

Resultat efter sju års tillväxt i tio fältförsök med hybridasp och poppel

– SLUTRAPPORT 2017 FÖR ENERGIMYNDIGHETENS PROJEKT 41902-1



FOTO:LARS-GÖRAN STENER/SKOGFORSK

Summary

Results after seven years of growth in ten Swedish field trials with hybrid aspen and poplar – Final report 2017 to the Swedish Energy Agency, Project 41902-1

This study presents the results of ten field trials with hybrid aspen and poplar after seven years of growth. The trials were evenly distributed over forest and agricultural land throughout Sweden, between latitudes 56° and 65°N. The main aim of the study was to produce data for selection of clones for cultivation of hybrid aspen and poplar in Sweden. This was done by evaluating phenological and genotypical differences in survival, growth and stem quality for hybrid aspen and poplar, and for material groups and clones within each species.

Survival was generally lower for poplar in all field trials, and in two of the southern and two of the northern trials, survival for poplar was close to zero. The low survival rate can mainly be explained by poor adaptation to the climate, but a low pH in the soil may also have had a negative impact. Growth was only high in two southern trials, and moderate in the others. Growth may also have been impacted by soil pH, but it is more likely that the climate (frost damage) was the most significant factor.

It is noteworthy that survival in the northernmost trial was acceptable for the hybrid aspen clones selected for cultivation in southern Sweden, and in terms of growth there was little difference between the southern clones and more northerly clones. This indicates that hybrid aspen is relatively insensitive to transfer long distances northwards, on condition that the site is favourable (local climate, fertility, pH). If site conditions are good, the results, at least after seven years of growth in the field, suggest that hybrid aspen and poplar have approximately the same growth capacity.

For hybrid aspen, genetic control for survival was weak, while for poplars, genetic control for survival was intermediate to strong. This is probably because poplar is poorly adapted to the Nordic climate. For both species, growth generally showed intermediate to strong genetic control. Overall, the genetic analysis showed that there is good potential for efficient selection of clones with good growth and stem quality.

The genetic correlations for growth between the hybrid aspen trials in southern Sweden and between those in northern Sweden were strong. This, in combination with small transfer effects in a south-north direction, indicates that the whole of southern Sweden (up to approximately 60°N) and northern Sweden (coastal areas between 60° and 65°N) can be considered two different cultivation areas for hybrid aspen, on condition that climatically harsh sites are avoided. For poplar the results are less clear but, for the time being poplar is used in southern Sweden in the same areas as hybrid aspen, though with greater emphasis on climatically favourable sites. For recommendations in northern Sweden, more field trials are needed with better-adapted clones.

The results confirm an earlier selection of 18 hybrid aspen clones and three poplar clones for cultivation in southern Sweden. For northern Sweden, a preliminary selection of 18 hybrid aspen clones has been made, but none of the tested poplar clones can currently be recommended for cultivation in northern Sweden.



Förord

Hybridaspens och poppelns höga produktionspotential gör dem till intressanta odlingsalternativ i Sverige. De kloner som rekommenderas idag är dock få och enbart avsedda för odling i södra Sverige. Inför en förväntad ökning av odlingsarealen med hybridasp och poppel i hela Sverige finns därför ett stort behov av att få fram fler genetiskt bra kloner. Mot denna bakgrund etablerades tio klontester från latitud 56° - 65° med totalt 219 kloner år 2010. Studien behandlar överlevnad, tillväxt och stamkvalitet efter sju års tillväxt. Resultaten används för urval av kloner för odling i Sverige. Studien har finansierats via medel från Energimyndigheten och Skogforsk.

Svalöv, november 2018

Lars-Göran Stener och Johan Westin

Innehåll

Summary.....	2
Förord	3
Sammanfattning	5
Bakgrund och syfte	6
Material och metod.....	7
Material.....	7
Metod	11
Genetisk analys	11
Fenotypisk analys.....	11
Resultat	12
Fenotypisk analys - Överlevnad, tillväxt och stamkvalitet	12
Genetisk analys - Överlevnad, tillväxt och stamkvalitet	18
Genotypskattningar	22
Diskussion	24
Fenotypisk analys	24
Överlevnad	24
Tillväxt.....	25
Materialgrupper, klinal trend	26
Genetiskt inflytande.....	27
Genetiska korrelationer	27
Klonurval.....	28
Slutsats	31
Referenser.....	32
Bilaga 1.....	34
Bilaga 2	36
Bilaga 3	37
Bilaga 4	38

Sammanfattning

Plantering och odling av hybridasp och andra poppelarter är aktuella alternativ till traditionella trädslag för att öka produktionen av förnyelsebara råvaror för energiändamål. Det odlingsmaterial som finns tillgängligt idag av hybridasp och poppel är genetiskt sett mycket begränsat. Det är därför nödvändigt att testa och utvärdera fler kloner för att möjliggöra urval till praktisk användning.

I den här rapporten sammanfattas resultat från tio fältförsök med hybridasp och poppel efter sju års tillväxt. Försöken var jämt fördelade på skogs- respektive jordbruksmark över större delen av Sverige, från latitud 56° till 65°. Vi har tagit fram ett underlag för urval av kloner till odling av hybridasp- och poppel i Sverige genom att utvärdera genotypiska skillnader i överlevnad, tillväxt och stamkvalitet för både hybridasp och poppel. Dessutom jämfördes arterna och olika materialgrupper inom respektive art, med avseende på samma egenskaper.

Överlevnaden var generellt sett bättre för hybridasp än för poppel. I två av de sydliga och två av de nordliga försöken var överlevnaden för poppel nära noll. Den låga överlevnaden för poppeln kan huvudsakligen förklaras av en dålig klimatanpassning men även lågt pH-värde i marken kan ha varit en bidragande orsak.

Tillväxten för både hybridasp och poppel var hög i endast två sydliga försök medan den var medelmåttig i de övriga. För att nå en hög produktion krävs goda ståndorter i klimatiskt gynnsamma lägen. I viss mån kan låga pH-värden ha påverkat tillväxten, men troligen har klimatet och framför allt frostsador, varit den mest betydelsefulla faktorn. Vid poppelodling bör marken ha ett pH högre än 5.

Det är anmärkningsvärt att hybridaspkloner, valda för odling i södra Sverige, även hade en acceptabel överlevnad och liknande tillväxt som mer nordliga kloner i det nordligaste försöket. Detta tyder på att hybridasp är relativt okänslig för förflyttning långt norrut, under förutsättning att växtplatsen är gynnsam (lokalklimat, bördighet, pH). Om ståndortsförhållandena är bra pekar resultaten, åtminstone efter sju års tillväxt i fält, på att hybridasp och poppel har ungefär samma tillväxtkapacitet.

