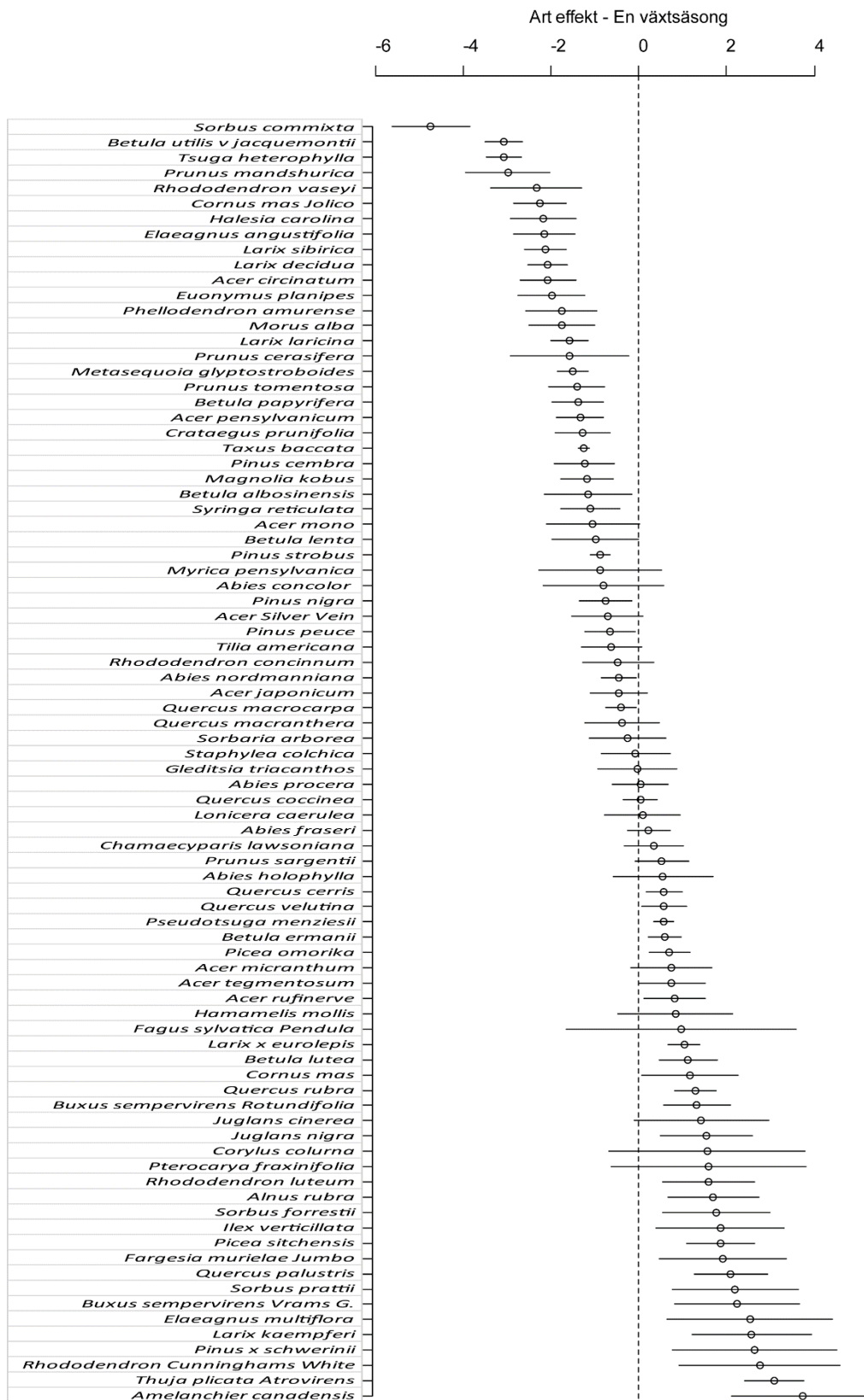
Både vegetationsstruktur, markfukt och till viss del mikroplacering hade en signifikant effekt på vitaliteten efter en växtsäsong (se tabell 2). Placering i högskärm ökade sannolikheten för en sämre vitalitet medan det fanns en trend att mikroplacering vid sten och höjd ökade vitaliteten (figur 7). För markfukt var vitalitet högre för de intermediära fuktklasserna medan torrt och blöt hade den lägsta vitaliteten. Arternas påverkan på vitalitetsmodellen syns i figur 8.

Tabell 2: Sammanfattning av den slutgiltiga modellen för plantornas vitalitet en växtsäsong efter etablering.

Random effects:		Variance	Std.Dev.			
Art	(Intercept)	3.205	1.79			
Fixed effects						
Coefficients:		Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	Sig.Level
Struktur	Högskärm	-0.3728	0.0864	-4.32	<0.0001	***
Struktur	Lågskärm	0.0855	0.1369	0.63	0.53208	
Struktur	Öppet	0.1369	0.1002	1.37	0.17209	
Mikroplacering	Normal	-0.0156	0.1726	-0.09	0.92794	
Mikroplacering	Rot	-0.0308	0.1945	-0.16	0.87405	
Mikroplacering	Sten	0.4839	0.2178	2.22	0.02633	*
Mikroplacering	Svacka	-0.0966	0.2110	-0.46	0.64715	
Markfukt	2	1.0793	0.2699	3.99	<0.0001	***
Markfukt	3	1.0561	0.2608	4.05	<0.0001	***
Markfukt	4	1.5288	0.2812	5.44	<0.0001	***
Markfukt	5	1.1848	0.3083	3.84	0.00012	***
Markfukt	6	0.9614	0.4216	2.28	0.02258	*
Markfukt	7	-2.6121	0.8154	-3.20	0.00136	**



Figur 7: Histogram för vitaliteten efter en växtsäsong i relation till struktur, markfukt och mikroplacering. Små bokstäver i slutet av texten visar på skillnaden mellan de olika nivåerna på varje variabel där a motsvarar den lägsta vitaliteten. Nivåer som inte delar på samma bokstav är signifikant åtskilda från varandra.



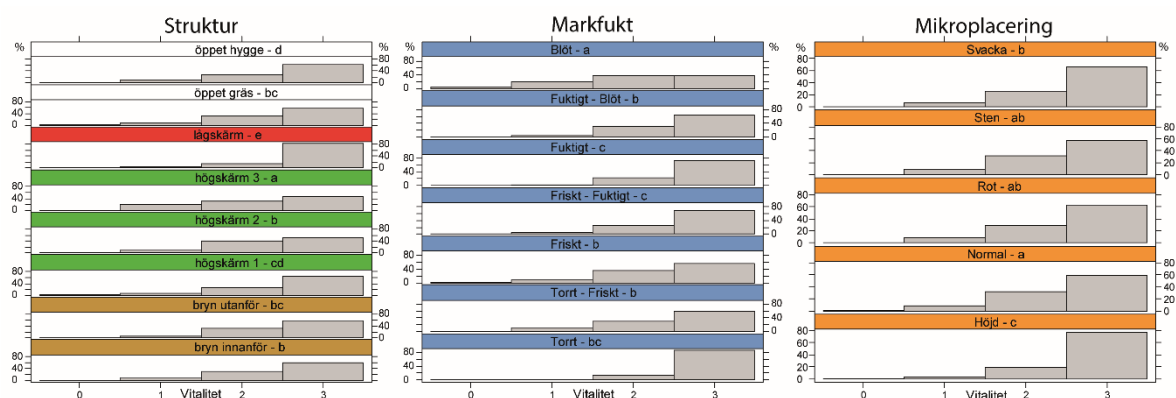
Figur 8: Arternas effekt såsom slumpmässiga variabler vid modellering av vitalitet efter en växtsäsong. Arterna är ordnade i fallande skala där de översta är de med sämst utveckling och de längst ner är de som generellt bidrar med en god vitalitet i modellen.

Vitalitet efter tre växtsäsonger

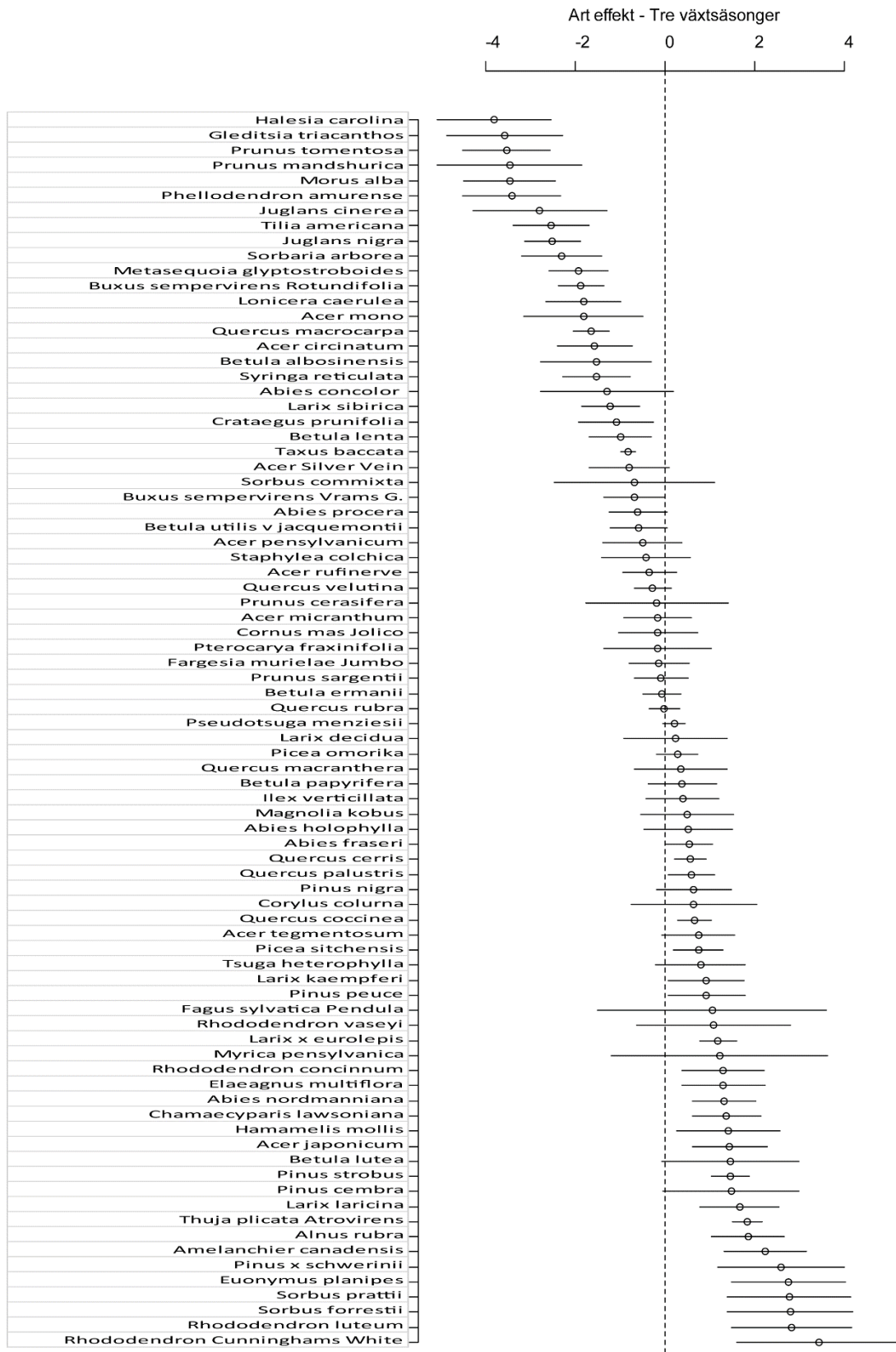
Vitaliteten efter tre växtsäsonger påverkades både av strukturen, mikroplaceringen, markfukten och till viss del härdigheten på växtmaterialet (Tabell 3). Förhållandet till markfukt var liknande som efter en växtsäsong om dock mindre extremt i relation till torrt och blöt (Figur 9). Mikroplacering på höjd eller i svacka hade en positiv effekt på vitaliteten. Uppdelningen av strukturen i fler klasser visade på skillnader inom högskärmstyperna men även de öppna typerna. Lågskärm tillsammans med öppet hygge hade störst positiv effekt på vitaliteten (Fig 9). Arternas inverkan syns i figur 10.

Tabell 3: Sammanfattning av den slutgiltiga modellen för plantornas vitalitet tre växtsäsonger efter etablering.

Random effects:		Variance	Std.Dev.		
Art	(Intercept)	3.199	1.788		
Fixed effects:					
Coefficients	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	Sig.Level
Struktur bryn utanför	0.0923	0.1431	0.645	0.51920	
Struktur högskärm 1	0.3750	0.1524	2.461	0.01386	*
Struktur högskärm 2	-0.0007	0.1473	-0.005	0.99612	
Struktur högskärm 3	-0.7641	0.2013	-3.796	0.00015	***
Struktur lågskärm	1.1049	0.1954	5.654	<0.0001	***
Struktur öppet gräs	0.1228	0.1816	0.676	0.49883	
Struktur öppet hygge	0.6585	0.1676	3.929	<0.0001	***
Mikroplacering Normal	-0.9081	0.1534	-5.919	<0.0001	***
Mikroplacering Rot	-0.8576	0.1861	-4.608	<0.0001	***
Mikroplacering Sten	-0.7982	0.1986	-4.019	<0.0001	***
Mikroplacering Svacka	-0.5183	0.1911	-2.711	0.00670	**
Markfukt 2	-0.5786	1.2587	-0.460	0.64576	
Markfukt 3	-0.5134	1.2655	-0.406	0.68496	
Markfukt 4	0.0013	1.2672	0.001	0.99918	
Markfukt 5	-0.1630	1.2708	-0.128	0.89794	
Markfukt 6	-0.9143	1.2879	-0.710	0.47774	
Markfukt 7	-3.2412	1.3326	-2.432	0.01501	*
Härdighets Zon	0.4051	0.1715	2.362	0.01819	*



Figur 9: Histogram för vitaliteten efter tre växtsäsonger i relation till struktur, markfukt och mikroplacering. Små bokstäver i slutet av texten visar på skillnaden mellan de olika nivåerna på varje variabel där a motsvarar den lägsta vitaliteten. Nivåer som inte delar på samma bokstav är signifikant åtskilda från varandra.



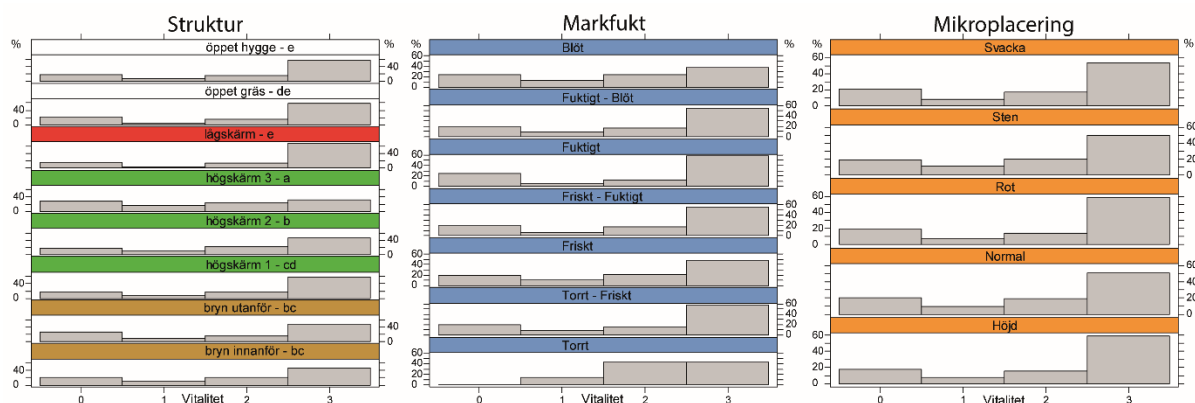
Figur 10: Arternas effekt såsom slumpmässiga variabler vid modellering av vitalitet efter tre växtsäsonger. Arterna är ordnade i fallande skala där de översta är de med sämst utveckling och de längst ner är de som generellt bidrar med en god vitalitet i modellen.

Vitalitet efter sju/åtta växtsäsonger

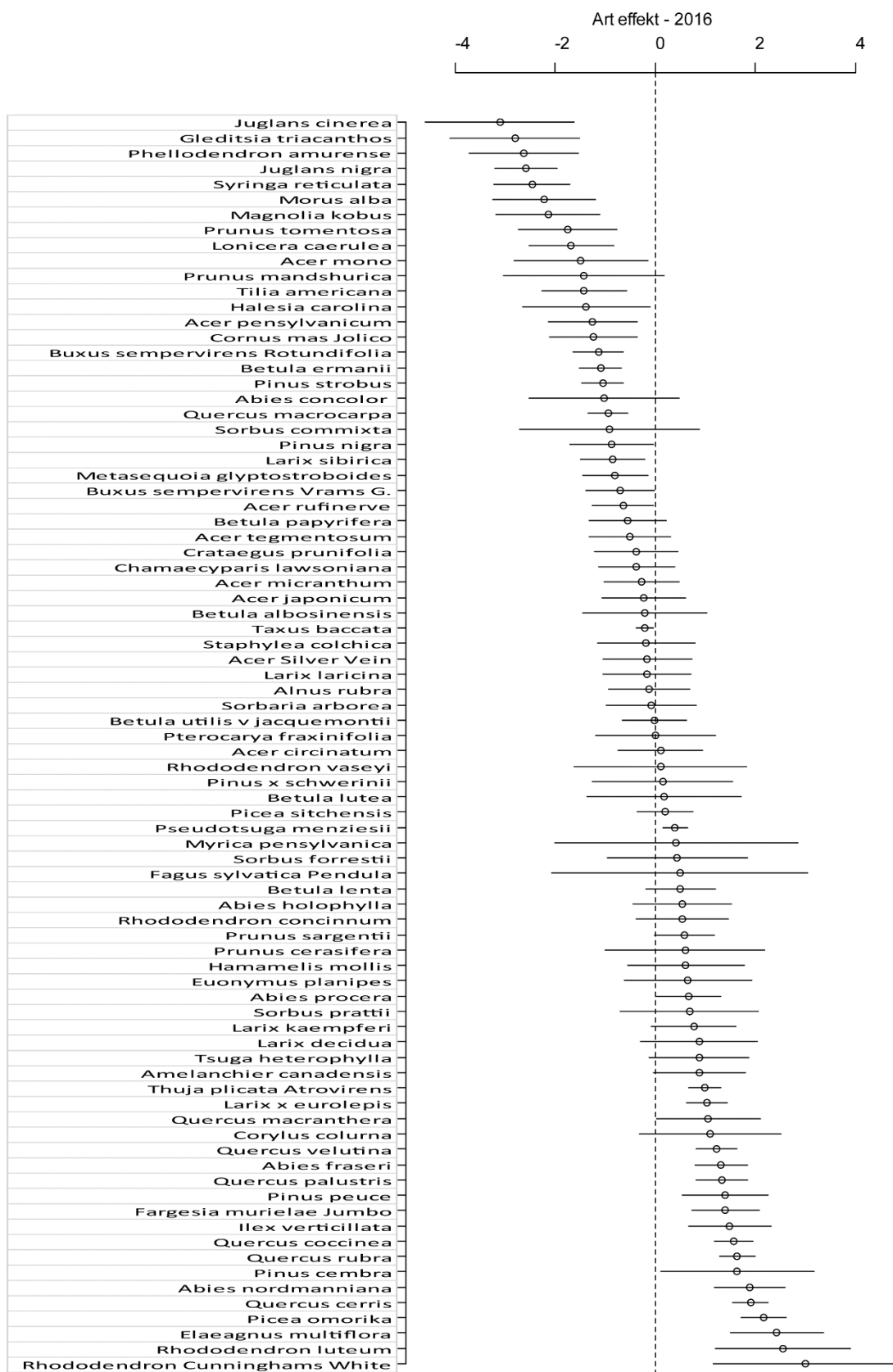
Vitaliteten efter sju till åtta växtsäsonger vid inventeringen 2016 förklarades bäst av struktur och hårdighet (Tabell 4). De mest slutna typerna d.v.s. högskärm 2 och högskärm 3 minskade sannolikheten för högre vitalitet medan de mer öppna strukturerna högskärm 1 och bryntyperna var intermediära däremellan mot de öppna typerna och lågskärm som ökade sannolikheten mest för en hög vitalitet (Figur 11). Arternas påverkan på vitalitetsmodellen syns i figur 12.

Tabell 4: Sammanfattning av den modellen för plantornas vitalitet sju/åtta växtsäsonger efter etablering.

Random effects:		Variance	Std.Dev.		
Art	(Intercept)	2.0	1.41		
Fixed effects:					
Coefficients	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	Sig.Level
Struktur bryn utanför	-0.1012	0.1247	-0.81	0.41699	
Struktur högskärm 1	0.0742	0.1329	0.56	0.57685	
Struktur högskärm 2	-0.2383	0.1286	-1.85	0.06377	.
Struktur högskärm 3	-0.8720	0.1729	-5.04	<0.0001	***
Struktur lågskärm	0.4042	0.1618	2.50	0.01248	*
Struktur öppet gräs	0.4011	0.1642	2.44	0.01458	*
Struktur öppet hygge	0.5384	0.1452	3.71	0.00021	***
Hårdighets Zon	0.3336	0.1356	2.46	0.01386	*



Figur 11: Histogram för vitaliteten efter sju/åtta växtsäsonger i relation till struktur, markfukt och mikroplacering. Små bokstäver i slutet av texten visar på skillnaden mellan de olika nivåerna på varje variabel där a motsvarar den lägsta vitaliteten. Nivåer som inte delar på samma bokstav är signifikant åtskilda från varandra.