Överlevnaden var generellt sett svagt genetiskt styrd för hybridasp medan den för poppel genomgående var intermediärt till starkt styrd. Det beror antagligen på att poppel är dåligt anpassad till det nordiska klimatet. Tillväxten visade generellt på en intermediär till stark genetisk kontroll för båda trädslagen. Sammantaget visade den genetiska analysen att det finns goda förutsättningar för ett effektivt, tidigt urval av kloner med bra tillväxt och i viss mån även för överlevnad. Ett definitivt urval bör dock inte göras förrän man har kunskap om klonernas resistens mot kräfte och bladrost.

De genetiska korrelationerna för tillväxt mellan hybridaspförsöken i södra respektive norra Sverige var starka. Detta i kombination med små förflyttningseffekter i syd-nordlig riktning indikerar att hela södra Sverige (upp till ca latitud 60°) respektive norra Sverige (kustnära områden för latitud 60° - 65°) kan behandlas som två olika odlingsområden för hybridasp, under förutsättning att klimatiskt kärva lokaler undviks. För poppel är resultaten inte lika tydliga och behöver följas upp under en längre tidsperiod än hybridasp inför ett urval av odlingsvärda kloner. Tills vidare används i södra Sverige samma odlingsområde som för hybridasp men med större vikt på klimatiskt gynnsamma lokaler. För rekommendationer av poppel i norra Sverige behövs fler fältförsök med bättre anpassade kloner.

Resultaten bekräftar tidigare urval av 18 hybridaspkloner och tre poppelkloner som valts ut för användning i södra Sverige. För norra Sverige har ett preliminärt urval av 18 hybridaspkloner gjorts men för poppel kan ingen av de testade klonerna idag rekommenderas för odling.

Bakgrund och syfte

Enligt Nordiska Ministerrådet (2009) förväntas efterfrågan på förnyelsebara och uthålligt brukade resurser öka i framtiden. Samtidigt skapar den förväntade framtida klimatförändringen en stor osäkerhet kring skogens produktionsförhållanden och framtida utnyttjande. Att använda flera trädslag i skogsbruket och speciellt arter med kortare omloppstid kan vara en lämplig strategi för att sprida de ekonomiska riskerna inför en okänd framtid.

Mot denna bakgrund är hybridasp (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) och andra poppelarter (*Populus* sp.) intressanta alternativ på bördiga marker. Tidigare studier (Rytter & Stener 2014; Stener 2010) har visat att en medelproduktion på ca 25 m³sk per hektar och år under ca 25 års omloppstid är realistisk för hybridasp och poppel på bördiga marker i södra Sverige förutsatt att selekterade kloner används. Det motsvarar en total biomassaproduktion (inkl. grenar) på ca tio ton torrsvikt per hektar och år. Liknande produktionsnivåer har rapporterats i Danmark, men då redan efter 13 års tillväxt (Nielsen m.fl. 2014).

Hybridasp och andra poppelarter är således högst relevanta alternativ för att öka tillgången på förnyelsebara råvaror för energiändamål. En markägares ekonomiska intresse av alternativa odlingar ökar med stigande förväntningar om en realistisk avkastning och tillgång till ett högvärdigt odlingsmaterial. Det odlingsmaterial som finns tillgängligt i Sverige idag är genetiskt sett mycket begränsat. Totalt används ca tio hybridaspkloner och fem poppelkloner i södra Sverige. I norra Sverige saknas testat material helt. Inför en förväntad ökning av den odlade arealen med hybridasp och poppel är det nödvändigt att testa och utvärdera fler kloner för praktisk användning.

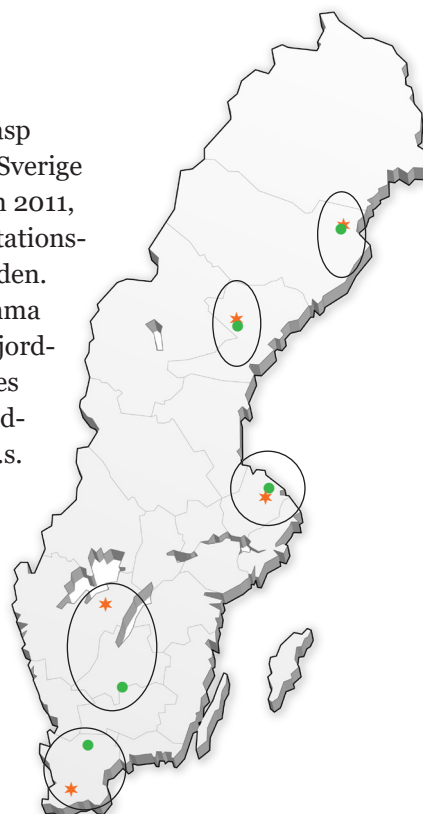
Förutom hybridasp är det i första hand poppelarterna *P. trichocarpa* och hybriden mellan *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* som är de mest intressanta för odling i Sverige. De växer naturligt i Nordamerika och sydost Asien d.v.s. de är anpassade till ett klimat och en fotoperiod som skiljer sig från förhållandena i Sverige. Det är därför väsentligt att testa och utvärdera produktionen för olika popplar under svenska miljöförhållanden innan de används i praktiska odlingar. Stora klonskillnader avseende bl.a. tillväxt, stamkvalitet och skador i kombination med samspel mellan klon och miljö, understryker betydelsen av att anlägga fältförsök i olika miljöer (Stener & Karlsson 2004).

Huvudsyftet med studien var att ta fram ett underlag för urval av kloner till odling av hybridasp och poppel i Sverige genom att efter sju år utvärdera överlevnad och tillväxt i tio fältförsök från Skåne i söder till Västerbotten i norr. I underlaget ingår jämförelse av tillväxt och överlevnad för de olika arterna, olika materialgrupper samt olika hybridasp- och poppelkloner. Ett delsyfte är att skatta a) genetiska parametrar, b) genotypvärden för samtliga testade kloner och c) genetiska korrelationer mellan och inom försök för de olika mätegenskaperna.

Material och metoder

MATERIAL

Totalt tio fältförsök med kloner av poppel och hybridasp anlades under en två-årsperiod på sex lokaler i södra Sverige (våren 2010) och på fyra lokaler i norra Sverige (våren 2011, se Tabell 1). Lokalerna representerar, baserat på vegetationsperiod och latitud (fotoperiod), fem olika klimatområden. Inom varje klimatområde anlades två försök med samma testmaterial varav ett försök på skogsmark och ett på jordbruksmark (Figur 1). Till försöken på skogsmark valdes bördiga, icke frostlänta lokaler och till försöken på jordbruksmark valdes normala, avställda åkermarker, d.v.s. inte den allra bördigaste typen av åkermark. Fortsättningsvis kommer ”de södra försöken” avse de sex sydligaste och ”de norra försöken” de 4 nordligaste försöken (Tabell 1).