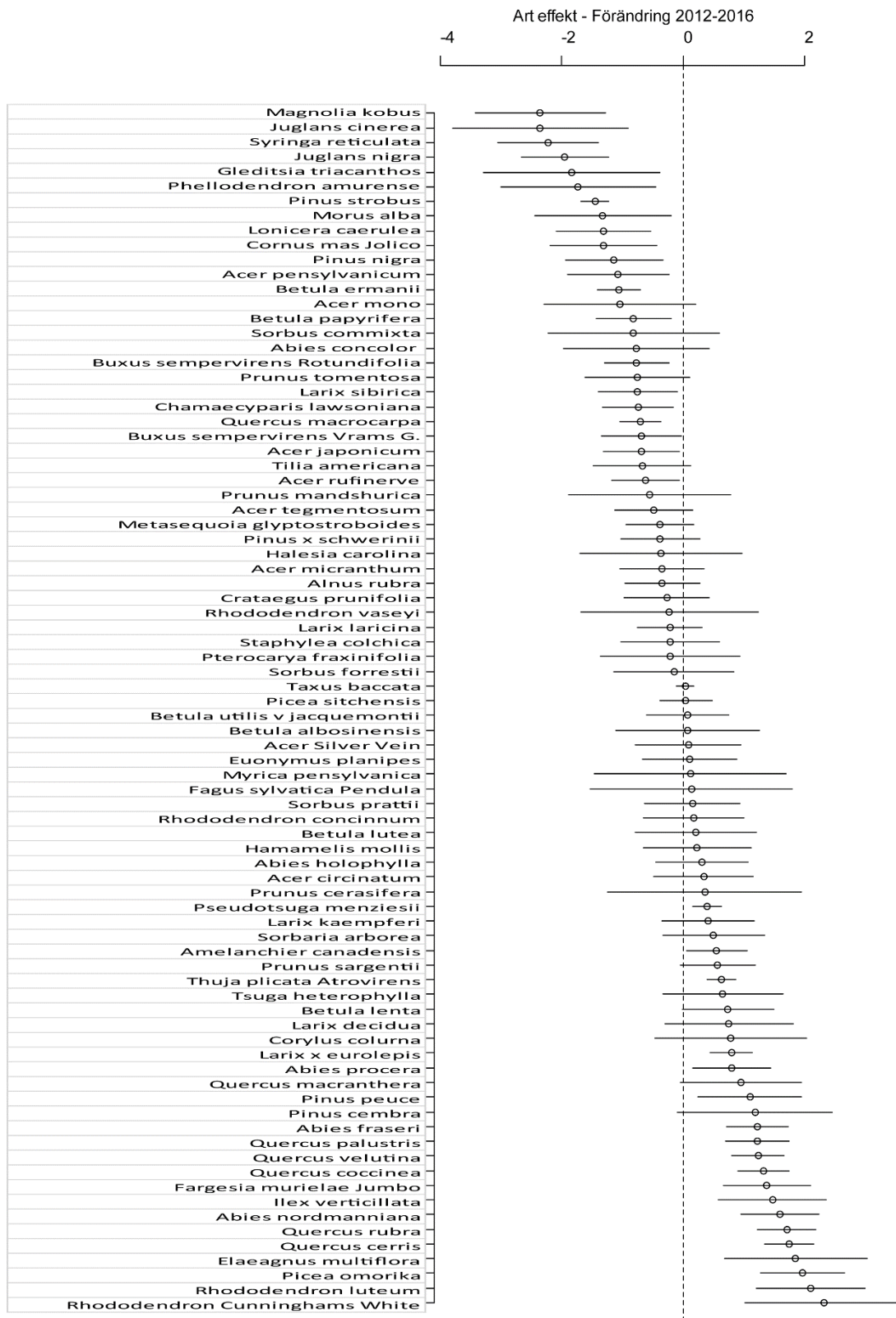
Figur 12: Arternas effekt såsom slumpmässiga variabler vid modellering av vitalitet 2016. Arterna är ordnade i fallande skala där de översta är de med sämst utveckling och de längst ner är de som generellt bidrar med en god vitalitet i modellen.

Förändring i vitalitet från 2011/12 till 2016

Förändringen i vitalitet från 2011/12 till 2016 påverkades av strukturen samt möjligen till viss del av hårdigheten (Tabell 5). Markfukten var inte signifikant men stabiliserade modellen och inkluderades därför. Mönstret för strukturens påverkan överensstämmer i stort med resultaten från 2016 dock med en något högre positiv inverkan av de öppna ytorna gentemot de som stod i lågskärm. Tydligt är också i figur 13 att många av ek-arterna (*Quercus*) är de som haft en positiv vitalitetsförändring.

Tabell 5: Sammanfattning av den slutgiltiga modellen för plantornas förändring i vitalitet från 2011/12 till 2016.

Random effects:		Variance	Std.Dev.			
Art	(Intercept)	1.37	1.17			
Fixed effects:						
Coefficients:		Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
Struktur bryn utanför		-0.1037	0.1265	-0.82	0.41208	
Struktur högskärm 1		0.0645	0.1353	0.48	0.63351	
Struktur högskärm 2		-0.1995	0.1302	-1.53	0.12527	
Struktur högskärm 3		-0.6278	0.1777	-3.53	0.00041	***
Struktur lågskärm		0.2492	0.1659	1.50	0.13299	
Struktur öppet gräs		0.4643	0.1671	2.78	0.00546	**
Struktur öppet hygge		0.4404	0.1485	2.97	0.00302	**
Markfukt 2		0.2908	0.7912	0.37	0.71319	
Markfukt 3		0.0074	0.7995	0.01	0.99266	
Markfukt 4		0.0844	0.8007	0.11	0.91601	
Markfukt 5		-0.2505	0.8042	-0.31	0.75548	
Markfukt 6		0.0188	0.8236	0.02	0.98180	
Markfukt 7		0.0217	0.8867	0.02	0.98049	
Hårdighets Zon		0.2182	0.1156	1.89	0.05895	.
Vitalitet2011_2 Linjär		2.5454	0.3852	6.61	<0.0001	***



Figur 13: Arternas effekt såsom slumpmässiga variabler vid modellering av förändringen av vitalitet. Arterna är ordnade i fallande skala där de översta är de med sämst utveckling och de längst ner är de som generellt bidrar med en god vitalitet i modellen.

Relationer mellan stressvärden, struktur och markfukt

Att ersätta struktur med värden för skuggtolerans och för markfukt med torktolerans samt tolerans mot stående vatten gav ingen signifikant effekt för den första växtsäsongen men gav signifikanta resultat för modellen efter tre växtsäsonger. För 2016 fanns det en trend som ej var signifikant för skuggtoleransvärdena. Baserat på fördelningen av medelvärdena för de olika toleransvärdena så kan det urskiljas att värdena överlag följer den teoretiska rangordning de borde ha, dock med en viss diskrepans för struktur och skuggtolerans (Tabell 6).

Tabell 6. Estimerade medelvärden med 95 % konfidensintervall för Niinemets och Valladares (2006) stressvärden i relation till de olika nivåerna på markfukt och struktur sorterade från lägst till högst i fallande ordning. Markfukt har komprimerats till fyra kategorier pga. för få värden för extremnivåerna som också är de med minst individer med vitalitetsklassen 3.

Tolerans mot stående vatten			
Markfukt	lsmean	lower.CL	upper.CL
Torrt	1.446	1.390	1.501
Friskt	1.500	1.467	1.532
Fuktigt	1.777	1.717	1.837
Blöt	2.401	2.048	2.754

Torktolerans			
Markfukt	lsmean	lower.CL	upper.CL
Blöt	2.051	1.662	2.440
Friskt	2.472	2.440	2.505
Fuktigt	2.368	2.309	2.427
Torrt	2.889	2.829	2.948

Skuggtolerans			
Struktur	lsmean	lower.CL	upper.CL
Öppet gräs	2.473	2.312	2.635
högskärm 1	2.780	2.680	2.881
öppet hygge	2.868	2.764	2.973
bryn utanför	2.880	2.777	2.983
lågskärm	3.046	2.924	3.169
bryn innanför	3.437	3.303	3.571
högskärm 2	3.500	3.384	3.616
högskärm 3	3.980	3.743	4.217

Diskussion

Utifrån analys av inventeringsdatan framgår det tydligt att både struktur, markfukt, mikroplacering och hårdighet kan ha en inverkan på vitaliteten hos det planterade materialet. Att hårdighetsaspekten inte spelade någon roll den första säsongen kan troligen härledas till att detta är en alldeles för kort period för att ge någon effekt, det krävs fler växtsäsonger och vintrar vilket de senare analyserna visar. En viktig notering är att också att vissa arter kan växa ur en dålig vitalitet vilket t.ex. många av ek-arterna ger en indikation på i enlighet med Sjöman och Slagstedts (2015) resonemang. Det skifte som sker av att markfukt tappar i betydelse kan troligen härledas till att denna faktor eliminerar en del av plantorna under de första åren och sedan stabiliseras effekten över tid. För att säkerställa detta skulle det behövas ytterligare analyser som dock försvåras av det inte går att följa den enskilda plantan från den första till tredje växtsäsongen. Att mikroplaceringar som höjder och försänkningar kan påverka etableringen är väl etablerad kunskap inom skogsbruket i samband med markberedning (t.ex. Sutton 1993) men i detta fall har inte någon höjd tillskapats av markberedningen utan det är främst mikrotopografin som varit avgörande. Dock verkar effekten av placering gentemot vegetationsstruktur ha en större effekt än mikroplaceringen. Viktigt att notera är dock att strukturen förändras över tid. Detta framgår bland annat av förändringsanalyserna, där de mer öppna ytorna närmar sig den goda effekten av lågskärm genom att de öppna ytorna via succession med tiden övergår mot mer lågskärmsliknande situationer. På samma sätt är det viktigt att vid behov hjälpa det planterade materialet i lågskärmarna med brunnsröjningar, eftersom den facilliterande process som verkar finnas från vegetationen i lågskärmen snabbt kan förändras till en konkurrenssituation (Jensen & Löf 2017). Niinemets och Valladares (2006) värden för stresstolerans verkar baserat på att de har korrekt rangordning i relation till markfukt och delvis struktur, ha en vis potential som vägvisare ifall annan information om stresstolerans saknas. En tidigare studie av Wiström & Nielsen (2016) baserat på naturlig förekomst i skogsbryn har också kunnat visa på en någorlunda överensstämmelse mellan markfukt och stressvärdena relaterade till den totala artsammansättningen.

Taxonomiska osäkerheter och övervägande

Ansvarig för kontroll av växtmaterialets riktighet i relation till arter och sorter har varit dendrolog Kenneth Lorentzon. Dock ska nämnas att säker bestämning för en del av växtmaterialet inte kan göras vid leverans och plantering utan kräver ytterligare kontroller när växtmaterialet hunnit tillväxa under flera år. Det har således inte varit denna inventerings mål att säkerställa artepiteten på det planterade materialet. Viss osäkerhet har speciellt funnits kring identifiering av ekarna i område 20 och 21 vid den första inventeringen där de vid så ung ålder är svårt att åtskilja ekarterna *Quercus coccinea*, *Quercus palustris*, *Quercus rubra* och *Quercus velutina* som planterats tätt tillsammans. En gruppering av dessa till separata ytor hade underlättat inventeringen mycket. En art som redan vid plantering ansetts osäker är *Sorbaria arborea* C.K.Schneid. dock har den dåliga utvecklingen för dessa plantor gjort det svårt att kunna säkerställa med säkerhet vilken *Sorbaria* som det är som planterats. Det som i inventeringarna angivits som *Betula lutea* ska utifrån dagens kunskapsläge anges som *Betula*

alleghaniensis Britton. Det som angivits som *Crataegus prunifolia* (Poir.) Pers bör troligen ses som en synonym för *Crataegus persimilis* Sarg. Gällande kultivaren *Acer* 'Silver Vein' råder det delade meningar om dess arttillhörighet, men ibland anges den som *Acer x conspicuum* van Gelderen & Oterdoom. På samma sätt bör följande möjliga synonymer tas i beaktning, *Acer mono* Maxim syn. *Acer pictum* Thunb., *Euonymus planipes* Koehne syn *Euonymus sachalinensis* (F.Schmidt) Maxim. samt *Larix x eurolepis* A.Henry syn. *Larix x marschlinsii* Coaz. För den sistnämnda hybridlärken råder det delade meningar om vad som är korrekt men utgångspunkten i denna rapport är det är hybrididen mellan *Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière och *Larix decidua* Mill. som har planterats och analyserats.

Praktiska erfarenheter i relation till design, etablering och uppföljning

Redan Frank Lloyd Wright beskrivs ha stakat ut positionen för olika växter med bambukäpp i sina trädgårdar, kanske inspirerad av sitt samarbete med landskapsarkitekten Jens Jensen (Fell 2009). Metodiken att använda målade bambukäppar fungerade överlag väl i Teleborgsskogen, även om det visade sig nödvändigt att spraymåla marken kring bambukäppen då de ibland fick fötter av sig själva. I detta fall har också det nära samarbetet med skogslaget varit en nyckel för att lyckas med planteringen. Fördelen med bambukäppsmetodiken är att den gör det möjligt att utföra en väldigt platspecifik gestaltning utan att designer/förvaltaren behöver vara på plats under hela planteringsprocessen, men också att man indirekt kan känna av marken med själva käppen är en viktig fördel. Att kunna se själva planteringsmönstret växa fram steg för steg för att sedan kunna justera det efterhand är ytterligare en viktig fördel. En viktig aspekt som dock måste tas i beaktande är dock att alla plantor inte kommer överleva vilket resultaten från inventeringarna tydligt visar. Därför bör utsättningen av plantorna reflektera detta och också inse att mycket av uttrycken och karaktärerna till stor del uppnås genom den kommande skötseln. Detta gör att fokus primärt bör ligga på att skapa en stomme att utveckla istället för en slutprodukt vid valet av placeringen av plantorna.

Den vilja som funnits att plantera växtmaterialet nära de gångstråk där merparten rör sig är ur många perspektiv förståeligt dock har det inneburit en del problem. Det har i ett par fall uppstått konflikter med belysning längs gångstråk och inte minst önskan om rationell skötsel av dikeskanter längs gång- och cykelvägar. Planteringsmönstren har därför också blivit betydligt tätare i vissa kantzoner vilket gjort att det i andra fall blivit en aning skralt med plantor i de olika områdenas inre delar. Det är speciellt tydligt i några fall där man inte gallrat eller underröjt innan planteringen. Ifall dessa åtgärder gjorts innan planteringen hade det varit lättare att hitta fler planeringsmöjligheter för några av arterna. Gallring och röjning innan planteringen minskar också problemen med att det planterade materialet skadas vilket är lätt hänt om dessa åtgärder görs i efterhand. Gallring och röjning ger också mer växtplats åt det planterade materialet vilket understöds av resultaten från de olika högskärmstyperna, förutsatt att skogsklimatet inte förändras alltför mycket, dock måste kraftigt slyuppslag tas i beaktning vid sådana åtgärder. Som effekten av lågbestånd visar behöver ett slyuppslag inte alltid ses som något negativt dock ökar det behovet av att markera och hålla koll på plantorna.

En enkel markering med märkband har visat sig vara en god försäkring för att kunna återfinna mycket av det planterade växtmaterialet. Denna uppmärkning har genomförts både av skötselpersonal vid olika skötselinsatser såväl som vid inventeringen av växtmaterialet. Det kan inte med nog emfas understrykas att det inte räcker med att plantera, utan en fortsatt skötsel och inte minst någon form av inventering är ett måste för ett lyckat resultat. För att underlätta ett sådant arbete är det viktigt att jobba med klara gränser mellan olika bestånd och skötselenheter. Även om det kan vara lockande att någon art får agera som länk mellan två olika bestånd så bör det övervägas om det är värt den extra mödan det ger i kommande inventeringar och uppföljningar. Att konsekvent låta arter hoppa över i nästkommande bestånd som har skett på vissa ställen kan ha en intressant sammanlänkande effekt men kan också göra att tydligheten mellan olika beståndskaraktärer går förlorad. Den sammanlänkade effekten som den existerande vegetationen ger ska inte heller underskattas. Författarnas uppfattning baserat på otal timmars inventerade är att den existerande vegetationen har en så pass tydlig initial effekt på upplevelsen av vegetationskaraktären att den effekt som ges av enstaka individer som får hoppa över i nästa bestånd i relation till det extra huvudbry det ger vid inventeringar inte är mödan värt. Sådana gestaltungsprinciper kan istället med fördel tillskapas med den fortsatta skötseln.

Slutsatser

Etableringen av nya arter i fragmenterade urbana skogar liknande Teleborgsskogen påverkas av vegetationsstruktur, markfukt och mikromiljöer. Platsspecifik placering av arterna med hjälp av den bambukäppsmetodik som utvecklats i projektet kan vara ett lämpligt sätt att matcha rätt art i relation till dessa olika faktorer. Framförallt torra, blöta och täta högskärmställningar och arter på gränsen till sin hårdighet utgör en utmaning för etableringen. Lågskärmar och andra beståndsstrukturer som visar på en naturlig föryngring kan troligen användas som en fingervisning om vart det är lämpligt att placera nya arter, detta kräver dock att den naturliga föryngringen hålls under uppsikt så att den inte kväver det planterade materialet. För att kunna matcha rätt art till olika typsituationer kan i brist på annan information om stresstolerans, Niinemets och Valladares (2006) värden för stresstolerans användas som en grov vägledning. För att lyckas långsiktigt krävs en kombination av inventering och riktade skötselinsatser.

Tack till

Tack till de som gjort den här rapporten möjlig

Stort tack riktas till Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien som via anslag från Stiftelsen Carl-Fredrik von Horns fond har gjort denna rapport möjlig.

Tack till alla de som gjort Linnés Arboretum möjligt

Stort tack till alla de som gjort Linnés arboretum i Teleborgskogen möjligt, däribland tidigare kommunekolog Lars Anderssons och stadsträdgårdsmästare Ewa Eklind Blomqvists som möjliggjorde att arboretet kunde anläggas. Stort tack till professor emeritus Roland Gustavsson och dendrolog Kenneth Lorentzon som varit drivande i att etablera arboretet från SLU:s sida, initialt i nära samarbete med landskapsarkitekt Magnus Svensson. Något arboretum hade det aldrig heller blivit utan Växjö kommuns fantastiska skogslag, utan er hade tankar och idéer aldrig blivit till verklighet! En stor eloge och tack ska också riktas till Ida Karlsson och Maria Elmdahl Arvidsson landskapsarkitekter vid Växjö kommun som drivit arboretet framåt de senaste åren.

Referenser

- Allen CD, Macalady A, Chenchouni H, Bachelet D, McDowell N, Vennetier M, Gonzales P, Hogg T, Rigling A, Breshears DD, Fensham R, Zhang Z, Kitzberger T, Lim JH, Castro J, Running SW, Allard G, Semerci A, Cobb N (2010) *A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests*. *Forest Ecology and Management* 259:660-684.
- Andréasson A, Wedelsbäck Bladh K (2011) *Prydnadsträd och prydnadsbuskar hos två svenska plantskolor 1836 till 1946*. Swedish Biodiversity Centre, Sveriges lantbruksuniversitet. CBM:s skriftserie 58.
- Christensen RHB (2018) *ordinal - Regression Models for Ordinal Data*. R package version 2018.8-25. <http://www.cran.r-project.org/package=ordinal/>.
- Fell D (2009) *The gardens of Frank Lloyd Wright*. Frances Lincoln Limited. London.
- Gray AN, Spies TA (1997) *Microsite controls on tree seedling establishment in conifer forest canopy gaps*. *Ecology* 78:2458-2473.
- Hamberg L, Lehvavirta S, Kotze DJ (2009) *Forest edge structure as a shaping factor of understorey vegetation in urban forests in Finland*. *Forest Ecology and Management* 257:712-722.
- Hägglund B, Lundmark JE (2007) *Handledning i bonitering Del 1 Definitioner och anvisningar*. Skogstyrelsen. Jönköping.
- Ilisson T, Köster K, Vodde F, Jögiste K (2007) *Regeneration development 4–5 years after a storm in Norway spruce dominated forests, Estonia*. *Forest Ecology and Management* 250:17-24.
- Jensen AM, Löf M (2017) *Effects of interspecific competition from surrounding vegetation on mortality, growth and stem development in young oaks (Quercus robur)*. *Forest Ecology and Management* 392:176-183.
- Johansson ME (2007) *Möjligheternas skog: utveckling av Teleborgsskogen som tätortsnära rekreationsskog i samarbete med närboende och aktörer*. Examensarbete i Landskapsarkitektur. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Larsen JB (2005) *Naturnær Skovdrift*. Dansk Skovbrugs Tidsskrift. Dansk Skovforening, København.
- Lehvavirta S, Vilisics F, Hamberg L, Malmivaara-Lämsä M, Kotze DJ (2014). *Fragmentation and recreational use affect tree regeneration in urban forests*. *Urban Forestry & Urban Greening* 13:869-877.
- Lenth RV (2016) *Least-Squares Means: The R Package lsmeans*. *Journal of Statistical Software*. 69(1):1-33.

- Lorentzon K (1996) *Våra trädgårdsväxter – aktuella namn och vetenskapliga namn*. Natur och Trädgårds Bokförlag. Åby
- Malcolm DC, Mason WL, Clarke GC (2001) *The transformation of conifer forests in Britain - regeneration, gap size and silvicultural systems*. Forest Ecology and Management 151:7-23.
- Mason WL (2002) *Are irregular stands more windfirm?* Forestry 75:347-355.
- Narukawa Y, Yamamoto S (2003) *Development of conifer seedlings roots on soil and fallen logs in boreal and subalpine coniferous forests of Japan*. Forest Ecology and Management 175:131-139.
- Nielsen AB, Wiström B, Hedblom M, Olafsson, AS (2012) *The scaling of forest in and around Danish and Swedish cities in relation to landscape context and urbanisation traits*. Book of abstracts: IUFRO Landscape Ecology Working Group International Conference. Sustaining humans and Forest in Changing Landscape. Forest, Society and Global Change. 5-12 November 2012. Concepción, Chile
- Nielsen AB, Hedblom M, Olafsson AS, Wiström B (2014) *Spatial configurations of urban woodland in Denmark and Sweden – patterns for green infrastructure planning*. 17th European Forum on Urban Forestry, 4-6 June 2014. Lausanne, Switzerland.
- Nielsen AB, Hedblom M, Olafsson AS, Wiström B (2017) *Spatial configurations of urban forest in different landscape and socio-political contexts: identifying patterns for green infrastructure planning*. Urban Ecosystems 20:379-392.
- Niinemets Ü, Valladares F (2006) *Tolerance to shade, drought, and waterlogging of temperate northern hemisphere trees and shrubs*. Ecological Monographs 76:521-547.
- O'Hara KL (2016) *What is close-to-nature silviculture in a changing world?* Forestry: An International Journal of Forest Research, 89(1):1-6.
- Olsson U (2011) *Statistics for Life Science 2*. Studentlitteratur, Lund.
- Pröll G, Darabant A, Gratzner G, Katzensteiner K (2015) *Unfavourable microsites, competing vegetation and browsing restrict post-disturbance tree regeneration on extreme sites in the Northern Calcareous Alps*. European Journal of Forest Research 134:293-308.
- Sarkar D (2008) *Lattice: Multivariate Data Visualization with R*. Springer. New York.
- Sjöman H, Nielsen AB (2010) *Selecting trees for urban paved sites in Scandinavia – A review of information on stress tolerance and its relation to the requirements of tree planners*. Urban Forestry & Urban Greening 9(4):273-342
- Sjöman H, Slagstedt J (2015) *Stadsträdlexikon*. Studentlitteratur. Lund.

Sjöman H, Slagstedt J, Wiström B, Ericsson T (2015) *Naturen som förebild*. In: Sjöman H, Slagstedt J (red). Träd i urbana landskap. Studentlitteratur. Lund, pp 57-229.

Sjöman H, Morgenroth J, Sjöman JD, Sæbø A, Kowarik I (2016) *Diversification of the urban forest - Can we afford to exclude exotic tree species?* Urban Forestry & Urban Greening 18:237-241.

Smith A, Cullis B, Gilmour A (2001) *The analysis of crop variety evaluation data in Australia*. Australian & New Zealand Journal of Statistics 43:129-145.

Stanturf JA, Madsen P, Sagheb-Talebi K, Hansen OK (2018) *Transformational restoration: novel ecosystems in Denmark*. Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 152:536-546.

Sutton RF (1993) *Mounding site preparation: A review of European and North American experience*. New Forests 7:151-192.

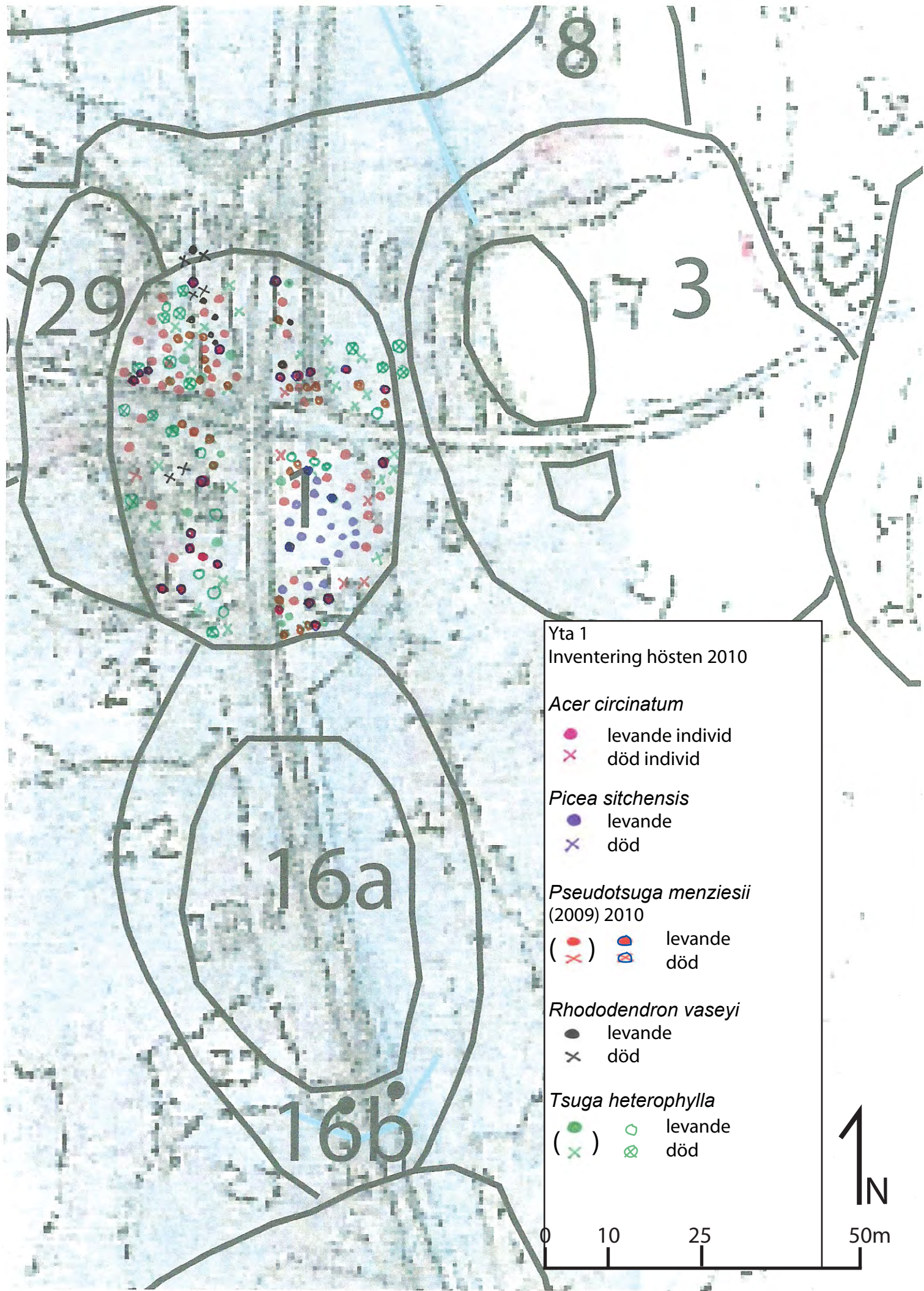
Tyler T, Karlsson T, Milberg P, Sahlin U, Sundberg S (2015) *Invasive plant species in the Swedish flora: developing criteria and definitions, and assessing the invasiveness of individual taxa*. Nordic Journal of Botany 33:300-317.

Vallet J, Beaujouan V, Pithon J, Rozé F, Daniel H (2010) *The effects of urban or rural landscape context and distance from the edge on native woodland plant communities*. Biodiversity and Conservation 19:3375-3392.

Wiström B (2015) *Forest Edge Development – Management and design of forest edges in infrastructure and urban environments*. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, 2015:129.

Wiström B, Nielsen AB (2016) *Decisive environmental characteristics for woody regrowth in forest edges - patterns along complex environmental gradients in Southern Sweden*. Forest Ecology and Management 363:47-62.

Appendix



Yta 1
Inventering hösten 2010

Acer circinatum
 ● levande individ
 × död individ

Picea sitchensis
 ● levande
 × död

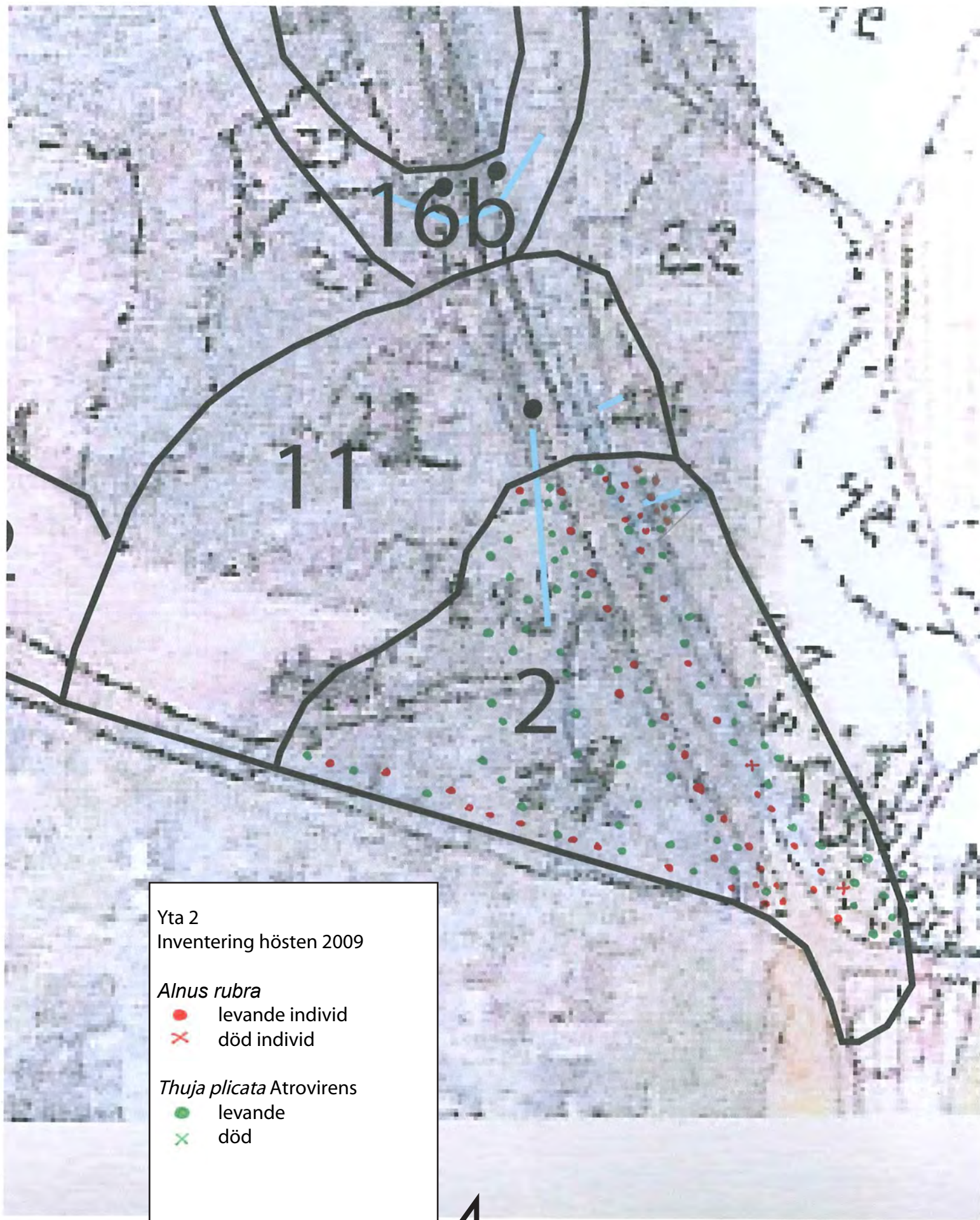
Pseudotsuga menziesii
 (●) (●) levande
 (×) (×) död

Rhododendron vaseyi
 ● levande
 × död

Tsuga heterophylla
 (●) (●) levande
 (×) (×) död

0 10 25 50m

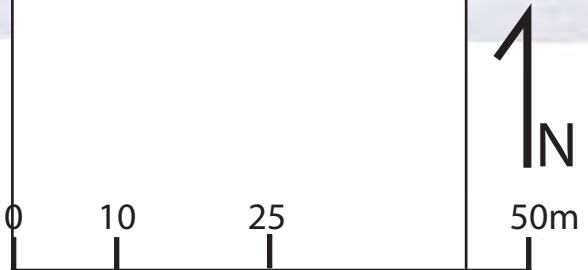
↑ N

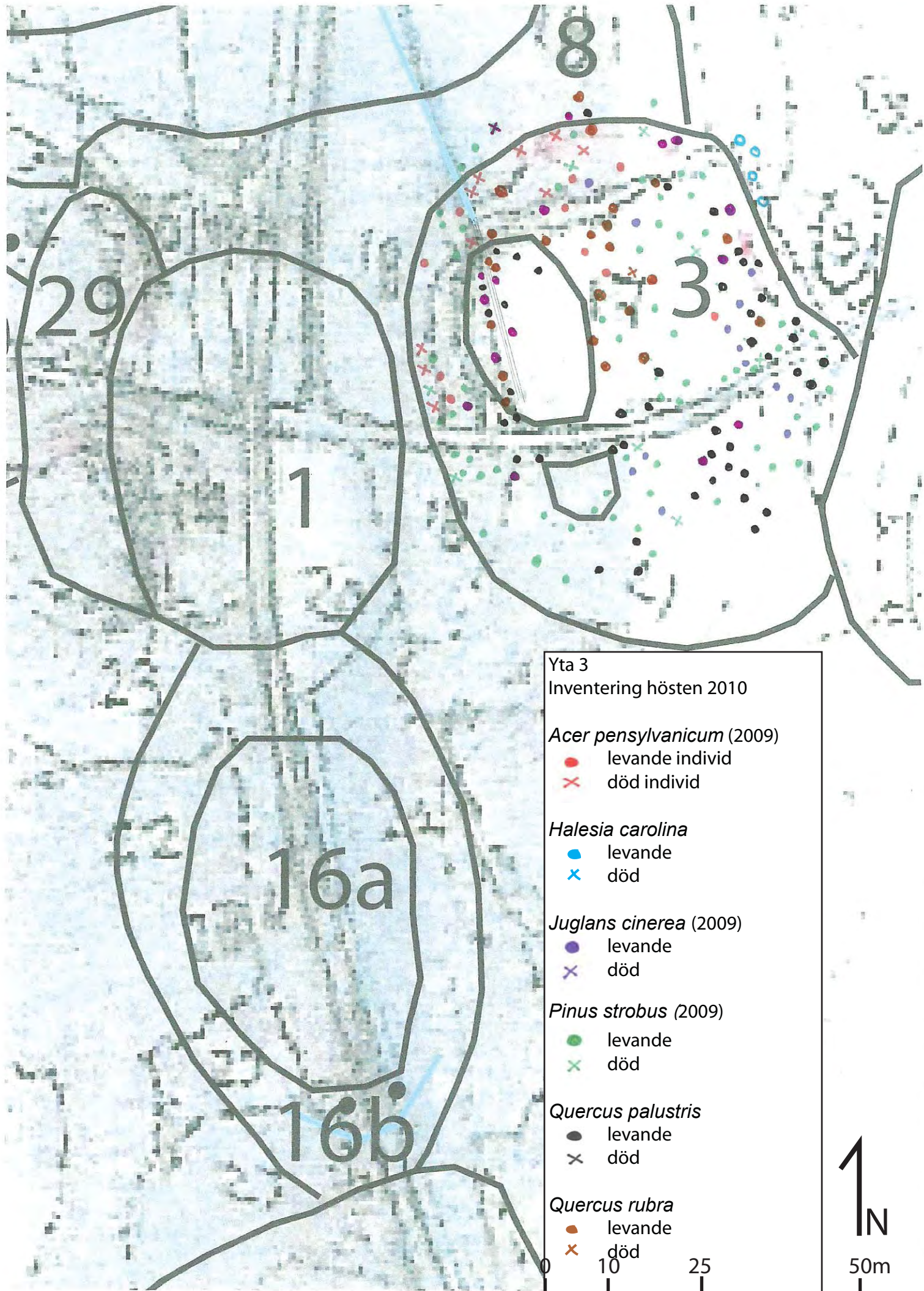


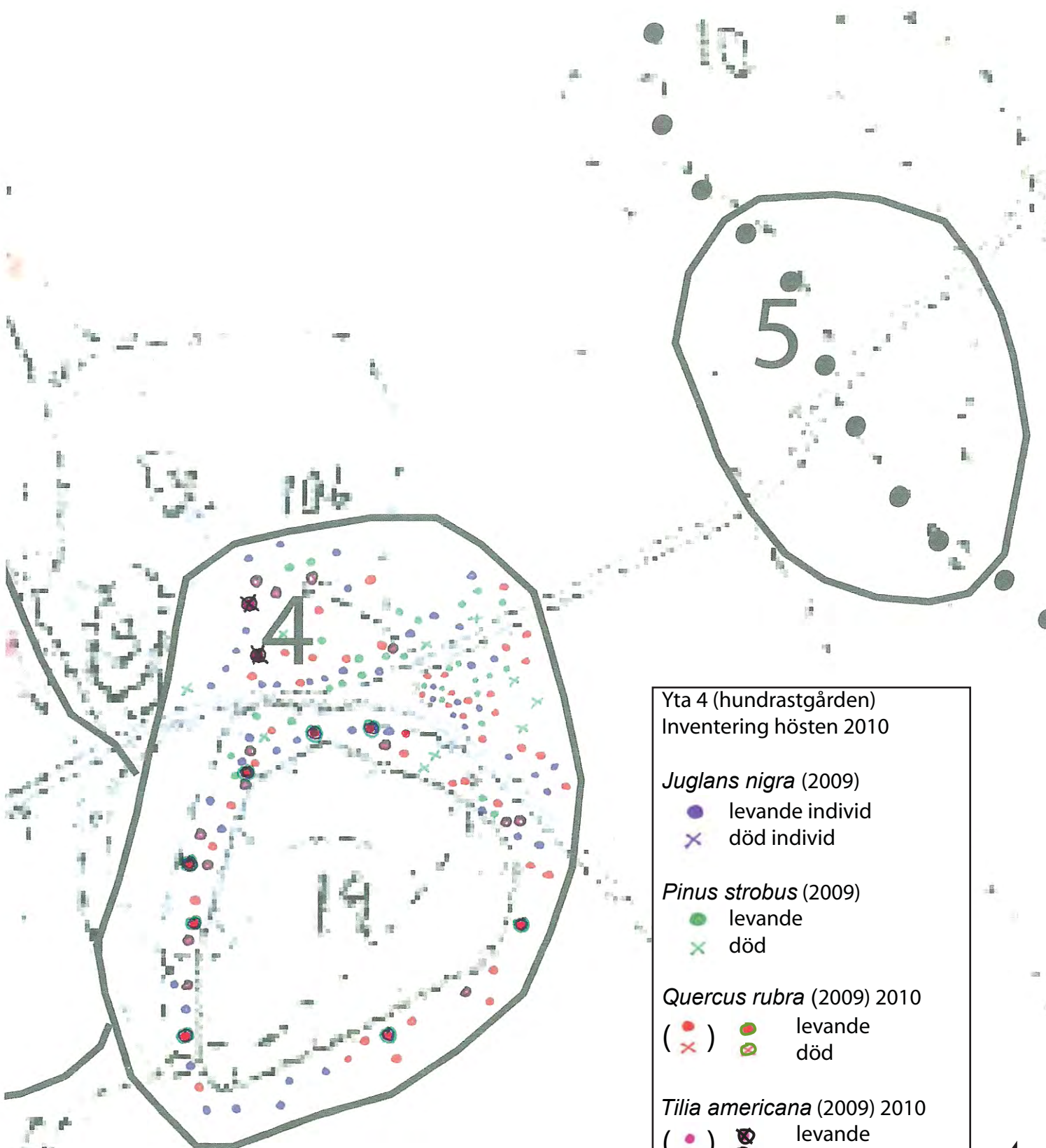
Yta 2
Inventering hösten 2009

Alnus rubra
● levande individ
× död individ

Thuja plicata *Atrovirens*
● levande
× död







Yta 4 (hundrastgården)
 Inventering hösten 2010

Juglans nigra (2009)
 ● levande individ
 × död individ

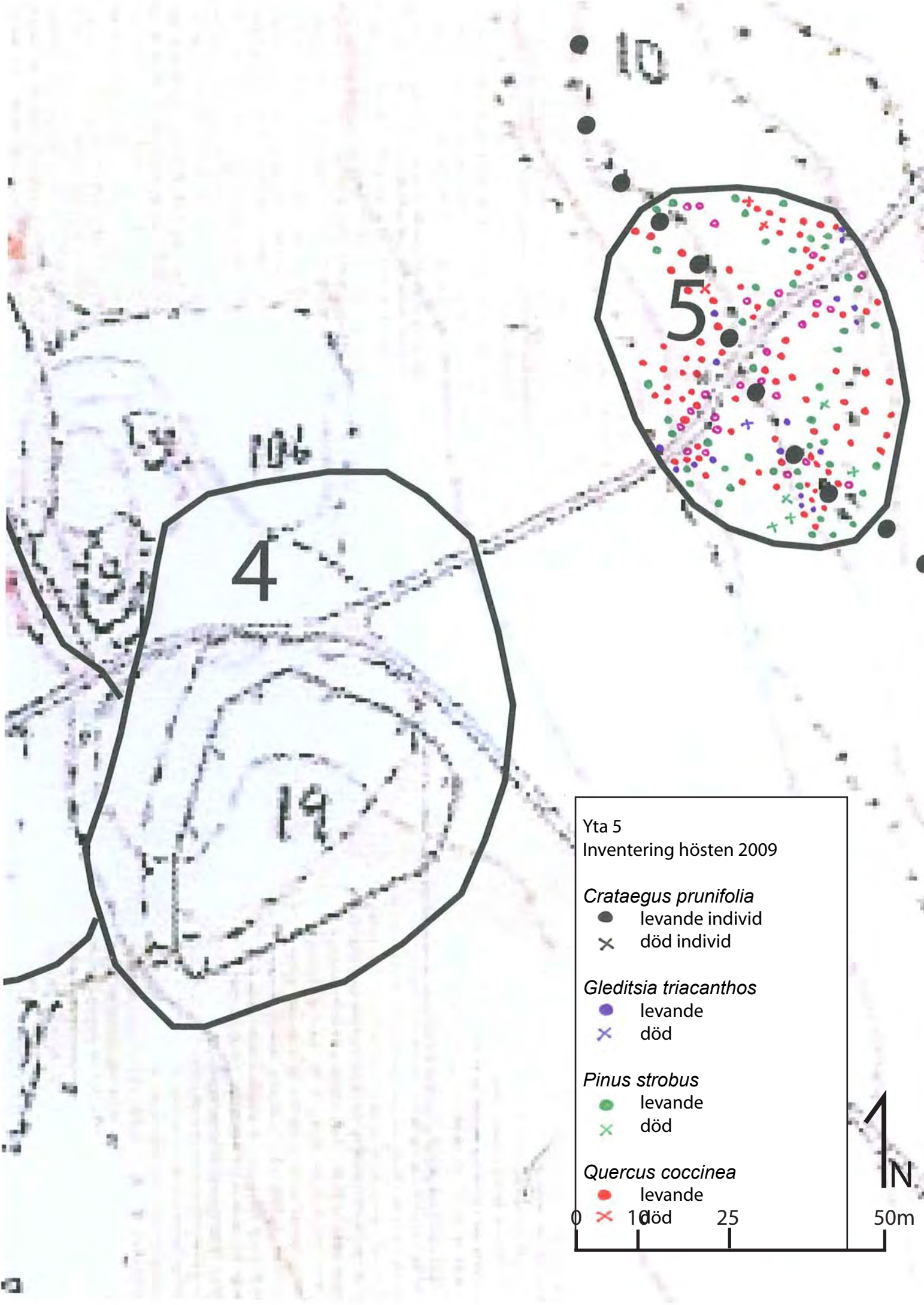
Pinus strobus (2009)
 ● levande
 × död

Quercus rubra (2009) 2010
 (●) levande
 (×) död

Tilia americana (2009) 2010
 (●) levande
 (×) död

0 10 25 50m

↑ N



Yta 5
Inventering hösten 2009

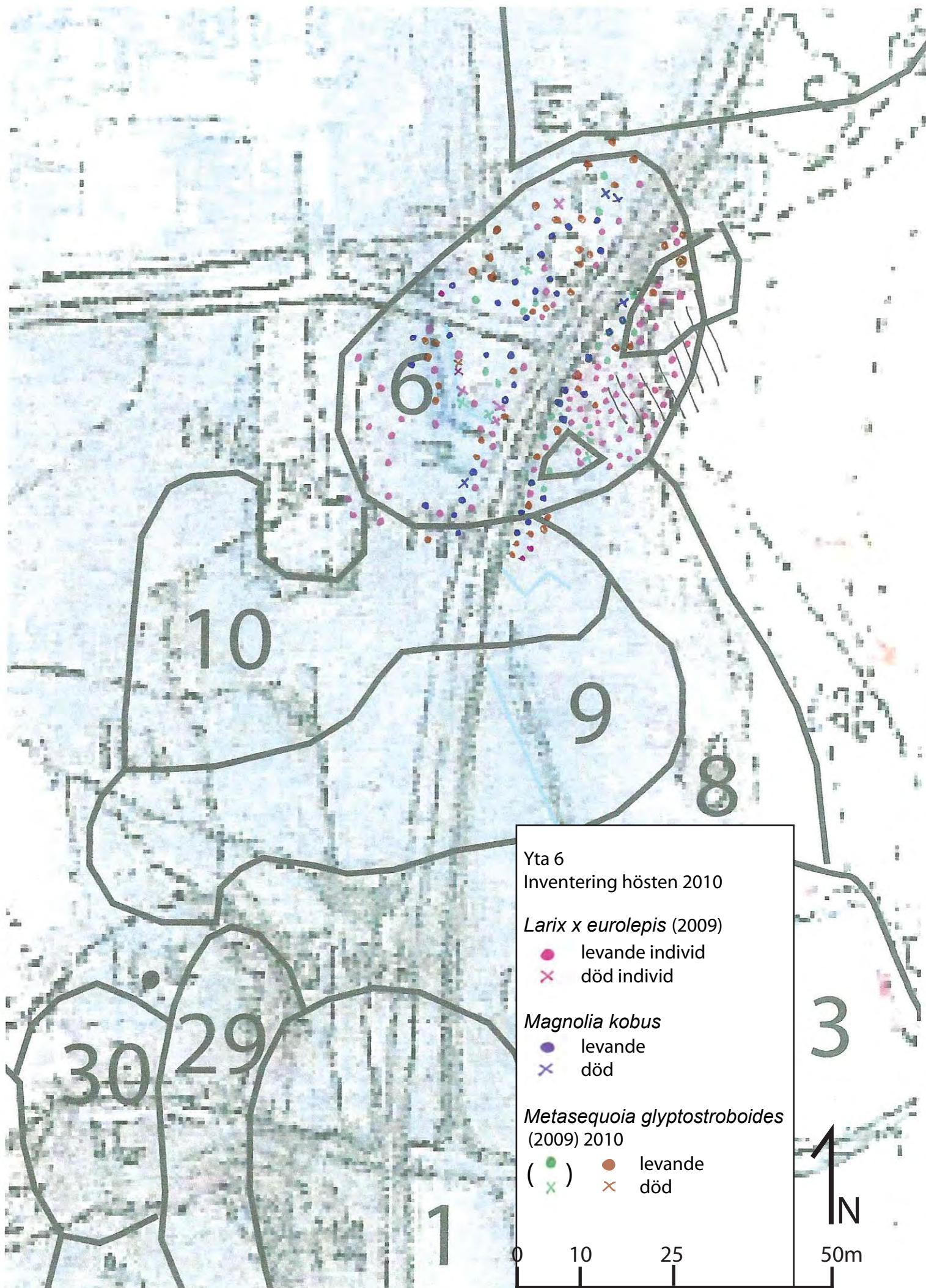
Crataegus prunifolia
 ● levande individ
 × död individ