Figur 1. Försökens geografiska placering. Parallelförsöken, d.v.s. försök med samma klonmaterial med ungefär samma klimatiska förhållanden, är inringade. Stjärnsymbolen representerar försök på jordbruksmark och den fyllda punkten representerar försök på skogsmark.

Tabell 1. Beskrivning av försöken som sorterats från söder till norr. Försöksnumret utgörs av a) ett löpnummer (1–5) där försök med samma siffra är parallella, d.v.s. de innehåller exakt samma kloner, b) marktyp där F = skogsmark och A = jordbruksmark samt latitud (avrundad) för försökets lokalisering. TS = temperatursumma baserad på dygnstemperatur >5°C (Perttu & Moren 1995) och pH avser markens försurningsgrad.

Frsk	Namn	Marktyp	Plant. år	Lat	Long	Alt m	TS	pH
				Dec. degr.			Dygnsg.	
1A_56	Sturup	Jordbruksm	2010	55,56	13,38	120	1466	5,9
1F_56	Matteröd	Skogsm	2010	56,11	13,62	114	1438	4,2
2A_58	Remningstorp	Jordbruksm	2010	58,26	13,37	133	1291	5,1
2F_57	Toftaholm	Skogsm	2010	56,99	14,05	162	1344	4,8
3A_60	Harg	Jordbruksm	2010	60,09	18,25	20	1276	7,9
3F_60	Karön	Skogsm	2010	60,29	18,36	25	1267	7,8
4A_63	Ed	Jordbruksm	2011	63,25	17,23	75	1039	5,2
4F_63	"Pommac"	Skogsm	2011	63,11	17,27	265	888	4,9
5A_65	Degerbyn	Jordbruksm	2011	64,78	20,81	20	993	4,9
5F_65	Degerbyn	Skogsm	2011	64,78	20,81	20	992	4,4

Klonerna delades in i 15 materialgrupper utifrån art och tidigare ursprung (Tabell 2). För hybridasp fördelades 106 kloner på 7 materialgrupper och för poppel fördelades 113 kloner på 8 materialgrupper. I alla försök testades 14 hybridasp- och 16 poppelkloner som tidigare valts för odling i södra Sverige samt 23 finska och 12 nya lovande hybridaspkloner (Tabell 3). Dessutom testades, beroende på klimatområde, ytterligare hybridaspkloner som erhållits från förädlingskollegor i Tyskland (12) och Lettland (22) samt poppelkloner från Belgien (46), Italien (4), Island (7), Norge (4) och svenska kloner som valts för centrala/norra Sverige (36).

Tabell 2. Beskrivning av ingående testmaterial. STT = Swedish Tree Technology i Umeå.

Trädslag	Grupp	Användningsområde	Beskrivning	Antal kloner
Hybridasp	Sv_S_Kom	Södra Sverige	Kloner som används vid praktisk (kommersiell) odling i södra Sverige. Genotypiskt utvalda	14
Hybridasp	Sv_S_Ny	Södra Sverige	Nya kandidatkloner. Genotypiskt utvalda	12
Hybridasp	Sv_Let	Södra Sverige	Material som förökats i Lettland. Utgörs av två kloner från "Sv_S_Kom" och en från "Sv_S_Ny"	3
Hybridasp	Sv_N	Norra Sverige	Fenotypiskt utvalda kloner	23
Hybridasp	Finl	Södra Finland	Fenotypiskt utvalda kloner	23
Hybridasp	Let	Lettland	Fenotypiskt utvalda kloner	19
Hybridasp	Tysk	Norra Tyskland	Fenotypiskt utvalda kloner	12
Poppel	Sv_S_Kom	Södra Sverige	Kloner som används vid praktisk (kommersiell) odling i södra Sverige (<i>P. trichocarpa</i> , <i>P. maximowicz ii</i> x <i>P. trichocarpa</i>), inkluderar OP42). Genotypiskt utvalda	16
Poppel	Sv_N	Norra Sverige	Fenotypiskt utvalda kloner (<i>P. trichocarpa</i>)	22
Poppel	Sv_STT_C	Mellersta Sverige	Fenotypiskt utvalda kloner av STT (<i>P. trichocarpa</i>)	5
Poppel	Sv_STT_N	Norra Sverige	Fenotypiskt utvalda kloner av STT (<i>P. trichocarpa</i>)	9
Poppel	Isl	Island	Fenotypiskt utvalda kloner (<i>P. trichocarpa</i>)	7
Poppel	Belg	Belgien	Fenotypiskt utvalda kloner (<i>P. deltoides</i> x <i>P. trichocarpa</i>) och tre kloner som används i odlingar i Europa (Grimminge, Koster and Muur)	46
Poppel	Ital	Italien	Italienska kloner som används i praktisk odling i Europa (AF2, AF8, AF13, Monviso, AF 18, AF 24, AF 28)	4
Poppel	Norg	Norge	Fenotypiskt utvalda kloner (<i>P. trichocarpa</i>)	4
Totalt				226

Tabell 3a och 3b. Klonernas fördelning på olika materialgrupper för olika försök och trädslag.

Tabell 3a. Hybridasp

	Materialgrupper, Hybridasp						
	Sv_S_Kom	Sv_S_Ny	Sv_Let	Sv_N	Finl	Let	Tysk
1A_56	14	12	3		23	19	12
1A_56	14	12	3		23	19	12
2A_58	14	12	3		23	19	11
2F_57	14	12	3		23	19	11
3A_60	14	12	3		23	19	
3F_60	14	12	3		23	19	
4A_63	14	11		23	23		
4F_63	14	11		22	23		
5A_65	14	11		23	23		
5F_65	14	11		21	23		

Tabell 3b. Poppel

	Materialgrupper, Poppel							
	Sv_S_Kom	Sv_N	Sv_STT_C	Sv_STT_N	Isl	Belg	Ital	Norg
1A_56	16					46	4	
1A_56	16					46	4	
2A_58	16		5	6			4	
2F_57	16		5	6			4	
3A_60	16		5	6				
3F_60	16		5	6				
4A_63	4	13			5			3
4F_63	4	11			4			3
5A_65	15	22		3	7			4
5F_65	16	21		2	7			4

I samtliga tio försök används en försöksdesign med randomiserade blockförsök med två "subplots" inom varje block, där den ena utgörs av poppel och den andra av hybridasp. Syftet med subplots var att undvika konkurrens mellan arterna orsakad av skillnader i produktionsförmåga. Varje försök utgörs av 6–9 block, utom i de två nordligaste försöken där poppeln endast planterades i 3 block per försök. Varje block i de sydliga försöken innehåller vanligen 1–2 plantor per klon. I de nordliga försöken varierade tillgången på utplanteringsbara plantor kraftigt för olika kloner, vilket medförde att 1–10 plantor per klon finns representerade i varje block för hybridasp och 1–4 plantor för poppel.