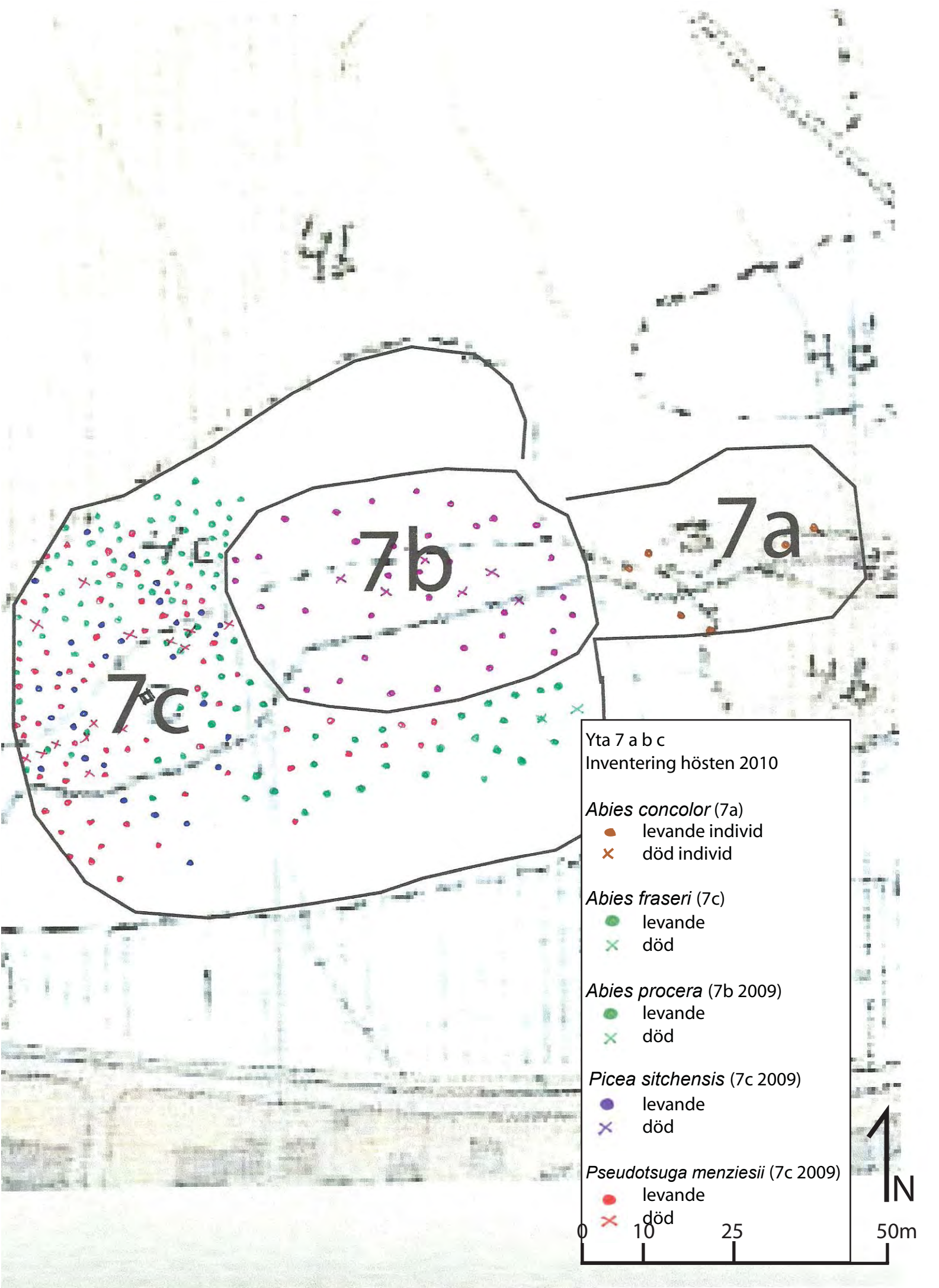
Gleditsia triacanthos
 ● levande
 × död

Pinus strobus
 ● levande
 × död

Quercus coccinea
 ● levande
 × död







Yta 8
Inventering hösten 2010

Acer japonicum (2009)

- levande individ
- ✕ död individ

Betula utilis v *jacquemontii*

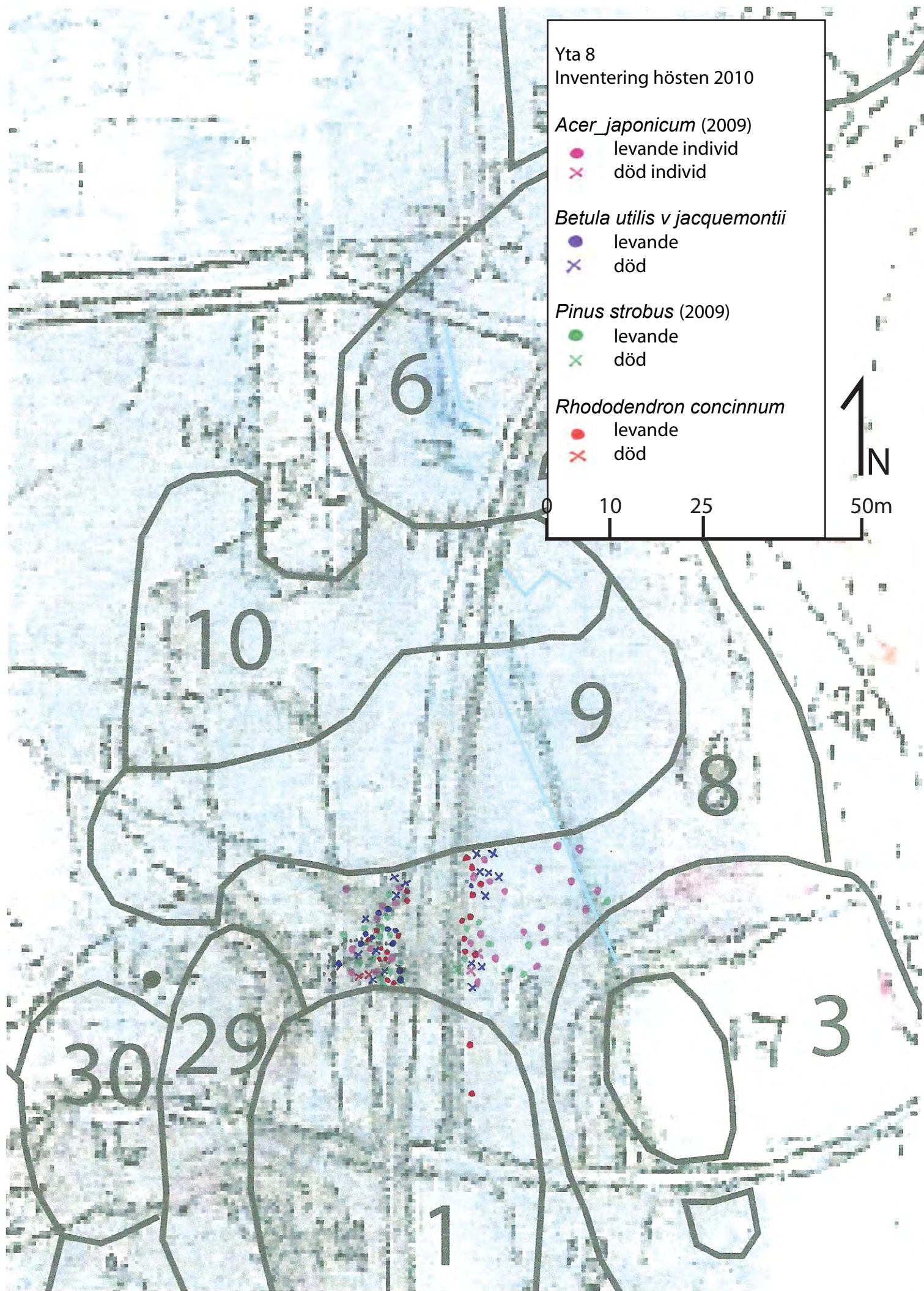
- levande
- ✕ död

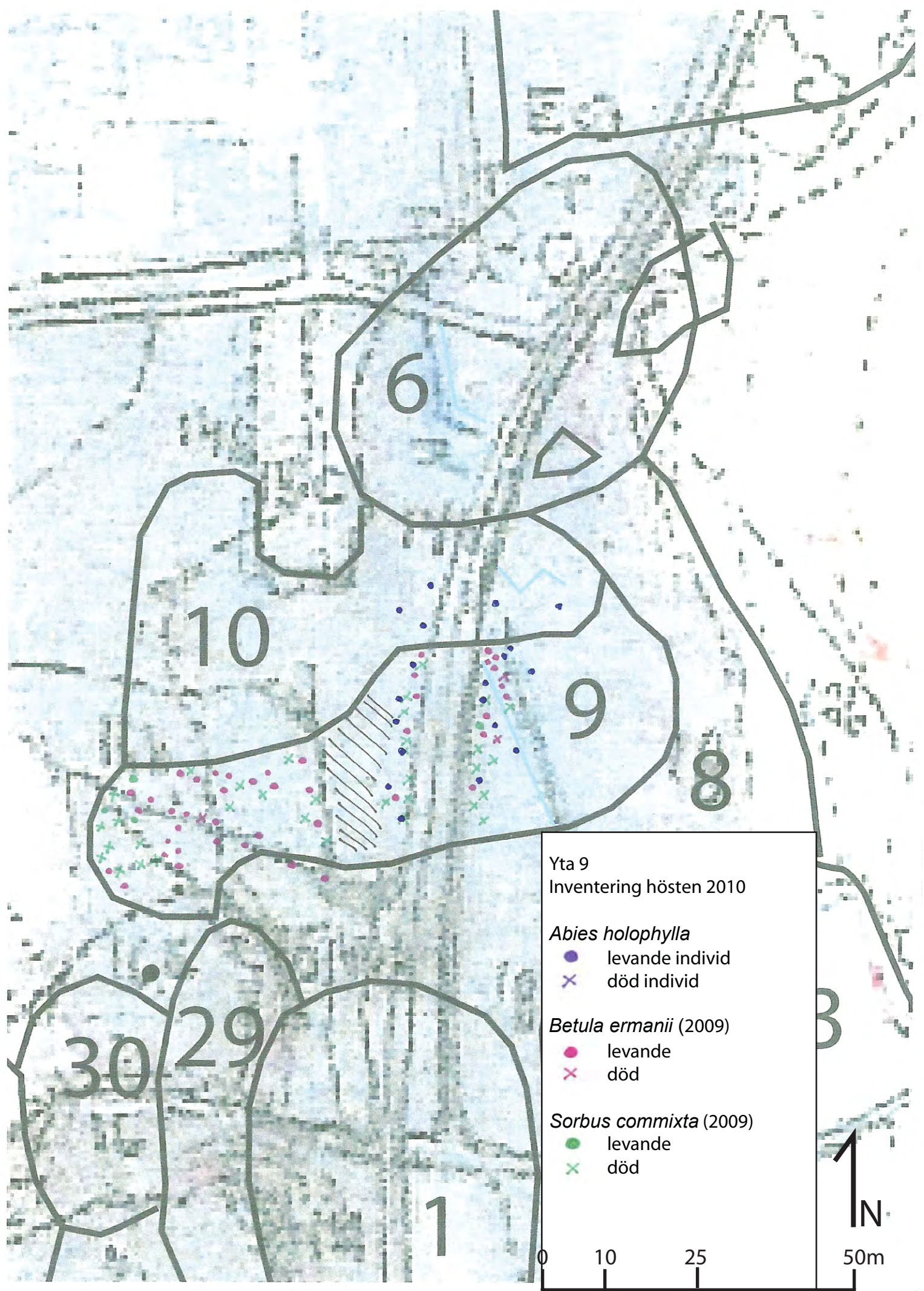
Pinus strobus (2009)

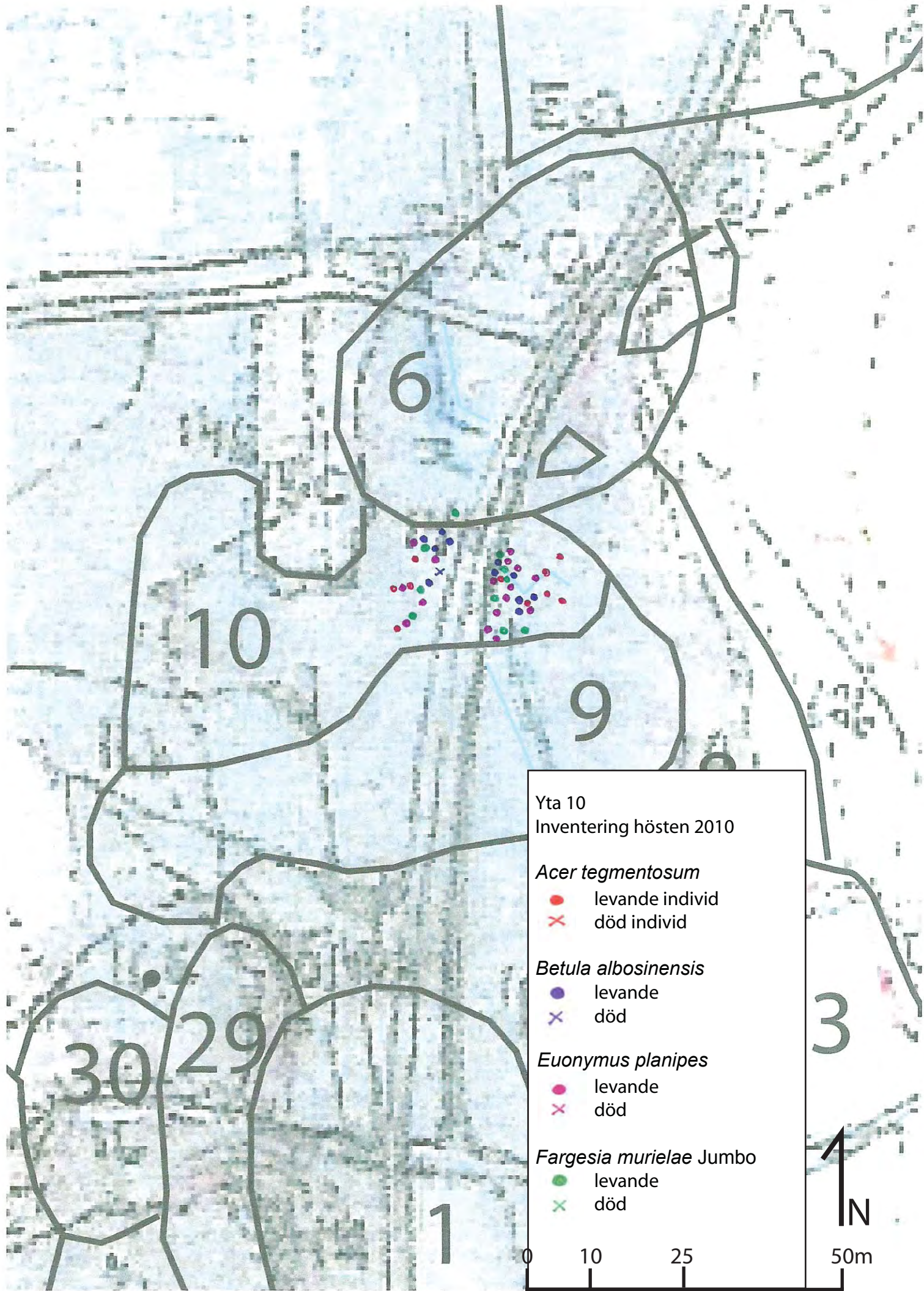
- levande
- ✕ död

Rhododendron concinnum

- levande
- ✕ död







Yta 10
Inventering hösten 2010

Acer tegmentosum
 ● levande individ
 × död individ

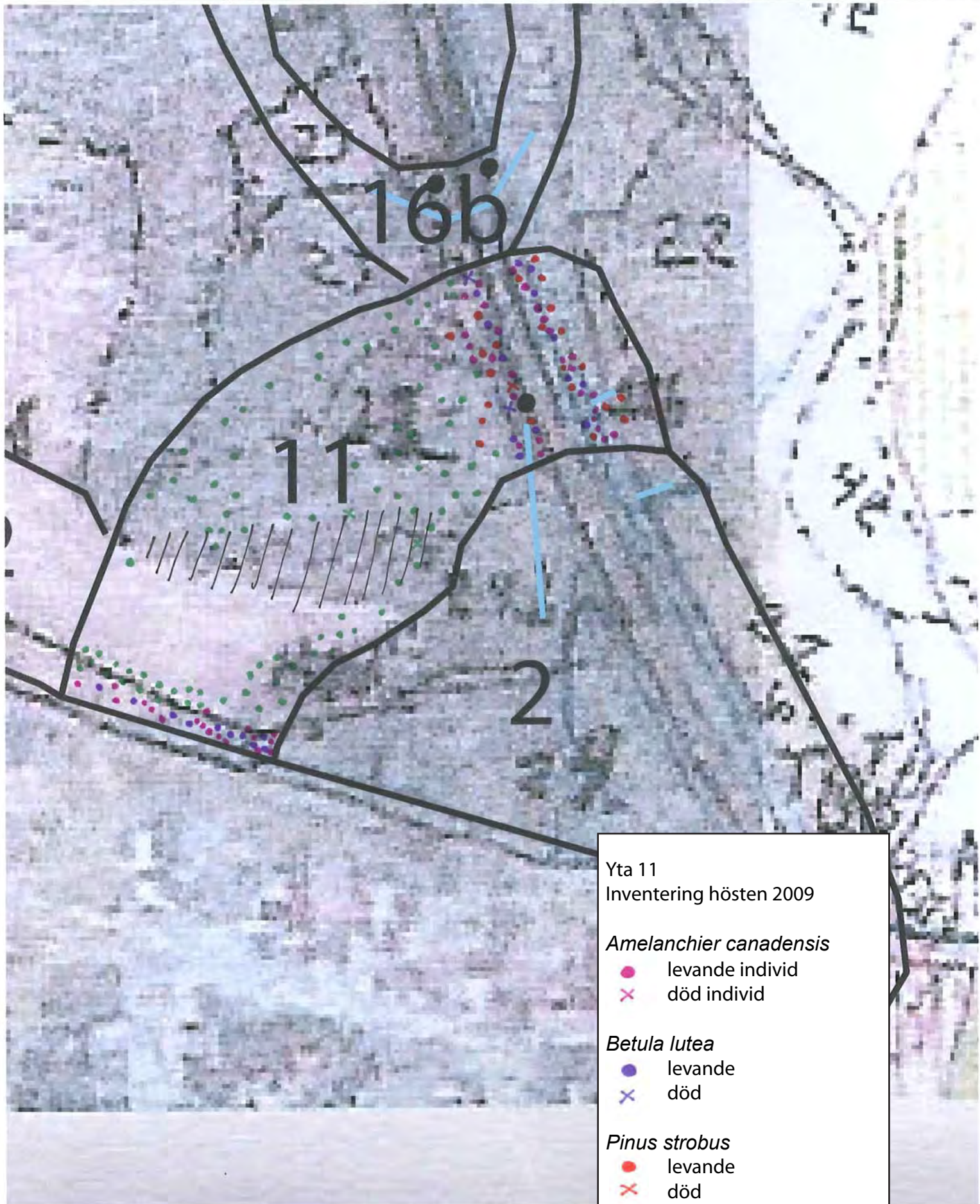
Betula albosinensis
 ● levande
 × död

Euonymus planipes
 ● levande
 × död

Fargesia murielae Jumbo
 ● levande
 × död

0 10 25 50m

↑ N



Yta 11
Inventering hösten 2009

Amelanchier canadensis
● levande individ
× död individ

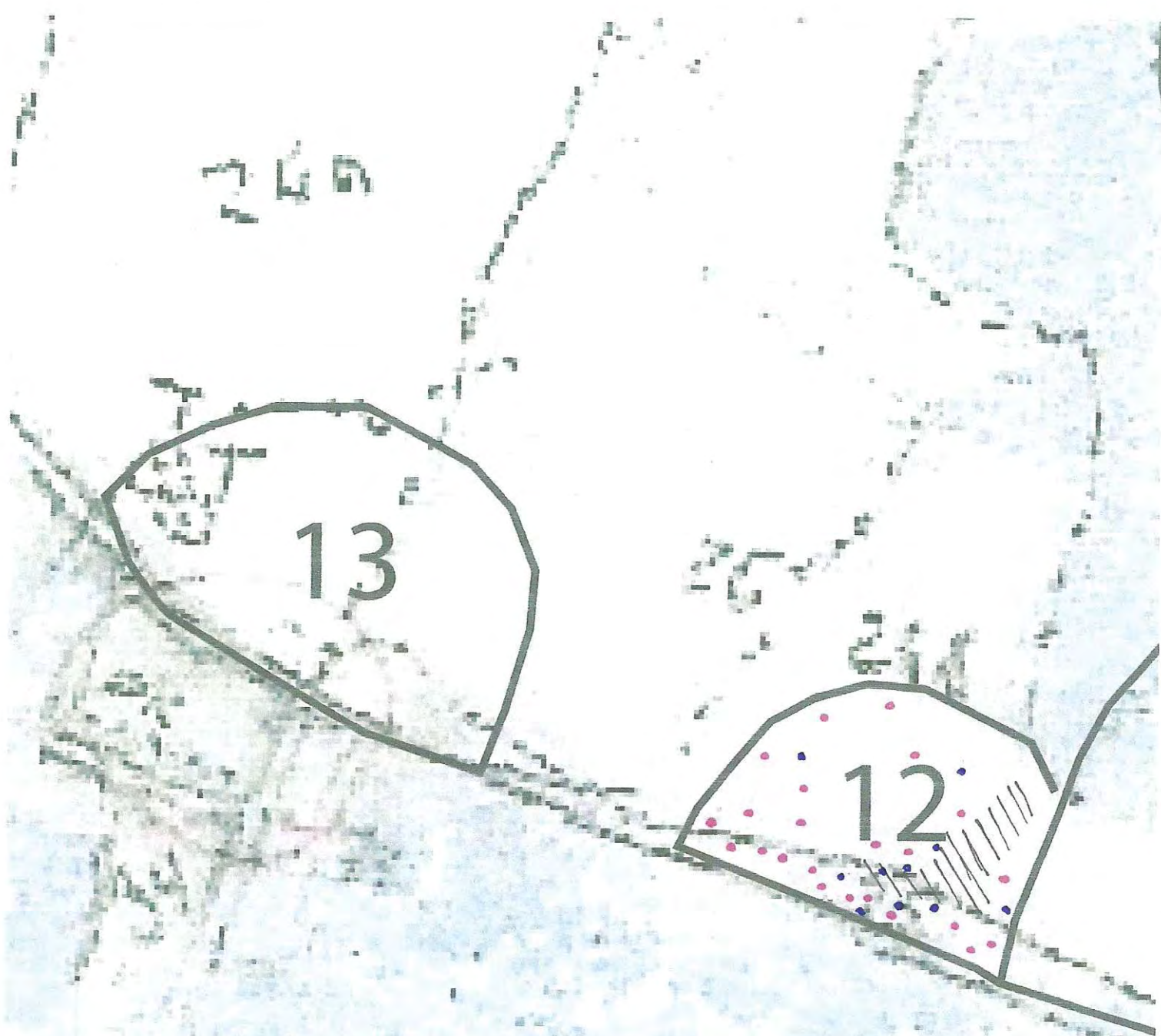
Betula lutea
● levande
× död

Pinus strobus
● levande
× död

Pseudotsuga menziesii
● levande
× död

0 10 25 50m

↑
N



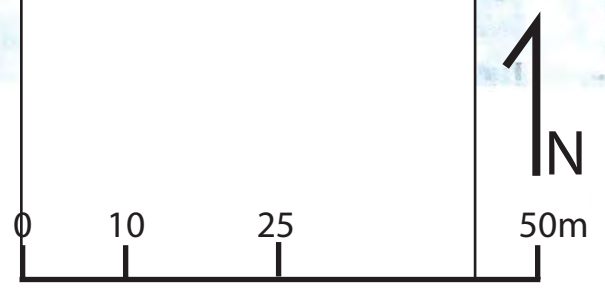
13

12

Yta 12
Inventering hösten 2010

Betula lenta (2009)
● levande individ
× död individ

Betula lenta (2010)
● levande
× död





269

13

12

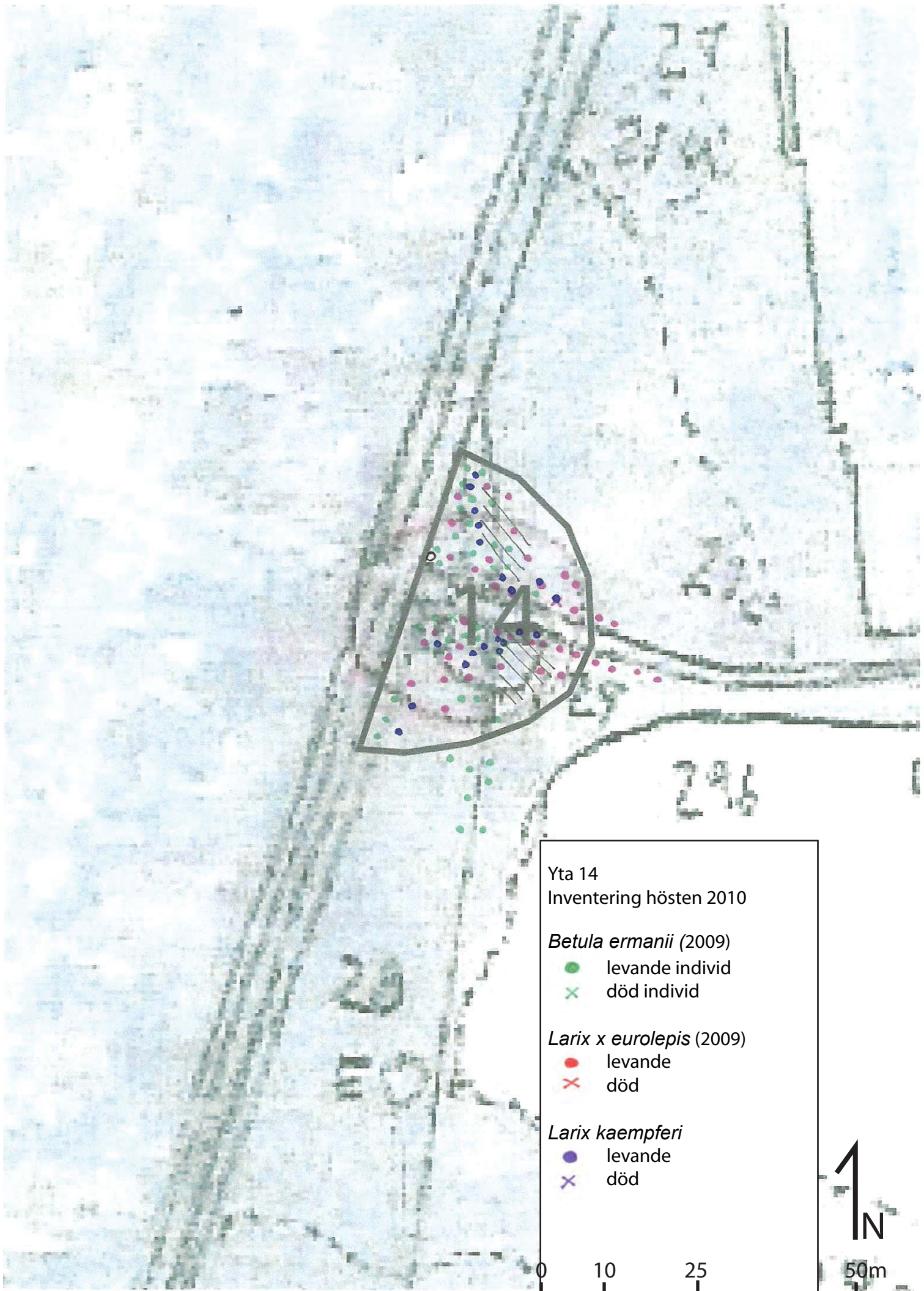
Yta 13
Inventering hösten 2009

Betula ermanii

- levande individ
- × död individ

0 10 25 50m

1
N



Yta 14
Inventering hösten 2010

Betula ermanii (2009)

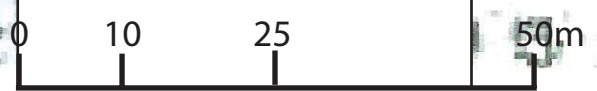
- levande individ
- × död individ

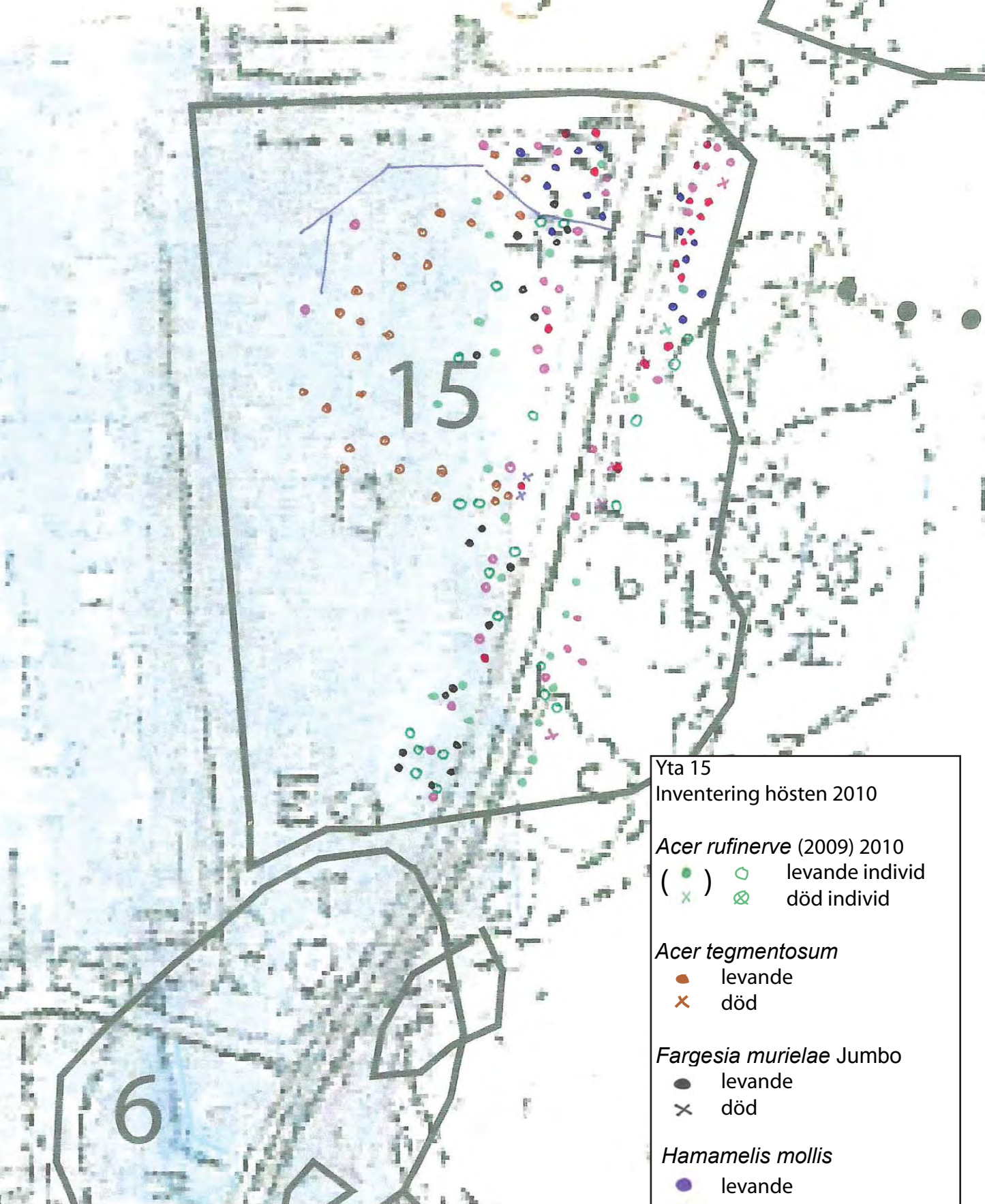
Larix x eurolepis (2009)