Ett planteringsförband på 3x3 m tillämpades i alla försök och samtliga försök hägnades med viltstängsel. För att skapa så gynnsamma och homogena planteringspunkter som möjligt användes inverterad markberedning via grävskopa på alla skogsmarksytor. Jordbruksmarkerna behandlades med Roundup en till två gånger innan plantering. De nordliga försöken drabbades av sorkskador under den första sommaren, och därför sattes sorkskydd (tre dm långa plastspiralskydd) på varje planta.

Alla plantor i försöken var ett-åriga vegetativt förökade täckrotsplantor. Förökningen av de svenska klonerna gjordes vid Skogforsks försöksstationer i Ekebo (55°57'N, 13°07'E, 80 m) för de sex sydliga försöken och i Sävar (63°53'N, 20°33'E, 10 m) för de fyra nordliga försöken. De finska, lettiska och tyska klonerna mikroförökades vid LUKE, Finland (60°17'N, 25°03'E), Silava, Lettland, (56°52'N, 24°21'E) respektive vid Thünen-Institut, Tyskland (52°17'N, 10°26'E). Samtliga plantor, utom de italienska, planterades under sensvåren 2010 (sydliga försöken) respektive 2011 (nordliga försöken). Förökningen av de italienska poppelklonerna i Ekebo blev försenad. Det medförde att de planterades ca en månad senare än de övriga klonerna och var i aktiv tillväxt vid planteringen till skillnad från det övriga materialet.

Inventering av överlevnad och mätningar på alla levande plantor har gjorts i samtliga försök. Först efter fyra års tillväxt och sedan efter sju års tillväxt i fält, dvs år 2013 och 2016 i söder respektive 2014 och 2017 i norr (Tabell 4). Egenskapen sprötkvist har utgått i den här redovisningen, eftersom dess heritabilitet (det genetiska inflytandet) genomgående var mycket lågt. Jordprover togs efter 3 års tillväxt i centrum av varje block i samtliga försök för mätning av pH (Karlton 1996).

Tabell 4. Beskrivning av mätta variabler där "X" avser försökets fältålder vid mätningen, t.ex. avser "H7" mätning av höjd vid 7 års fältålder.

Egenskap	Förkortning	Enhet	Beskrivning
Överlevnad	LevX	(0-1)	Överlevnad klassificerades som 0=död eller 1=levande
Höjd	HX	dm	Totalhöjd
Diameter	DX	mm	Diameter i brösthöjd
Rakhet	RakX	(1-9)	Rakheten bedömdes ovan b.r.h. upp till toppskottets början för träd med höjd > 30 dm i 9 klasser (1=mycket krokig ... 9=helt rak).
Grenighet	GreX	(1-9)	En helhetsbedömning av grenighet gjordes ovan b.r.h. upp till toppskottets början utifrån grenarnas antal grovlek och vinkel för träd med höjd > 30 dm i 9 klasser (1=många, grova och mycket spetsvinklade grenar ... 9=få, kläna och rätvinklade grenar).
Sprötkvist/klykor	SprtX	(0-1)	Allvarliga spröt och klykor klassificerades som 0=saknas eller 1=finns

I de två sydligaste försöken på skogsmark, 1F_56 och 2F_57, var antalet levande popplar lågt och tillväxten för de som levde var mycket svag. Av den anledningen mättes inte poppeln i dessa försök. Dessutom skattades tillväxten för hybrid Aspen i 2F_57 enbart via mätning av diametern. Det berodde på att försöksmarken var extremt ojämn och stenig. Detta i samband med riklig vegetation gjorde mätningen svår och risken för personskador bedömdes vara alltför stor.

METOD

Genetisk analys

Den genetiska statistiska analysen baserades på individuella trädobservationer enligt modellen

$$y_{ijk} = \mu + b_i + c_j + e_{ijk} \quad (1)$$

där y_{ijk} = observation k , i block i för klon j , μ = försöksmedelvärde, b_i = fix blockeffekt i , c_j = slumpmässig kloneffekt j enligt $NID(0, \sigma_c^2)$ och e_{ijk} = slumpmässig felterm för observation ijk , $NID(0, \sigma_e^2)$. Varianser skattades enligt REML (Restricted Maximum Likelihood) - metoden, med ASREML (Gilmour m.fl. 1999). För att undersöka materialgruppens betydelse för kloneffekten, gjordes analyser där den fixa effekten d_l = materialgrupp, tillfördes modellen (1).

Heritabiliteten (H^2) beräknades som $H^2 = \sigma_G^2 / (\sigma_G^2 + \sigma_E^2)$, där σ_G^2 = den genotypiska variansen för kloner och σ_E^2 = miljövariens. Den genetiska variationskoefficienten (CV_G) skattades som $CV_G = \sigma_G \cdot 100 / \bar{x}$, där \bar{x} är det fenotypiska medelvärdet.

Genotypiska korrelationer (r_G) mellan olika egenskaper i respektive försök skattades som $r_G = \sigma_{G1G2} / \sigma_{G1}\sigma_{G2}$, där σ_{G1G2} är den genotypiska kovariansen mellan de två egenskaperna och $\sigma_{G1}\sigma_{G2}$ är produkten mellan den genotypiska standardavvikelsen för respektive egenskap. Samband mellan genotyp och miljö (G x E) analyserades som genetiska korrelationer (r_{GE}) mellan parvisa försöksmätningar av samma egenskap på samma sätt som r_G .

Samtliga egenskaper med undantag för överlevnad var normalfördelade. Överlevnad transformerades till "normal score" - värden enligt Gianola och Norton (1981). Eftersom transformeringen endast fick marginella effekter på resultatet, behölls genomgående de ursprungliga, otransformerade värdena.

Klonvisa genotypvärden skattades egenskapsvis med BLUP (Best Linear Unbiased Predictions) - metodik (Proc Mixed, SAS Institute Inc. 2011). De redovisade genotypvärdena är s.k. prediktorer och anger klonernas förväntade genetiska värde när de används vid vegetativ förökning. Genotypvärden för höjd, diameter, rakhet och grenighet redovisas som relativt (%) i förhållande till medelvärdet för samtliga värderade kloner i respektive försök. Ett genomsnittligt genotypvärde motsvaras således av värdet 100 och det relativa värdet 110 anger exempelvis att klonen ifråga har 10 % bättre höjd än genomsnittet. Överlevnad anges i % och avser antalet överlevande träd i förhållande till antalet planterade. Ju högre genotypvärde (oavsett egenskap), desto bättre är klonen. Genotypvärden för de bäst växande klonerna presenteras försöksvis för varje egenskap i bilaga 1–4. För diameter (D7) finns även ett över försöken sammanvägt genotypvärde som beräknats utifrån genetiska parametrar inom respektive försök. En mer detaljerad beskrivning av genetiska beräkningar återges i Stener och Westin (2017).