- levande
- × död

Larix kaempferi

- levande
- × död





Yta 15
Inventering hösten 2010

Acer rufinerve (2009) 2010
 (●) ○ levande individ
 (×) ⊗ död individ

Acer tegmentosum
 ● levande
 × död

Fargesia murielae Jumbo
 ● levande
 × död

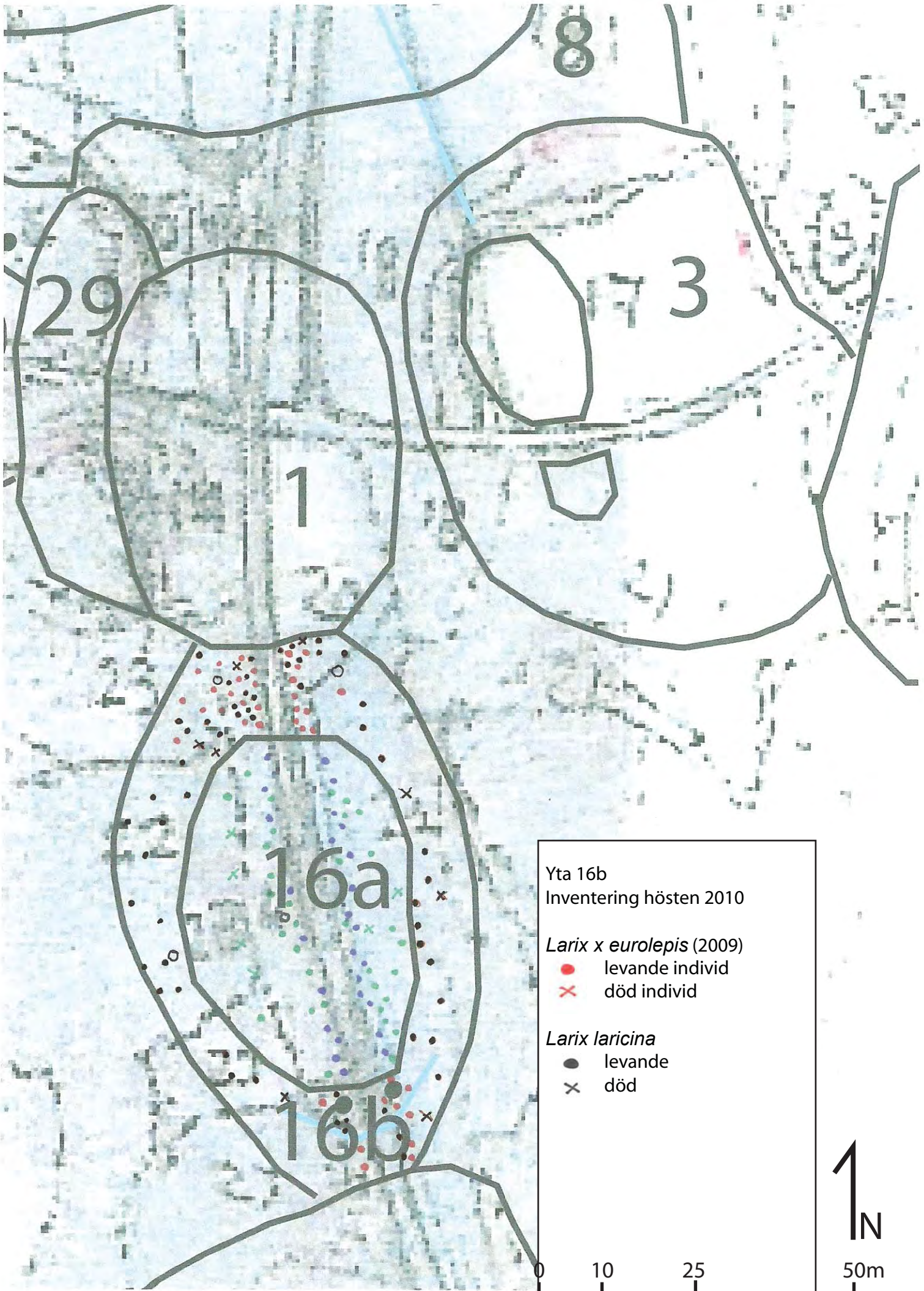
Hamamelis mollis
 ● levande
 × död

Larix x eurolepis 2009
 ● levande
 × död

Sorbaria arborea
 ● levande
 × död

0 10 25 50m

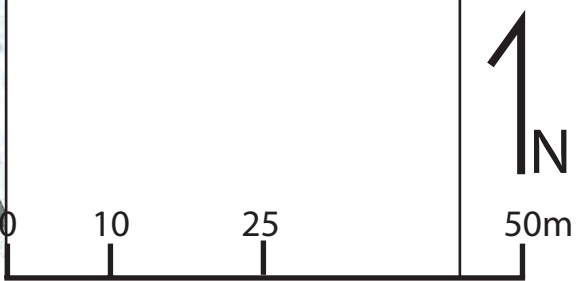
↑ N

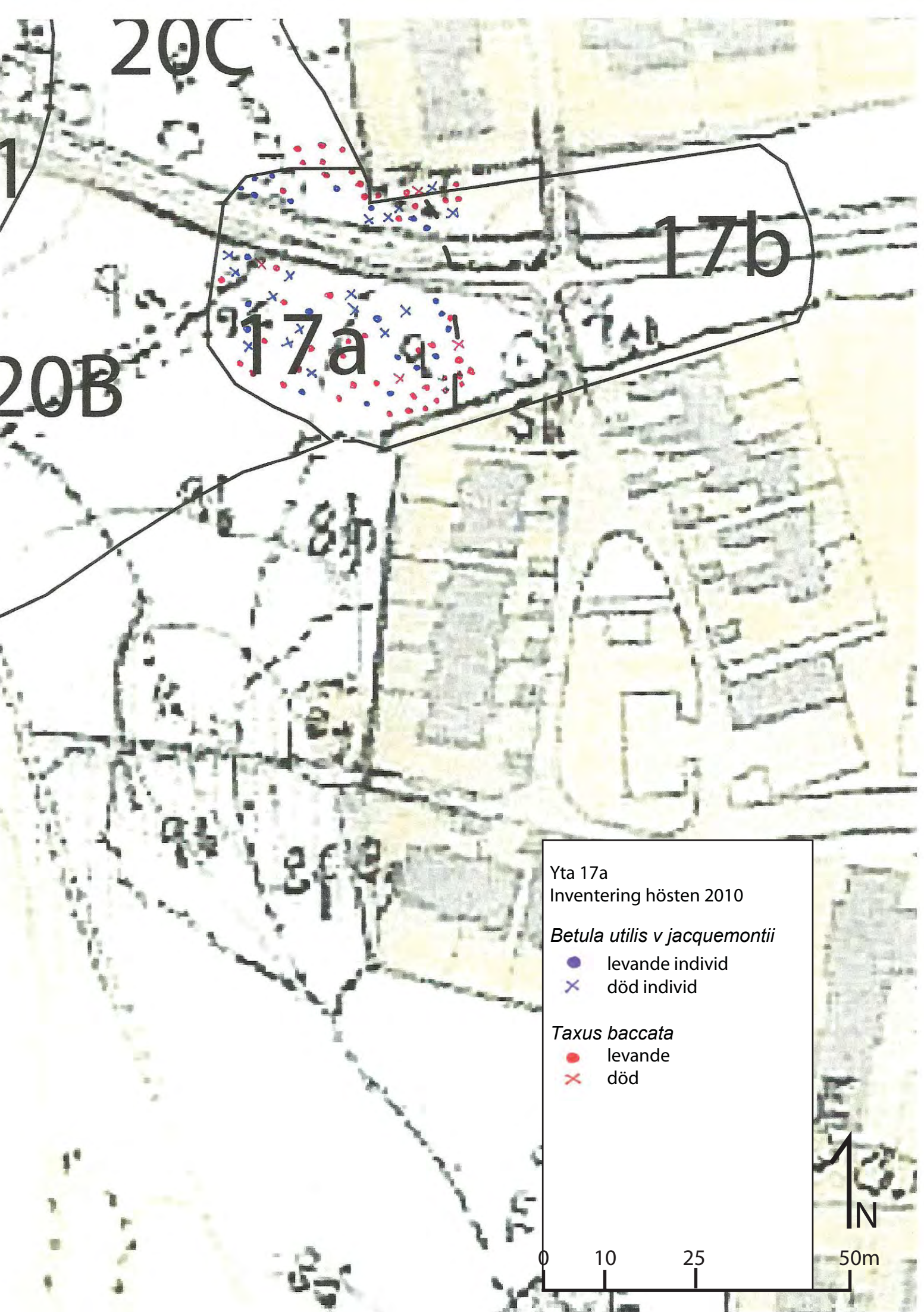


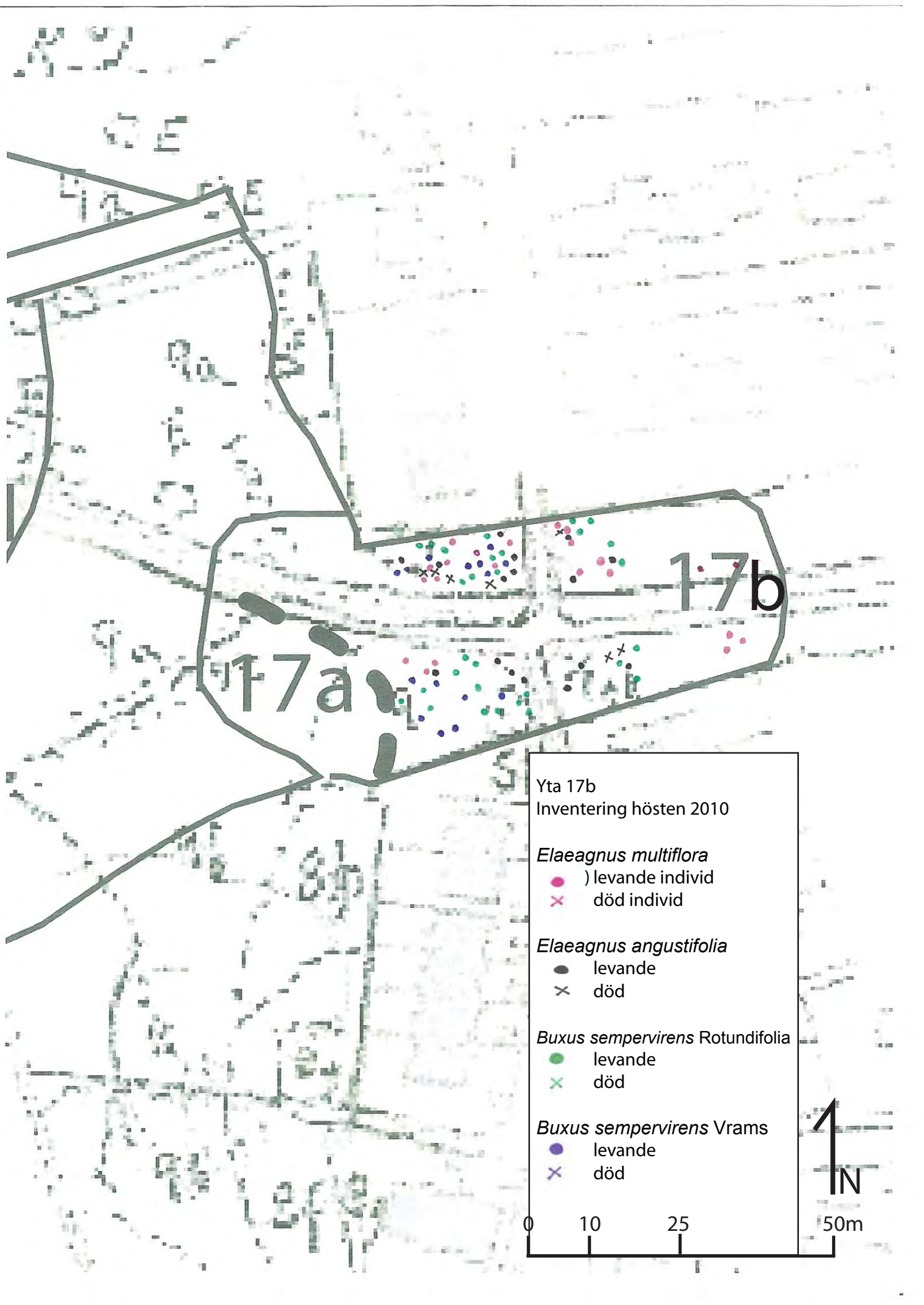
Yta 16b
Inventering hösten 2010

Larix x eurolepis (2009)
● levande individ
× död individ

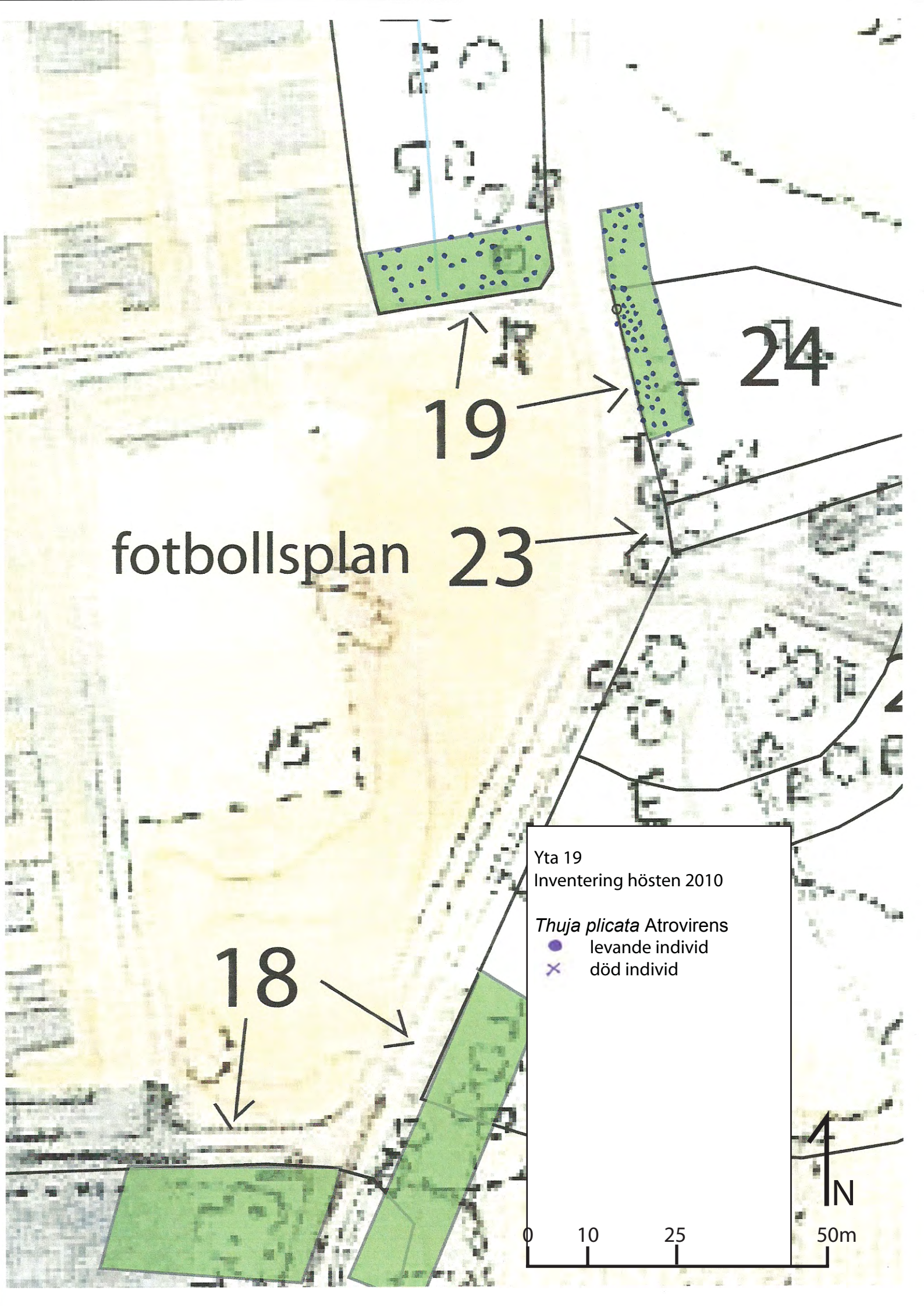
Larix laricina
● levande
× död

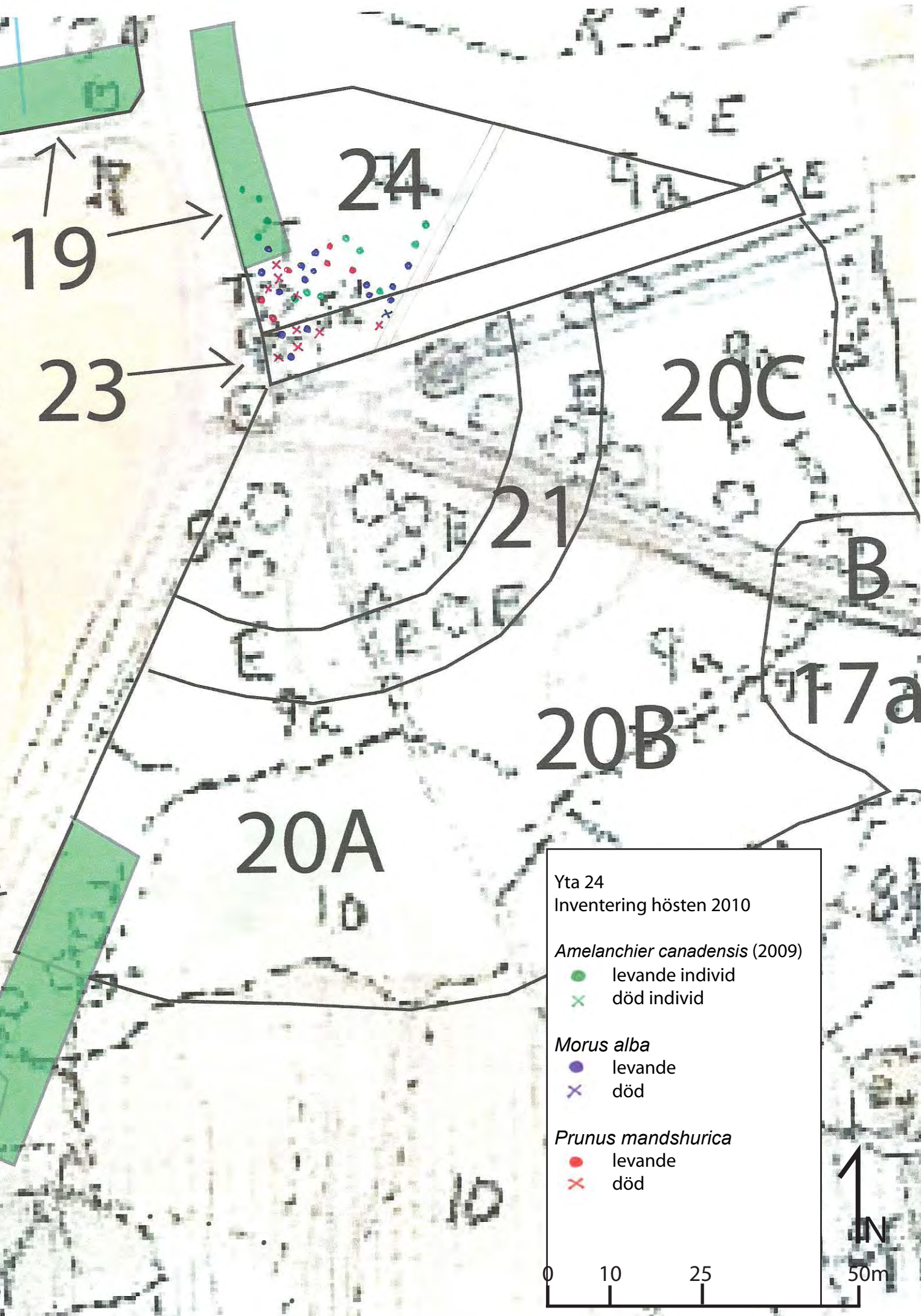


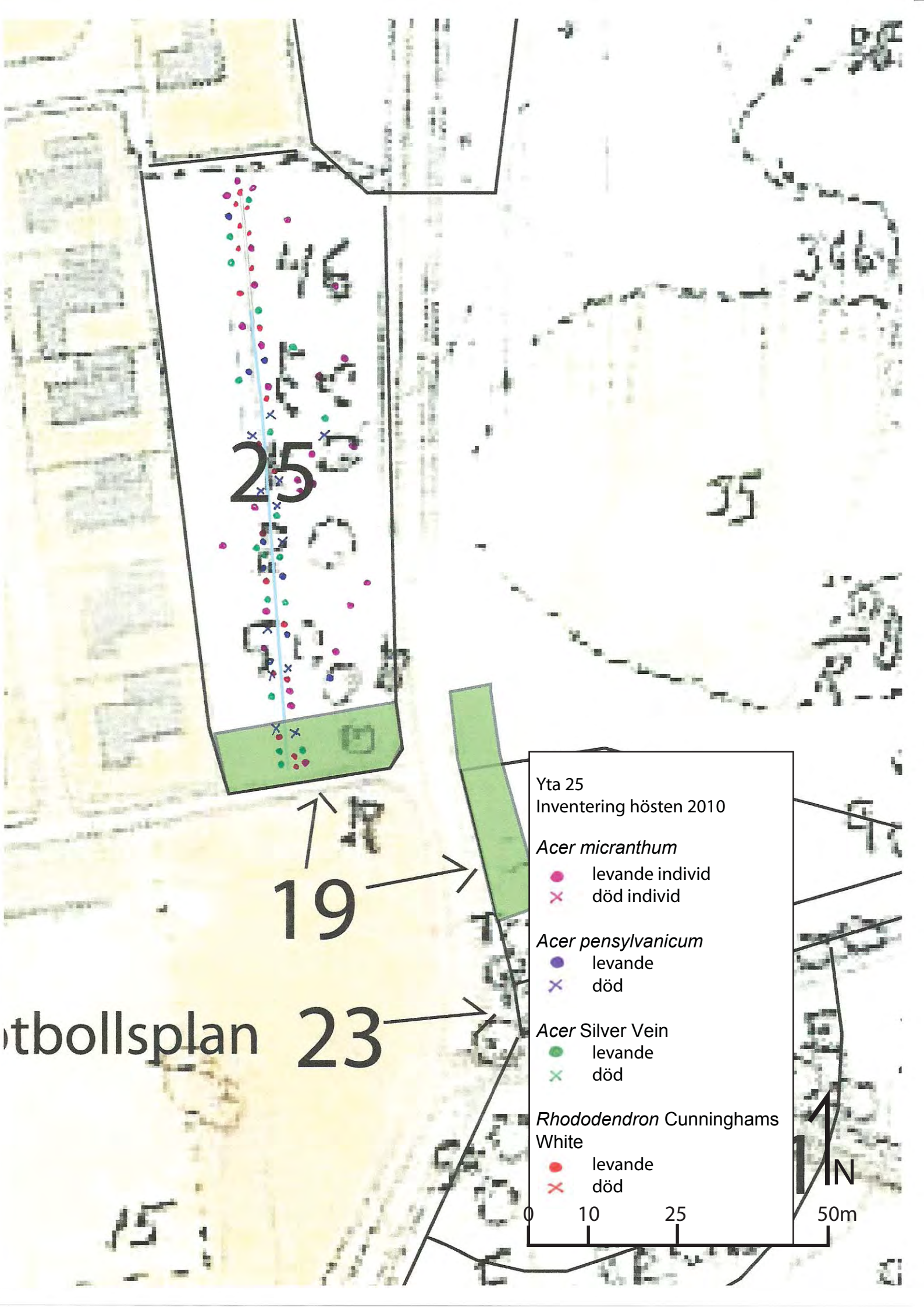


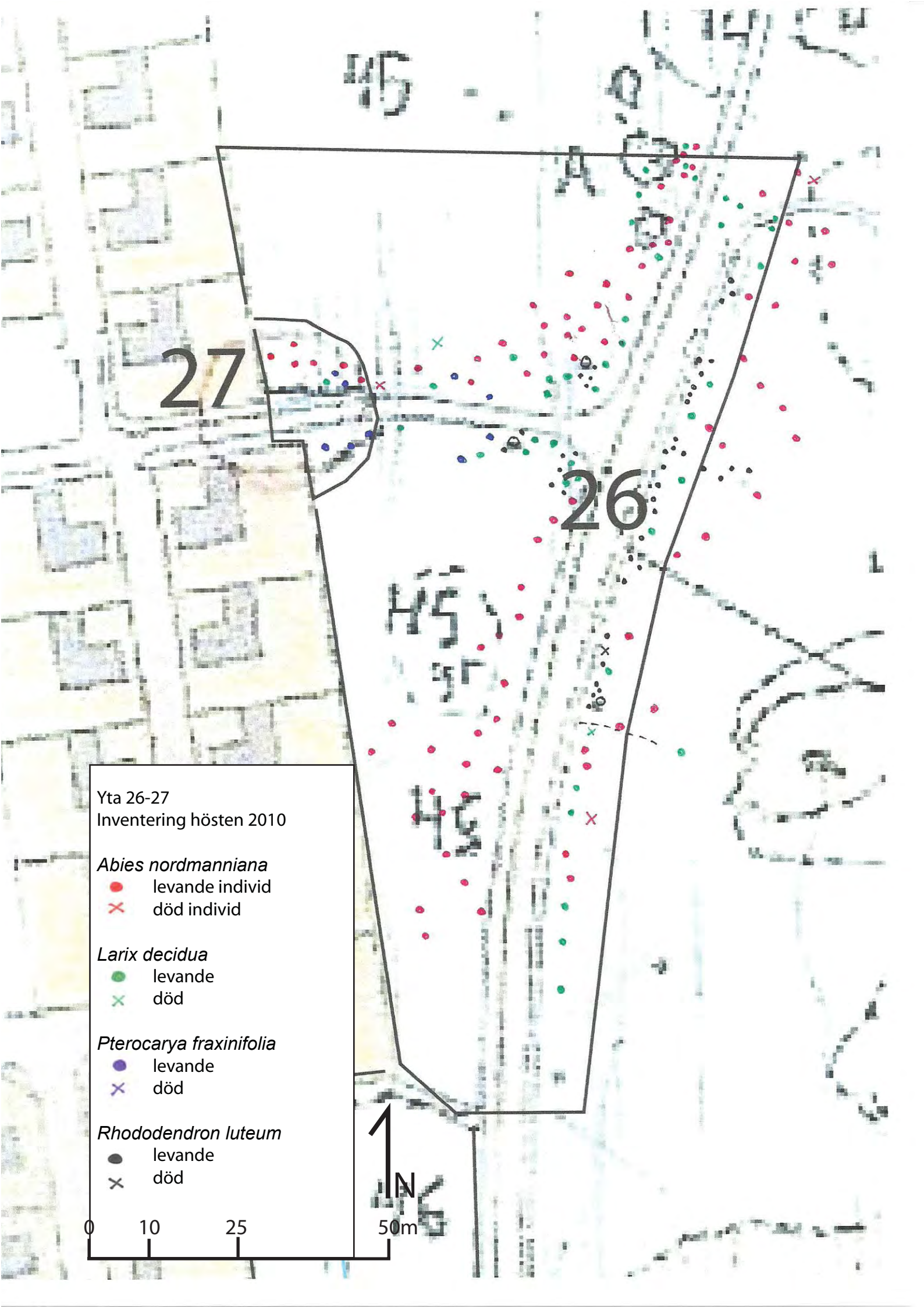












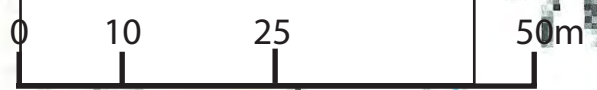
Yta 26-27
Inventering hösten 2010

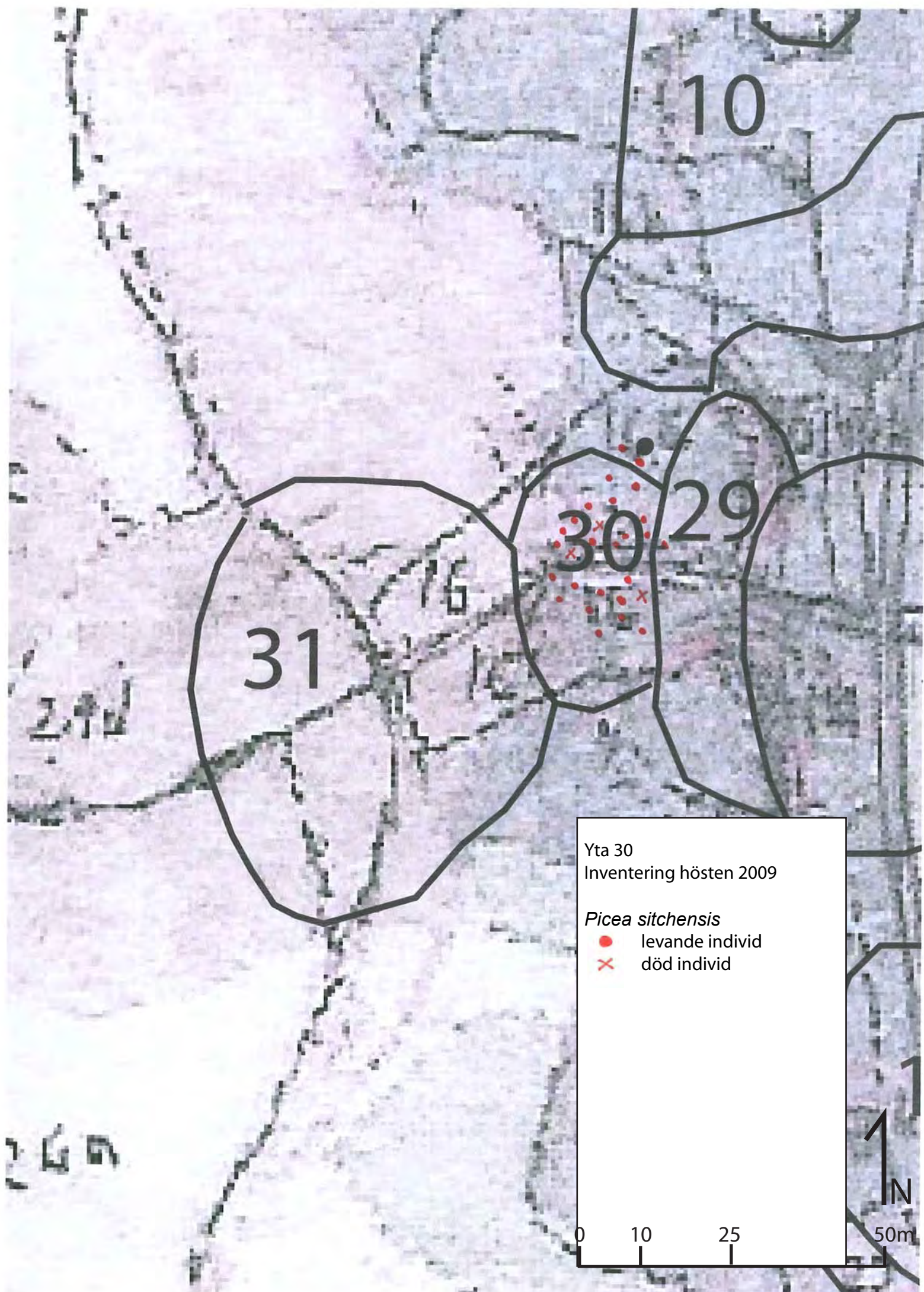
Abies nordmanniana
● levande individ
× död individ

Larix decidua
● levande
× död

Pterocarya fraxinifolia
● levande
× död

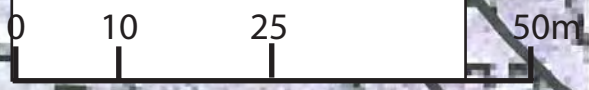
Rhododendron luteum
● levande
× död

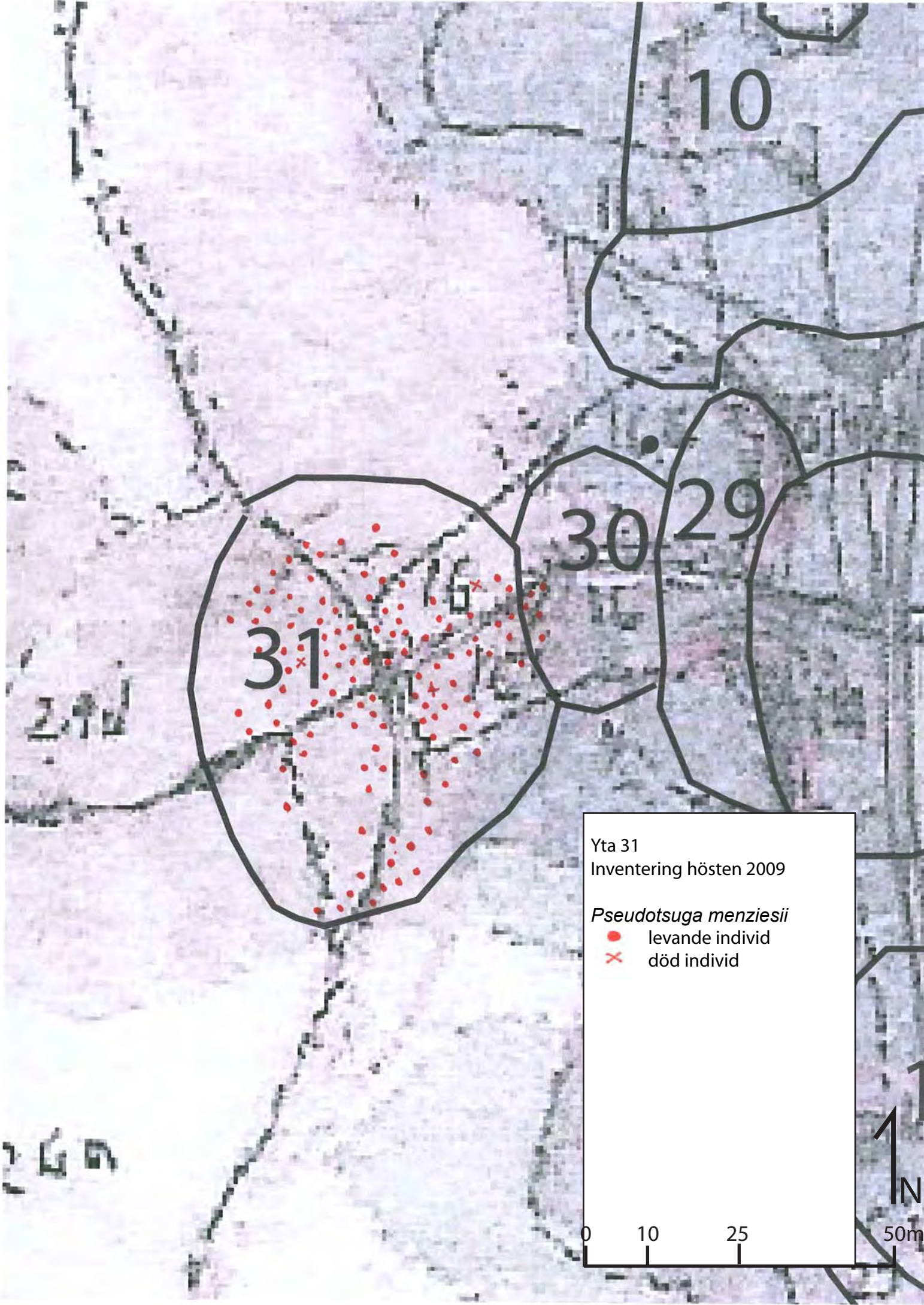


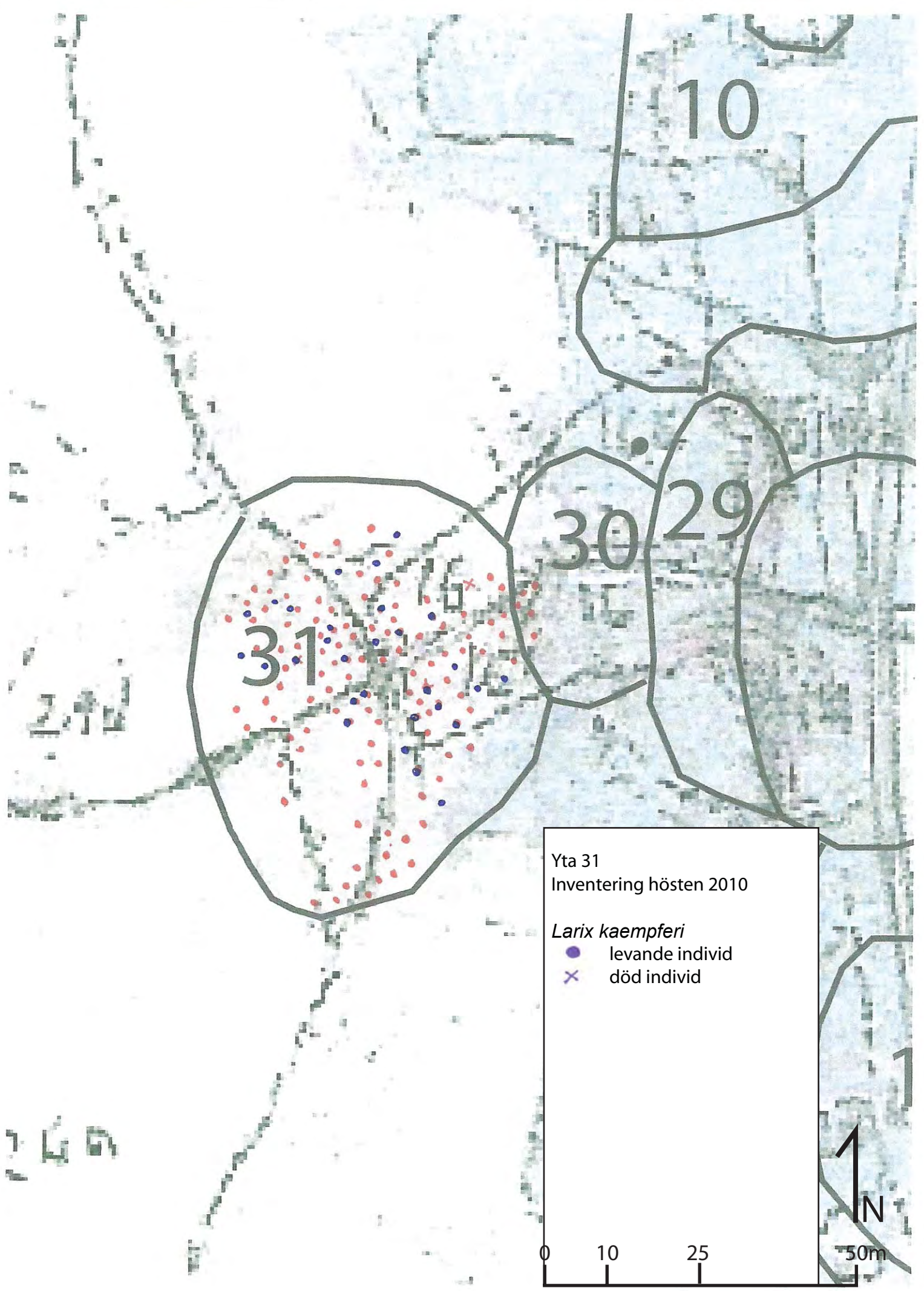


Yta 30
Inventering hösten 2009

- Picea sitchensis*
- levande individ
 - × död individ







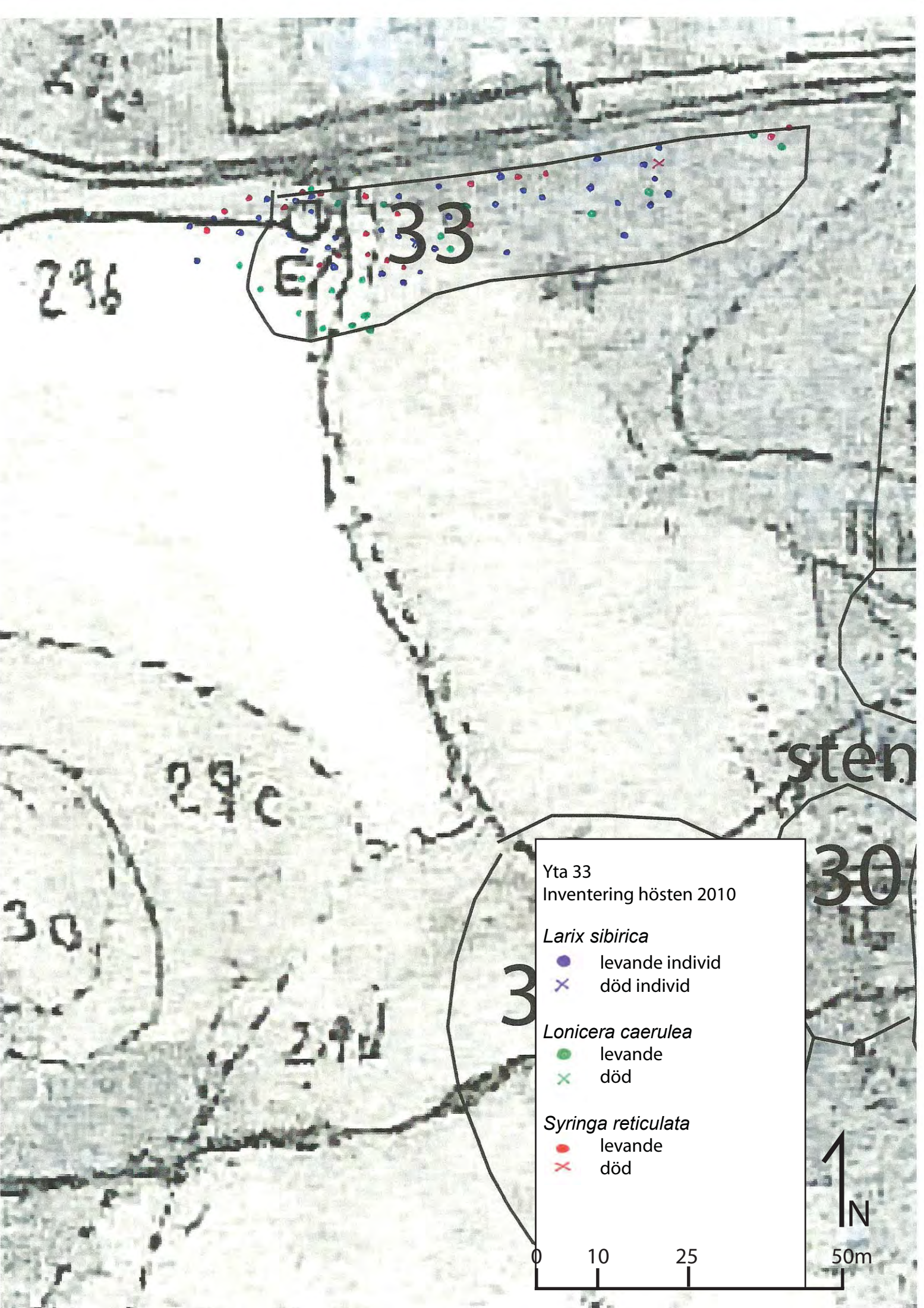
Yta 31
Inventering hösten 2010

- Larix kaempferi*
- levande individ
 - × död individ

0 10 25 50m

↑
N





34

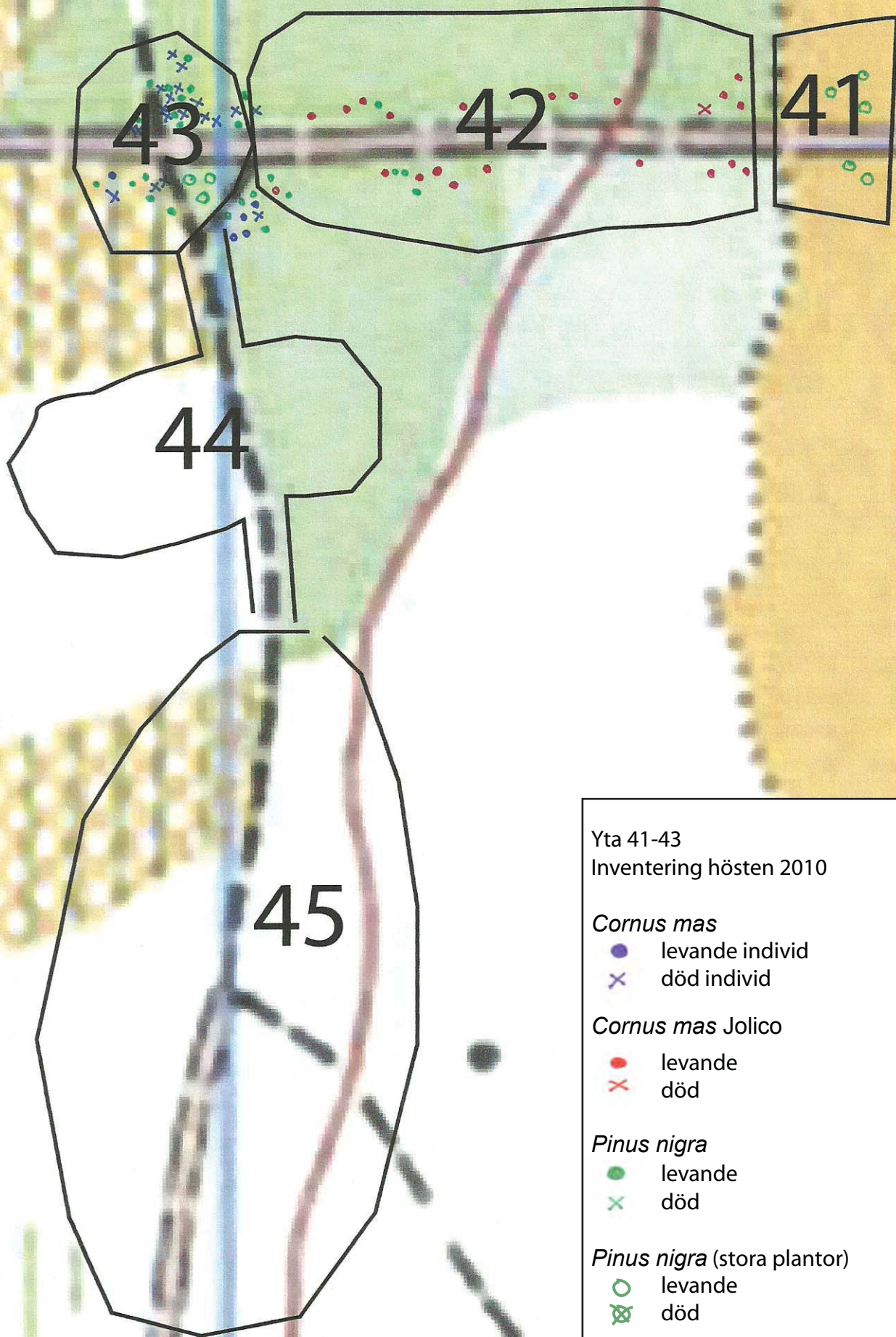
Yta 34
Inventering hösten 2010

Betula utilis v *jacquemontii*

- levande individ
- × död individ



0 10 25 50m



Yta 41-43
 Inventering hösten 2010

Cornus mas
 ● levande individ
 × död individ

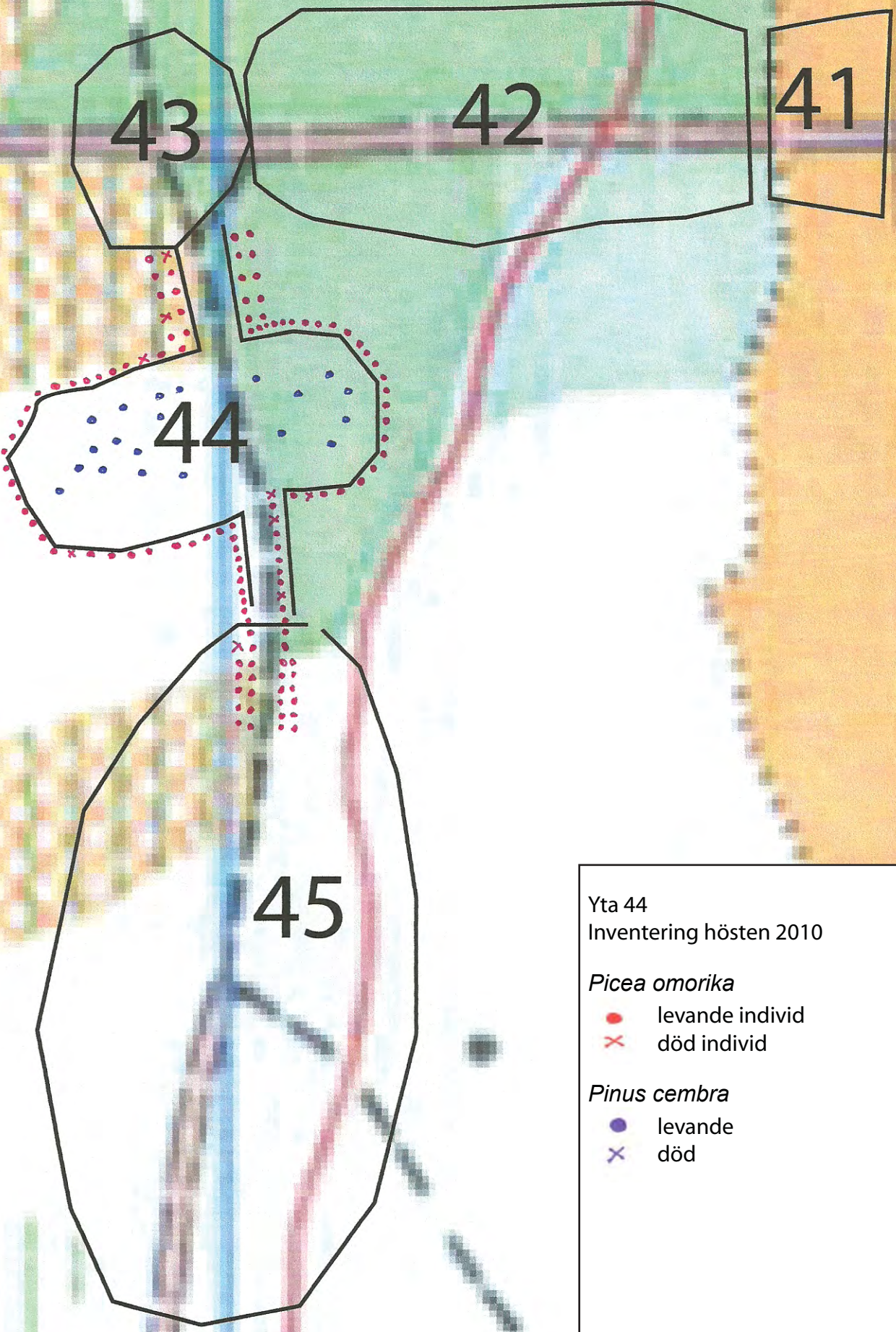
Cornus mas Jolico
 ● levande
 × död

Pinus nigra
 ● levande
 × död

Pinus nigra (stora plantor)
 ○ levande
 ⊗ död

0 10 25 50m

↑ N



Yta 44
 Inventering hösten 2010

Picea omorika

- levande individ
- × död individ

Pinus cembra

- levande
- × död

0 10 25 50m

↑ N

43

42

41

44

45

Yta 45
Inventering hösten 2010

Pinus peuce

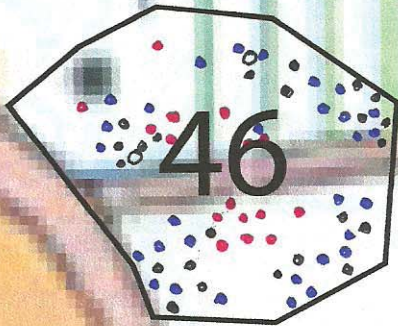
- levande individ
- × död individ

Quercus macranthera

- levande
- × död

0 10 25 50m





Yta 46

Inventering hösten 2010

Buxus sempervirens Rotundifolia

- levande individ
- × död individ

Buxus sempervirens Vrams

- levande
- × död

Staphylea colchica

- levande
- × död



Yta 47
Inventering hösten 2010

Corylus colurna

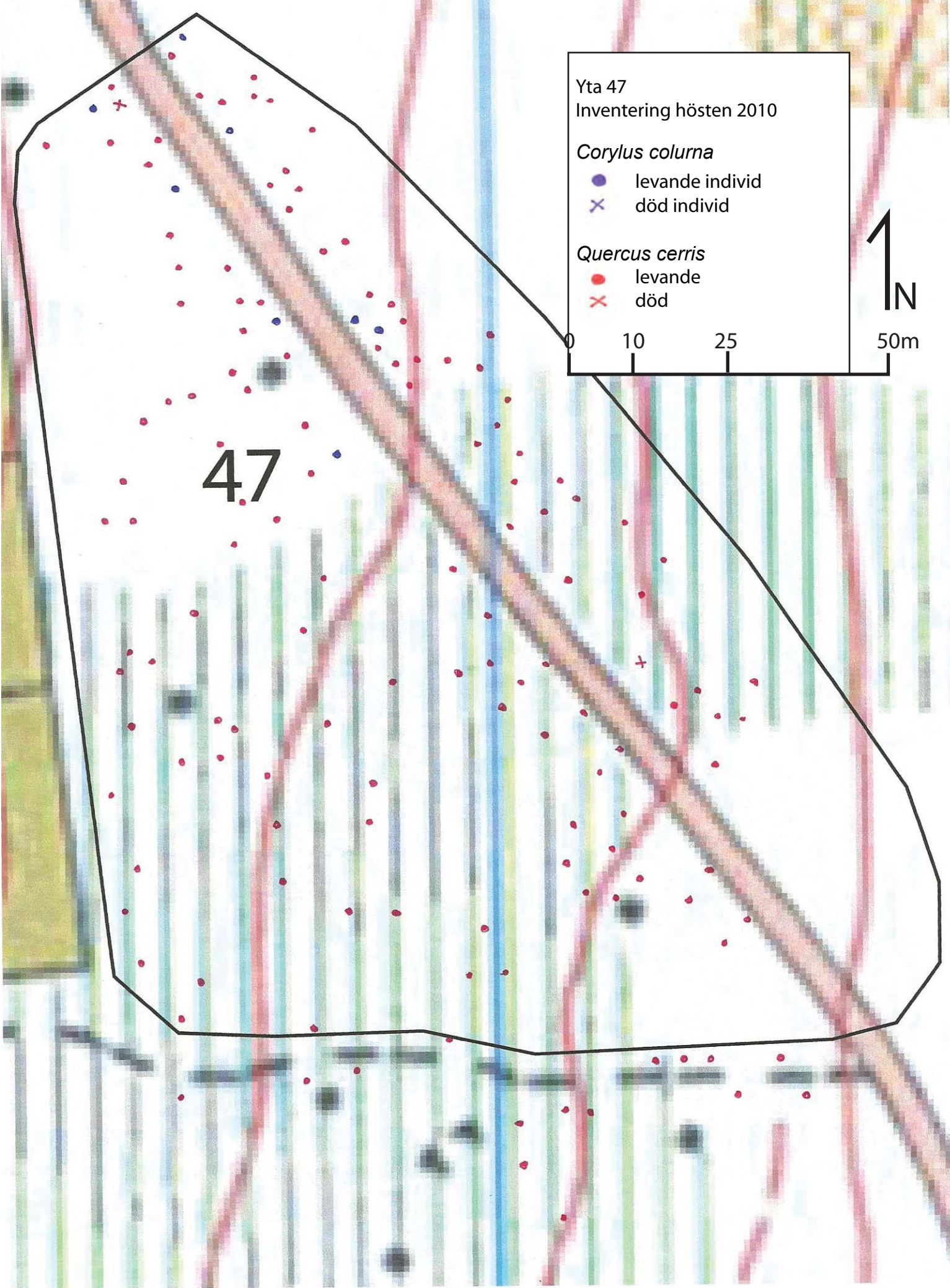
- levande individ
- ✕ död individ

Quercus cerris

- levande
- ✕ död



47



48 (4 grupper)