Fenotypisk analys

För jämförelse av materialgrupper respektive trädslag (hybridasp och poppel) genomfördes statistiska analyser via Proc GLM (SAS Institute Inc. 2011), baserat på medelvärden för varje yta (subplot) enligt följande modell:

$$y_{ij} = \mu + b_i + p_j + e_{ij}, \quad (2)$$

där y_{ij} = observation ij , μ = medelvärde, b_i = fix blockeffekt i , p_j = grupp eller trädslag j , e_{ij} = slumpmässig felterm för observation ij , $NID(0, \sigma_e^2)$. För signifikantest ($p < 0.05$) användes "Tukey studentized range test" (SAS Institute Inc. 2011).

Eventuella skillnader mellan försök på skogs- och jordbruksmark inom respektive klimat-område testades med individuella observationer enligt modellen:

$$y_{ijk} = \mu + s_i + b_j + e_{ijk}, \quad (3)$$

där y_{ijk} = observation ijk , μ = försöksmedelvärde, s_i = fix försökseffekt i , b_j = fix blockeffekt j , e_{ijk} = slumpmässig felterm för observation ijk , $NID(0, \sigma_e^2)$.

Resultat

FENOTYPISK ANALYS

– ÖVERLEVNAD, TILLVÄXT OCH STAMKVALITET

Överlevnaden vid sju års fältålder varierade mellan 60 – 93 % för hybridasp i de 6 sydliga försöken och mellan 0–80 % för poppel (Tabell 5). Motsvarande medelvärden för de 4 nordliga försöken var 48–80 % respektive 0–30 %. I två sydliga (1F_56 och 2F_57) respektive två nordliga (4A_63 och 4F_63) försök var det få popplar som levde och de som levde hade vuxit mycket dåligt (<20 dm efter sju år). Av den anledningen gjordes ingen fortsatt analys på poppel i dessa fyra försök.

Tabell 5. Medelvärden (LS-means) för överlevnad (%), tillväxt (höjd resp. diameter) och stamkvalitet (rakhet, grenighet) för hybridasp (Hasp) och poppel (Popp) för respektive försök. Den statistiska signifikansnivån mellan hybridasp och poppel framgår av "Pr>t" för varje egenskap och försök och de som är markerade med fetstil är signifikanta på minst 5 % nivån.

Frsk	Lev7 (%)				H7 (dm)				D7 (mm)			
	Hasp	Popp	Mv	Pr > t	Hasp	Popp	Mv	Pr > t	Hasp	Popp	Mv	Pr > t
1A_56	91	68	82	0,0028	91	89	90	0,5657	83	89	84	0,3093
1F_56	81	-	-	-	57	-	-	-	51	-	-	-
2A_58	93	51	80	0,0004	111	100	109	0,1692	96	104	98	0,4314
2F_57	75	-	-	-	-	-	-	-	47	-	-	-
3A_60	60	69	64	0,2553	54	46	53	0,2310	43	41	44	0,7623
3F_60	93	80	89	0,0049	47	37	44	0,0695	31	27	30	0,3490
4A_63	48	-	-	-	43	-	-	-	37	-	-	-
4F_63	68	-	-	-	34	-	-	-	26	-	-	-
5A_65	55	12	38	<0,0001	35	31	34	0,1583	25	22	24	0,4335
5F_65	88	30	60	<0,0001	54	20	48	<0,0001	45	12	39	<0,0001

Frsk	Rak7 (1-9)				Gre7 (1-9)			
	Hasp	Popp	Mv	Pr > t	Hasp	Popp	Mv	Pr > t
1A_56	7,7	7,4	7,6	0,1950	5,8	5,0	5,6	0,0283
1F_56	6,3	-	-	-	5,5	-	-	-
2A_58	6,6	5,6	6,4	0,0044	6,0	5,1	5,9	0,0031
2F_57	5,2	-	-	-	4,8	-	-	-
3A_60	5,7	5,0	5,5	0,0057	5,1	3,6	4,7	0,0002
3F_60	5,2	4,9	5,2	0,0793	5,4	3,9	5,0	0,0001
4A_63	5,0	-	-	-	5,0	-	-	-
4F_63	5,0	-	-	-	5,0	-	-	-
5A_65	5,0	5,0	5,0	0,5321	5,0	5,0	5,0	0,7679
5F_65	5,0	4,9	5,0	0,6870	5,0	5,4	5,0	<0,2006

Överlevnaden var signifikant bättre för hybridasp än poppel i samtliga försök med undantag för 3A_60. Resultatet baseras på en jämförelse av alla kloner från samtliga materialgrupper (Tabell 3). Samma resultat uppnås också vid en jämförelse med enbart de mest relevanta klonerna för respektive trädslag, d.v.s. grupperna Sv_S_Kom i de sydliga respektive Sv_N i de nordliga försöken.

Medeltillväxten varierade kraftigt mellan försöken (Tabell 5). Exempelvis var medelhöjden för hybridasp 47–111 dm i de sydliga och 35–54 dm i de nordliga och för poppel 37–100 dm (syd) respektive 20–31 dm (nord). Med undantag för enbart det allra nordligaste försöket (5F_65) fanns inga skillnader i tillväxt (höjd, diameter) mellan hybridasp och poppel i försöken, oavsett om alla eller de mest relevanta klonerna ingick i jämförelsen.

För att kontrollera tillväxtens utveckling över tiden sammanställdes den årliga tillväxten för olika perioder (Tabell 6). Det framgår att den årliga höjdtillväxten har ökat de sista tre åren i samtliga försök och för båda trädslagen.

Tabell 6. Genomsnittlig årlig höjdtillväxt (cm) efter 4 (Hx4) och 7 års (Hx7) tillväxtsånger i fält samt årlig höjdtillväxt mellan år sju och år fyra (Hx4_7) och dess procentuella ökning i förhållande till Hx4.

Frsk	Hybridasp				Poppel			
	Hx4	Hx7	(Hx4_7)		Hx4	Hx7	(Hx4_7)	
	cm	cm	cm	%	cm	cm	cm	%
1A_56	70	114	188	269	60	111	197	328
1F_56	56	72	98	175				
2F_57								
2A_58	102	139	200	196	89	125	186	209
3F_60	46	59	79	172	47	59	79	168
3A_60	54	68	90	167	54	58	65	120
4A_63	47	54	69	147				
4F_63	38	42	48	126				
5A_65	33	44	63	191	25	39	62	248
5F_65	51	68	95	186	24	26	28	117

Stamkvalitetsegenskaperna som enbart var signifikanta i de sydliga försöken, tenderade genomgående vara bättre (rakare och mindre greniga) för hybridasp än för poppel (Tabell 5).