Taxus

49

50

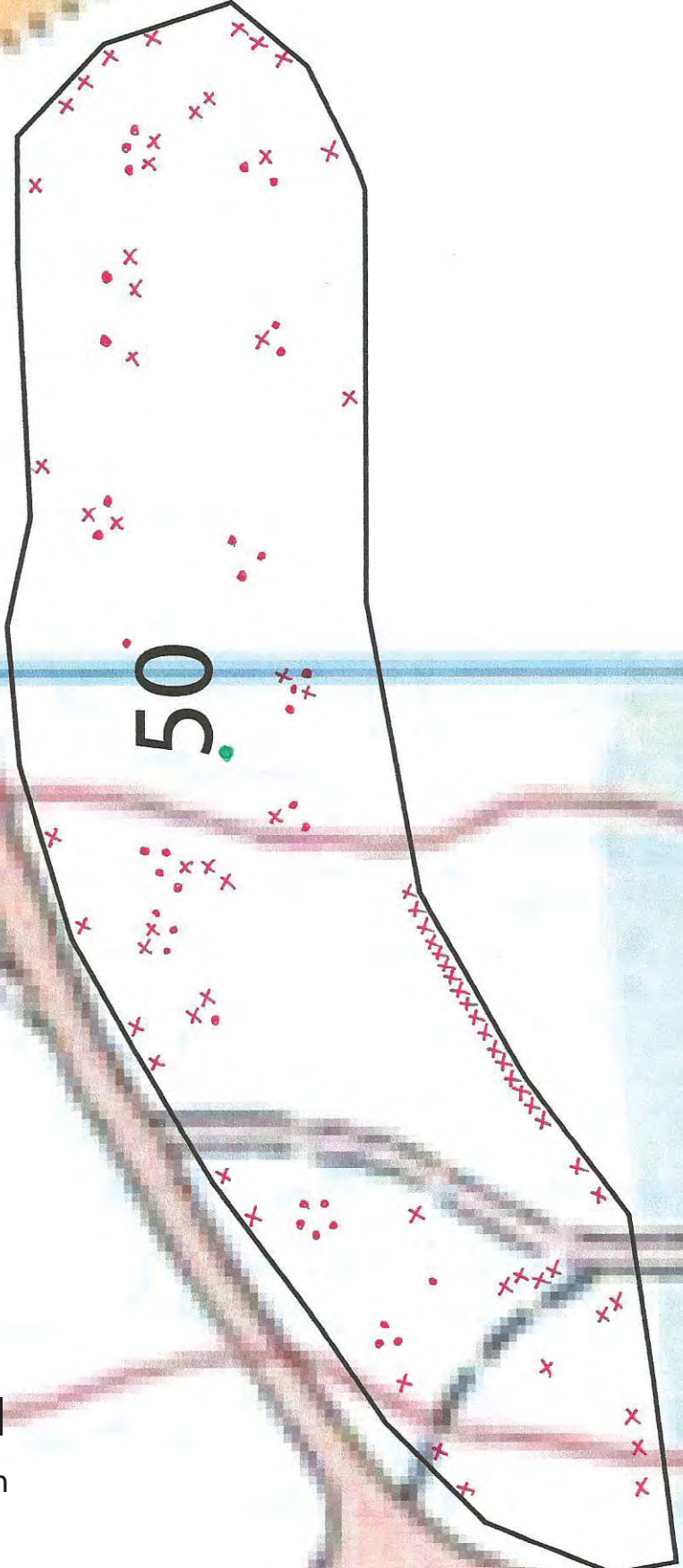
Yta 48
Inventering hösten 2010

- Taxus baccata*
- levande individ
 - ✕ död individ



grupper

49



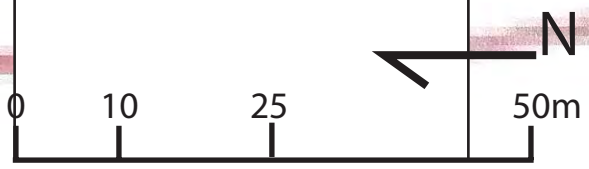
Yta 50
Inventering hösten 2010

Fagus sylvatica Pendula

- levande individ
- × död individ

Taxus baccata

- levande
- × död





Yta 51
Inventering hösten 2010

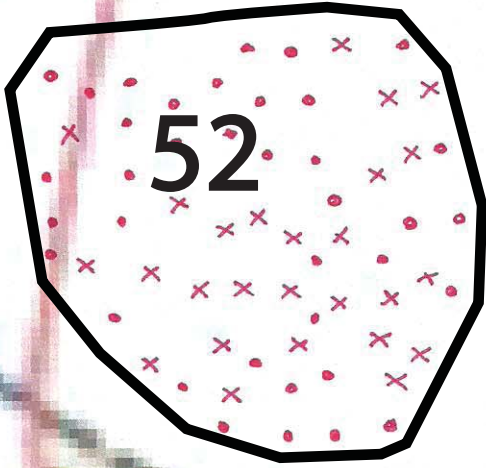
Fagus sylvatica Pendula

- levande individ
- × död individ

Taxus baccata

- levande
- × död





Yta 52
Inventering hösten 2010

Taxus baccata

- levande individ
- × död individ

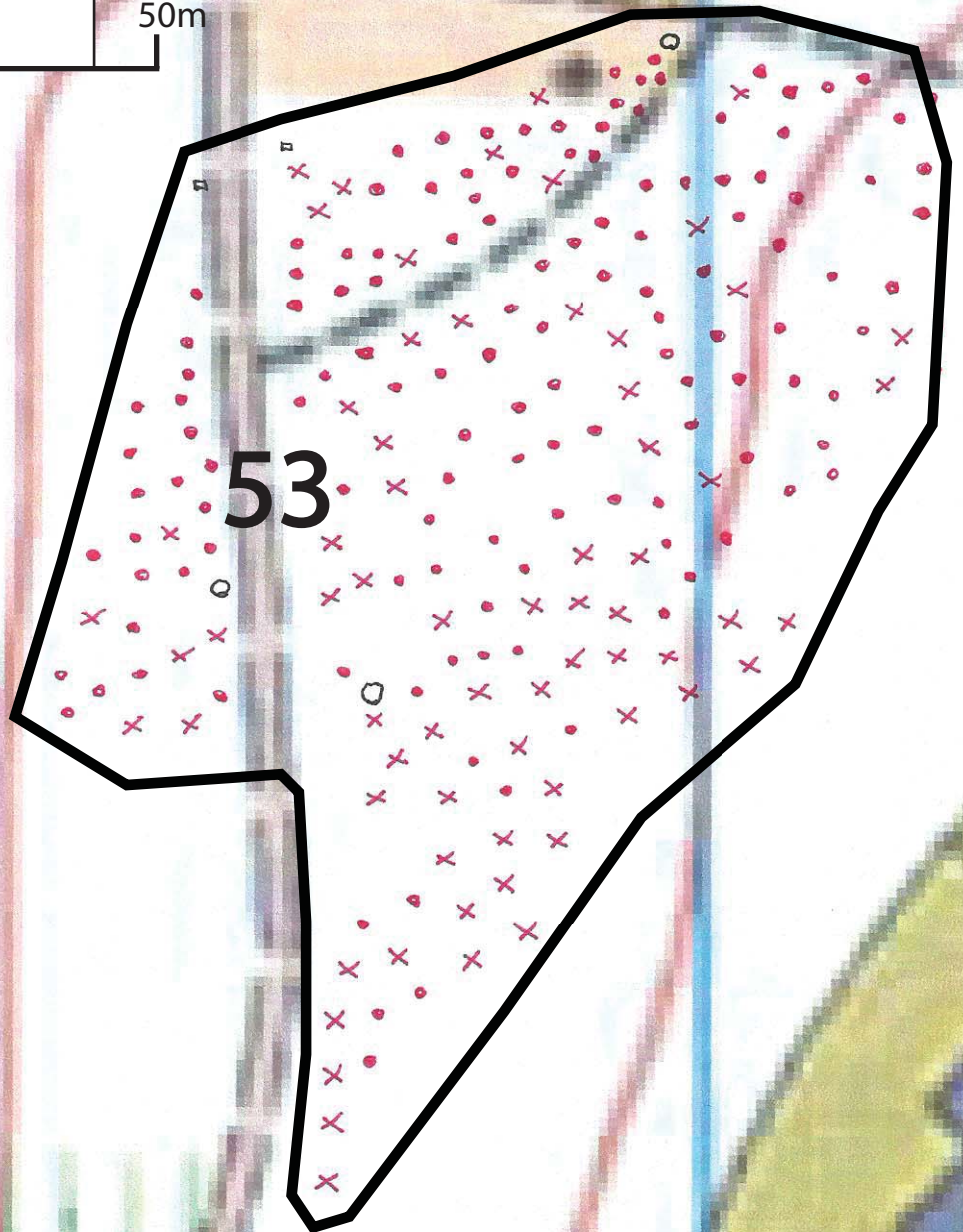
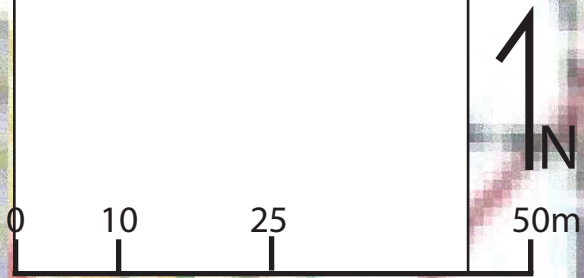
0 10 25 50m

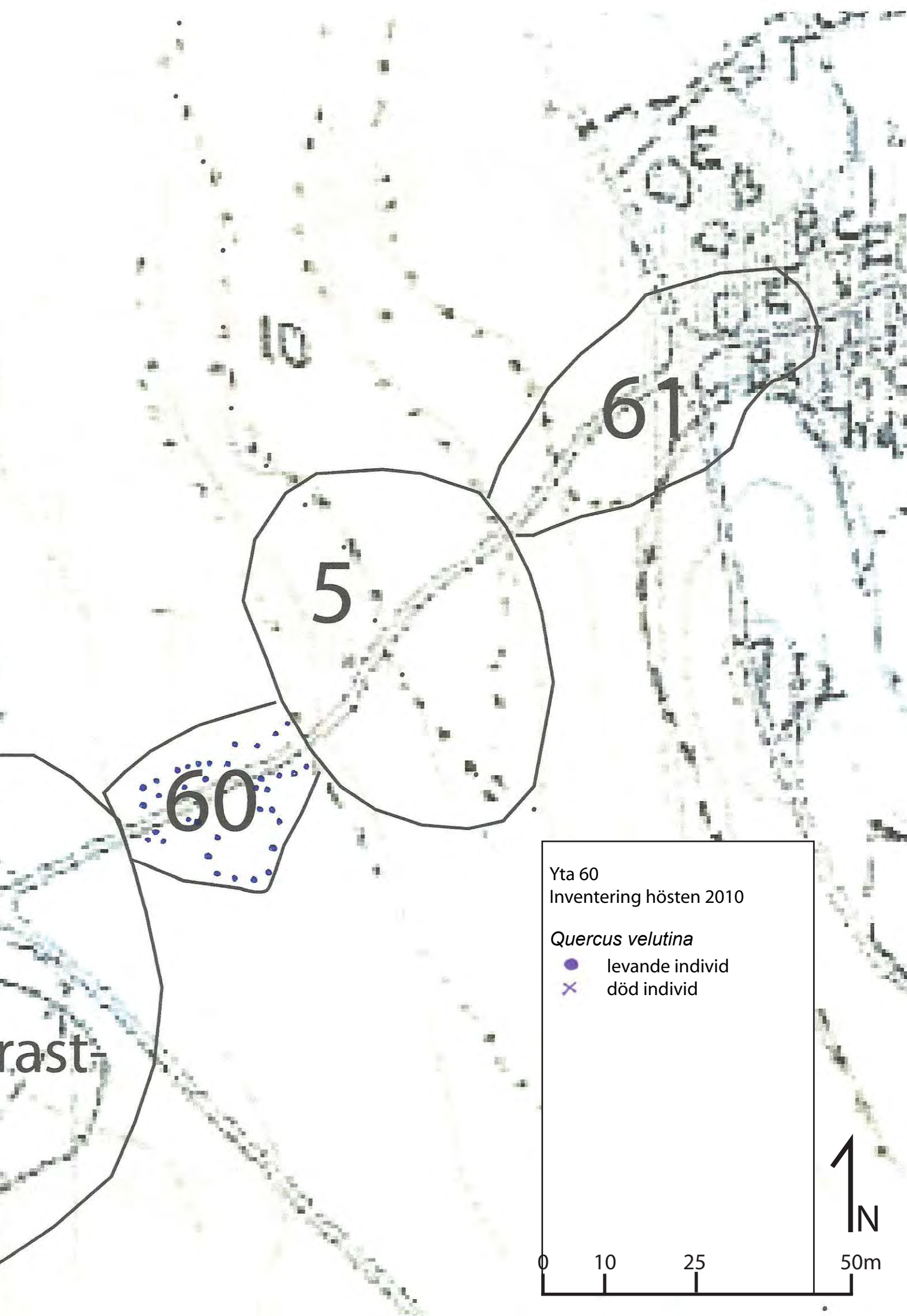


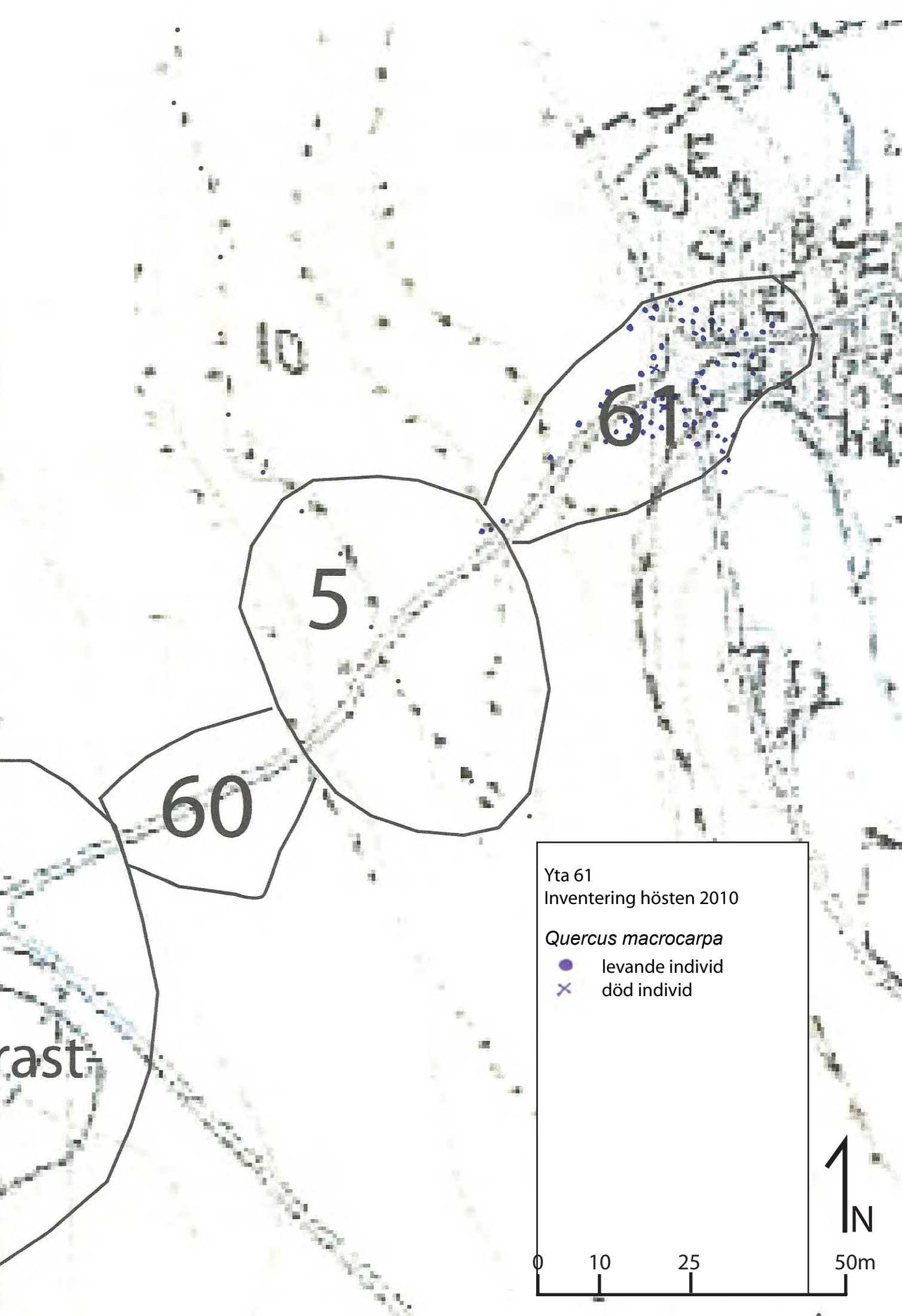
Yta 53
Inventering hösten 2010

Taxus baccata

- levande individ
- ✕ död individ



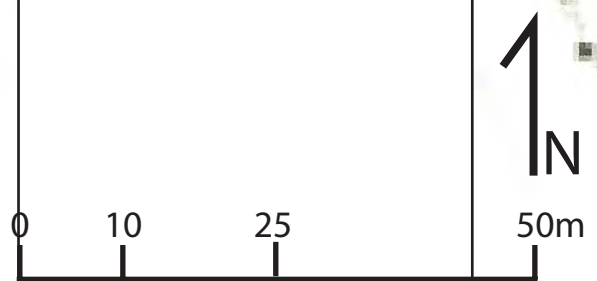


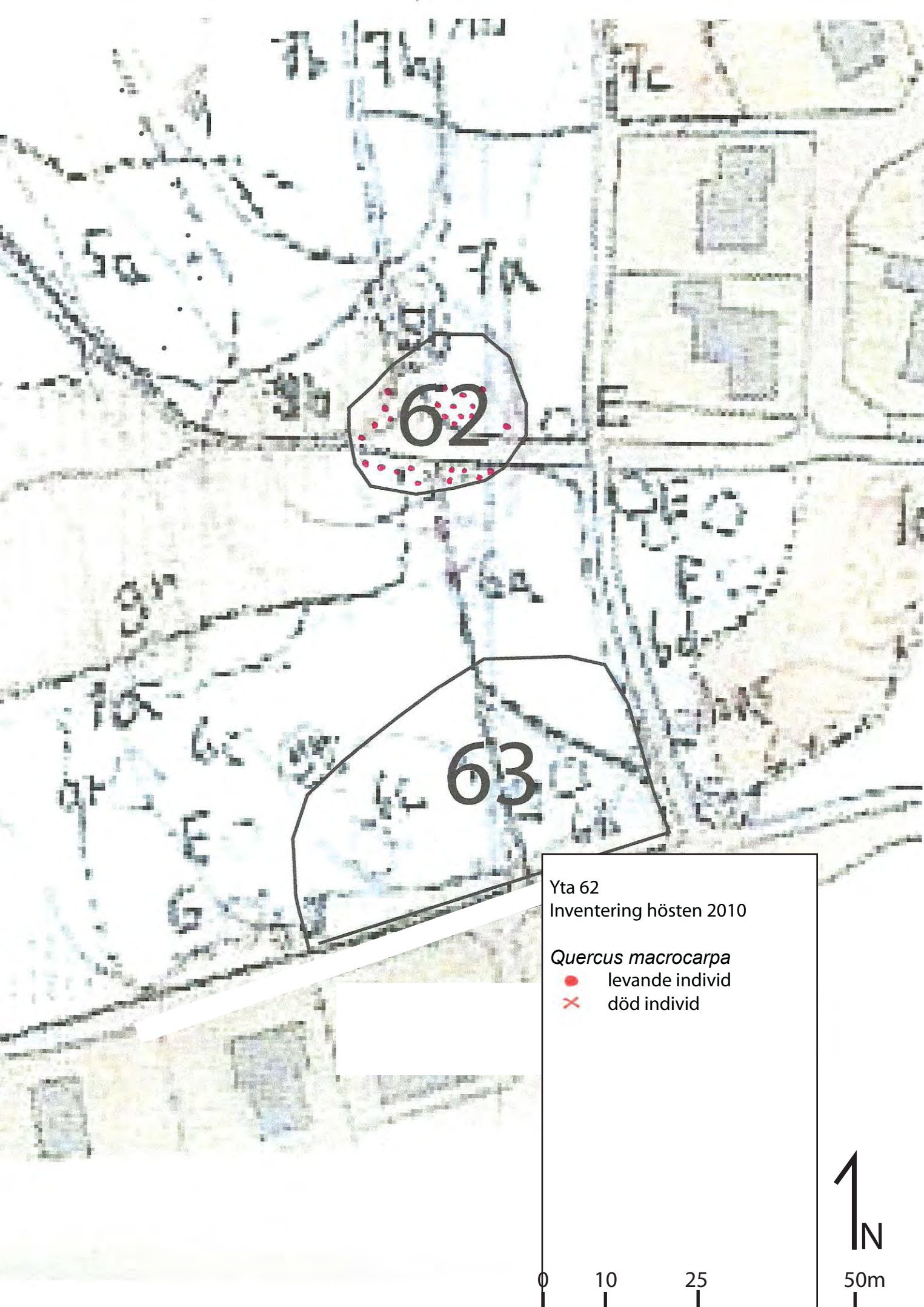


Yta 61
Inventering hösten 2010

Quercus macrocarpa

- levande individ
- × död individ





62

63

Yta 62
Inventering hösten 2010

Quercus macrocarpa
● levande individ
× död individ

0 10 25 50m

↑
N



62

63

Yta 63
Inventering hösten 2010

- Betula papyrifera*
- levande individ
 - × död individ