För jämförelse av överlevnad, tillväxt och stamkvalitet på skogsmark respektive jordbruksmark (Tabell 7) användes parvisa analyser för de två försök som var anlagda inom samma klimatområde (Figur 1). Vid denna jämförelse användes enbart de mest relevanta klonerna. För både hybridasp och poppel var tillväxten genomgående bättre på jordbruksmark med undantag för hybridasp i det nordligaste klimatområdet (5A_65, 5F_65). Resultatet för överlevnad varierade för olika klimatområden. I de fall där raket och grenighet visade signifikanta skillnader var dessa egenskaper bättre på jordbruksmark än på skogsmark.

Tabell 7. Medelvärden (LS-maens) för överlevnad, tillväxt och stamkvalitet (raket, grenighet) för parallella försök, d.v.s. mellan jordbruksmark (Jrdm) och skogsmark (Skm) för försökslokaler inom samma klimat-område. Här ingår enbart de mest relevanta klonerna, d.v.s. för hybridasp ingår grupperna "Sv_S_Kom" och "Sv_S_Ny" i de södra försöken och "FinI" i de norra försöken. För poppel ingår "Sv_S_Kom" i de södra och "Isl", "Sv_N" samt "Norg" i de norra försöken. Den statistiska signifikansnivån mellan de två jämförande marktyperna framgår av "Pr>t" för varje försöksserie och trädslag och de som är markerade med fetstil är signifikanta på minst 5 % nivån.

Tabell 7a. Hybridasp

Frsk	Lev7 (%)				H7 (dm)				D7 (mm)			
	Jrdm	Skm	Mv	Pr > t	Jrdm	Skm	Mv	Pr > t	Jrdm	Skm	Mv	Pr > t
1A_56 - 1F_56	94	81	87	0,0042	96	58	79	<0,0001	88	53	72	<0,0001
2A_58 - 2F_57	97	80	88	0,0006					106	55	83	<0,0001
3A_60 - 3F_60	62	94	80	<0,0001	57	49	55	0,0136	45	33	40	<0,0001
4A_63 - 4F_63	54	73	63	<0,0001	41	31	35	<0,0001	36	23	29	<0,0001
5A_65 - 5F_65	71	86	79	<0,0001	36	54	46	<0,0001	25	44	36	<0,0001

Frsk	Rak7 (1-9)				Gre7 (1-9)			
	Jrdm	Skm	Mv	Pr > t	Jrdm	Skm	Mv	Pr > t
1A_56 - 1F_56	7,5	6,0	6,8	<0,0001	5,7	5,5	5,6	0,5041
2A_58 - 2F_57	6,5	5,2	6,0	<0,0001	5,9	4,8	5,4	<0,0001
3A_60 - 3F_60	5,5	5,2	5,5	0,0881	5,2	5,4	5,4	0,2576
4A_63 - 4F_63	5,0	5,0	5,0	0,6766	5,0	5,1	5,0	0,2688
5A_65 - 5F_65	5,0	5,0	5,0	0,6086	5,0	5,0	5,0	0,7221

Tabell 7b. Poppel

Frsk	Lev7 (%)				H7 (dm)				D7 (mm)			
	Jrdm	Skm	Mv	Pr > t	Jrdm	Skm	Mv	Pr > t	Jrdm	Skm	Mv	Pr > t
3A_60 - 3F_60	62	79	71	0,0040	49	40	44	<0,0001	45	30	37	<0,0001
5A_65 - 5F_65	20	38	30	<0,0001	32	20	25	<0,0001	22	12	17	<0,0001

Frsk	Rak7 (1-9)				Gre7 (1-9)			
	Jrdm	Skm	Mv	Pr > t	Jrdm	Skm	Mv	Pr > t
3A_60 - 3F_60	5,1	5,1	5,1	0,7469	3,7	4,1	3,8	0,0938
5A_65 - 5F_65	5,0	4,9	5,0	0,6085	5,0	5,5	5,2	0,0250

Resultat från jämförelsen av olika materialgrupper (Tabell 8a, Figur 2, 3) visade för hybridasp:

- a) Signifikanta skillnader i överlevnad i två av de sex sydliga försöken och de tyska klonerna tenderade genomgående att vara bland de sämsta (ca 75 %),
- b) Signifikanta skillnader i överlevnad i tre av de fyra nordliga försöken och de finska klonerna var genomgående bland de bästa,
- c) Signifikanta skillnader i tillväxt (diameter) i fem sydliga och i ett nordligt försök. "Sv_S_Kom" var generellt en av de bästa grupperna, även i de nordliga försöken. Den finska gruppen växte generellt sämst i de sydliga försöken men skilde sig inte från de övriga grupperna i de nordliga försöken förutom i 4F_63 där den var bland de sämsta,
- d) Signifikanta skillnader i stamkvalitet (raket och grenighet) i fyra sydliga och i ett nordligt försök. Gruppen "Sv_Lett" var genomgående en av de bästa grupperna.

I figur 2 och 3 illustreras överlevnad respektive diameter för de materialgrupper som finns representerade i samtliga försök från söder till norr. Det var en negativ trend för överlevnad (svag) och diameter (måttlig) med tilltagande försökslatitud som försvagas ytterligare när enbart de sex sydliga försöken betraktas.

Jämförelsen av de olika poppelgrupperna (Tabell 8b) i de försök där poppeln överlevt visade:

- a) Oftast signifikanta skillnader i överlevnad. I de sydliga försöken hade den italienska gruppen generellt dålig överlevnad och den svenska gruppen (Sv_S_Kom) var relativt övriga grupper dålig (45 %) i försök 2A_58. I de nordliga försöken var de isländska och norska grupperna de bästa,
- b) Oftast signifikanta skillnader i tillväxt i de sydliga men inte i de nordliga försöken. "Sv_S_Kom" tillhörde genomgående den bästa och "Sv_STT_N" den sämsta gruppen i de sydliga försöken.

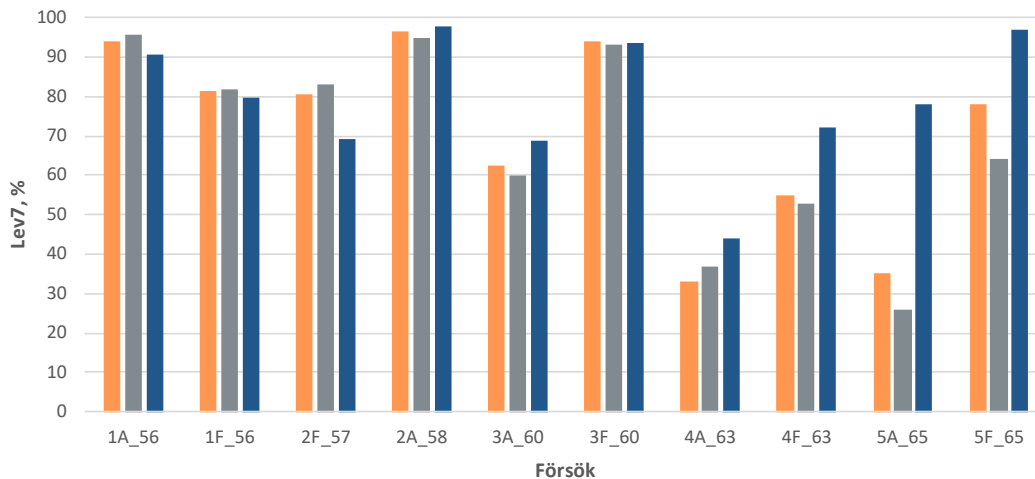
Tabell 8. Jämförelse av medelvärden (LS-means) för överlevnad, diameter, rakhet och grenighet efter sju års tillväxt för olika materialgrupper inom respektive trädslag. Den statistiska signifikansnivån för materialgrupp framgår av "Pr>F" för respektive försökslokal och egenskap.

Tabell 8a. Hybridasp

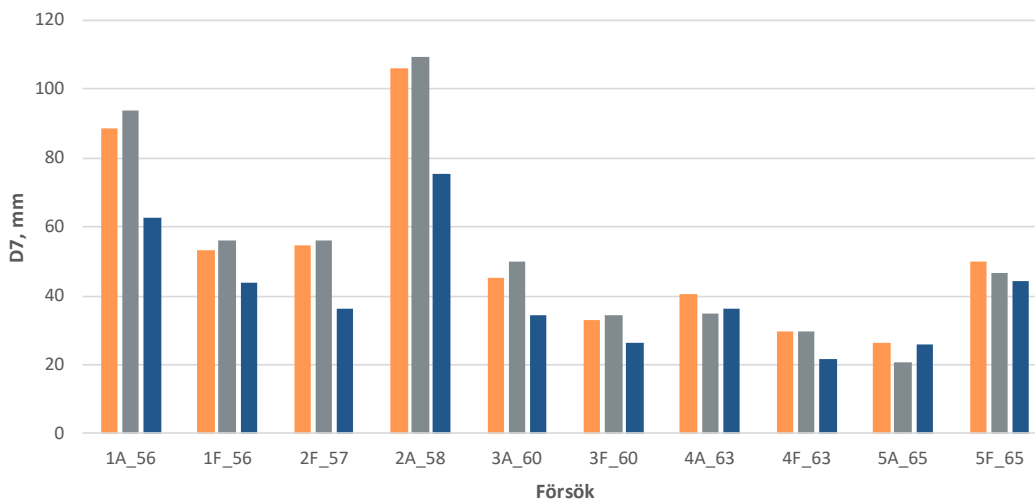
Materialgrupp	Lev7 (%)										D7 (mm)									
	1A_56	1F_56	2A_58	2F_57	3A_60	3F_60	4A_63	4F_63	5A_65	5F_65	1A_56	1F_56	2A_58	2F_57	3A_60	3F_60	4A_63	4F_63	5A_65	5F_65
Sv_S_Kom	94	81	97	80	62	94	33	55	35	78	88	53	106	55	45	33	41	30	27	50
Sv_S_Ny	95	82	95	83	60	93	37	53	26	64	94	56	109	56	50	34	35	30	21	47
Sv_Lett	88	64	100	78	60	78					90	59	104	54	46	40				
Sv_N	91	80	98	69	69	93	44	72	78	97	63	44	75	36	34	26	36	22	26	44
Finl	97	90	98	75	45	94					83	48	104	44	46	30				
Tysk	77	74	78	73							92	56	99	50						
MW	91	81	93	75	60	93	48	68	55	80	83	51	96	47	43	31	37	26	25	45
Pr>F	0,1095	0,3946	0,0004	0,5107	0,0380	0,4864	0,0805	0,0043	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0232	< 0,0001	0,0027	0,0973	0,0270	0,6481	0,0025	0,6265	0,2307
Materialgrupp	Rak7 (1-9)										Gret7 (1-9)									
	1A_56	1F_56	2A_58	2F_57	3A_60	3F_60	4A_63	4F_63	5A_65	5F_65	1A_56	1F_56	2A_58	2F_57	3A_60	3F_60	4A_63	4F_63	5A_65	5F_65
Sv_S_Kom	7,5	6,0	6,5	5,2	5,5	5,2	4,9	5,0	4,7	4,8	5,7	5,5	5,9	4,8	5,2	5,4	4,8	4,8	4,5	4,8
Sv_S_Ny	7,8	5,9	6,6	5,2	6,0	5,4	4,9	5,0	4,6	4,9	5,6	5,4	6,0	4,7	5,2	5,5	5,0	4,6	5,0	4,9
Sv_Lett	8,5	7,2	6,6	5,1	6,7	6,2					6,4	6,3	6,2	5,2	6,1	6,5				
Sv_N	8,1	6,7	6,7	5,4	5,7	5,3	5,0	5,0	5,0	5,1	6,3	5,9	6,4	5,0	5,2	5,2	5,0	5,1	5,1	5,0
Finl	7,2	6,3	6,4	5,1	5,1	4,9					6,0	5,9	5,9	4,8	4,4	5,3	4,8	5,0	5,0	4,9
Tysk	7,3	6,7	6,6	5,2							4,8	5,6	5,9	4,7						
MW	7,7	6,3	6,6	5,2	5,7	5,2	5,0	5,0	5,0	5,0	5,8	5,5	6,0	4,8	5,1	5,4	5,0	5,0	5,0	5,0
Pr>F	< 0,0001	0,0270	0,8529	0,9451	0,0031	0,0045	0,4318	0,1544	0,2289	0,0511	0,0003	0,5843	0,0349	0,2025	0,0440	0,0002	0,6782	0,0774	0,0473	0,2305

Tabell 8b. Poppel

Materiagrupp	Lev7 (%)										D7 (mm)									
	1A_56	1F_56	2A_58	2F_57	3A_60	3F_60	4A_63	4F_63	5A_65	5F_65	1A_56	1F_56	2A_58	2F_57	3A_60	3F_60	4A_63	4F_63	5A_65	5F_65
Sv_S_Kom	82		45		62	79		1	7		96	113		45	30					7
Belg	63										82									
Ital	31		0							72										
Sv_STT_C			93		100	86						107		44	25					
Sv_STT_N			77		71	80		2	8			73		30	22					
Sv_N								9	31										20	9
Isl								39	58										22	14
Norg								44	33										22	18
Mw	68		51		69	80		12	30		89	104		41	27				21	12
P>F	0,0002		<0,0001		0,0010	0,6342		0,0021	<0,0001		0,1908	0,0016		0,0008	0,0263				0,9449	0,1106
Materiagrupp	Rak7 (1-9)																			
Sv_S_Kom	7,1		5,6		5,1	5,1			5,1		4,4	5,1		3,7	4,1					5,5
Belg	7,6										5,6									
Ital	7,0									6,9										
Sv_STT_C			5,7		5,1	4,7						4,9		3,3	3,6					
Sv_STT_N			5,4		4,5	4,4						5,0		3,7	3,8					
Sv_N								4,8	4,8										4,9	5,3
Isl								5,1	4,8										5,0	5,4
Norg								5,1	5,6										5,2	5,9
Mw	7,4		5,6		5,0	4,9		5,0	4,9		5,0	5,1		3,6	3,9				5,1	5,4
P>F	0,4104		0,5009		0,0433	0,0479		0,3264	0,4610		0,0040	0,7487		0,1326	0,6433				0,7171	0,6946



Figur 2. Försöksvisa medelvärden för överlevnad för de materialgrupper med hybridasp som finns i alla försök. Orange = Sv_S_Kom, Grå = Sv_S_Ny och Blå = Finl. Försöken har sorterats från söder till norr.



Figur 3. Försöksvisa medelvärden för tillväxt (diameter) för de materialgrupper med hybridasp som finns i alla försök. Orange = Sv_S_Kom, Grå = Sv_S_Ny och Blå = Finl. Försöken har sorterats från söder till norr.

GENETISK ANALYS – ÖVERLEVNAD, TILLVÄXT OCH STAMKVALITET

Heritabiliteten (H^2) för överlevnad var generellt låg för hybridasp med undantag för det sydliga försöket 2A_58 och de två nordliga (5A_65, 5F_65). För poppel var H^2 generellt intermediär till hög (Tabell 9). Egenskaperna för tillväxt och stamkvalitet hade med några få undantag intermediär till hög H^2 . Materialgrupp (d_l) i den statistiska modellen 1 var ofta signifikant för överlevnad och tillväxt. H^2 minskade generellt när den baserades på den statistiska modellen där materialgrupp (d_l) ingick. För de sydliga poppelförsöken var exempelvis medelvärdet för H^2 för överlevnad 0,33 där d_l inte ingick och 0,26 där d_l ingick i modellen. I de nordliga försöken var motsvarande H^2 värden 0,23 respektive 0,11. För de sydliga hybridaspförsöken var motsvarande värden 0,36 respektive 0,27 för höjd och 0,29 respektive 0,18 för diameter. Den genetiska variationen (CV_G) skattades för höjd och diameter och var generellt intermediär till hög (Tabell 9).

Tabell 9. Genetiska parametrar för olika egenskaper, försök och trädslag där "N_Obs" = Totalt antal observationer, "N_Klon" = Antal kloner, "Mv" = Aritmetiskt medelvärde, "H²" = Heritabilitet, "s.e." = Medelfelet till heritabilitet, "CV_G" = Genetisk variationskoefficient i %, Pr>F = Signifikansnivån för materialgrupp och H²_G = Heritabilitet enligt den statistiska modellen där materialgrupp ingår.

Frsk	Hybridasp							Poppel								
	N_Obs	N_Klon	Mv	H ²	s.e.	CV _G	Pr>F	H ² _G	N_Obs	N_Klon	Mv	H ²	s.e.	CV _G	Pr>F	H ² _G
Lev7 (%)																
1A_56	526	83	91	0,08	0,04		0,0025	0,04	357	66	68	0,20	0,05		<0,0001	0,13
1F_56	517	83	81	0,05	0,03		0,0402	0,03								
2A_58	483	82	93	0,21	0,05		0,0027	0,16	218	31	51	0,44	0,08		<0,0001	0,25
2F_57	461	82	75	0,07	0,04											
3A_60	447	71	61	0,05	0,03		0,0181	0,03	207	27	70	0,38	0,09		0,0894	0,34
3F_60	461	71	93	0,02	0,03		0,9291	0,03	216	27	80	0,30	0,08		0,9014	0,32
4A_63	607	71	48	0,09	0,04		0,0262	0,08								
4F_63	606	70	68	0,06	0,03		0,0081	0,03								
5A_65	550	71	55	0,24	0,05		<0,0001	0,10	387	51	12	0,29	0,06		0,0002	0,18
5F_65	565	69	80	0,21	0,06		<0,0001	0,13	389	50	30	0,17	0,05		<0,0001	0,04
H7 (dm)																
1A_56	481	83	91	0,54	0,05	12,9	<0,0001	0,37	244	66	89	0,37	0,07	10,1	0,2157	0,37
1F_56	356	83	55	0,41	0,06	16,7	0,0025	0,35								
2A_58	447	82	112	0,40	0,05	11,0	<0,0001	0,26	109	31	101	0,48	0,10	12,9	0,0591	0,43
2F_57																
3A_60	272	71	57	0,26	0,07	16,5	0,0018	0,18	144	27	46	0,43	0,10	19,4	0,0595	0,38
3F_60	430	71	47	0,21	0,05	18,0	0,0049	0,16	172	27	37	0,09	0,06	10,2	<0,0001	0,06
4A_63	293	66	43	0,43	0,07	22,1	0,2675	0,43								
4F_63	410	67	34	0,39	0,07	25,3	0,0615	0,37								
5A_65	305	63	35	0,41	0,07	24,9	0,0857	0,40	48	15	30	-			0,0682	-
5F_65	453	63	54	0,34	0,06	15,7	0,7469	0,36	116	29	23	0,13	0,10	15,7	0,6185	0,15
D7 (mm)																
1A_56	481	83	82	0,39	0,05	18,2	<0,0001	0,21	244	66	89	0,36	0,07	18,2	0,0384	0,33
1F_56	356	83	51	0,27	0,06	18,4	0,0101	0,23								
2A_58	451	82	96	0,44	0,05	18,6	<0,0001	0,27	111	31	104	0,59	0,09	26,8	0,0391	0,53
2F_57	347	82	47	0,37	0,06	23,3										
3A_60	272	71	45	0,22	0,07	21,8	0,0017	0,15	144	27	41	0,42	0,09	30,9	0,1475	0,39
3F_60	421	71	31	0,08	0,04	16,0	0,0195	0,06	168	27	27	0,07	0,05	15,0	0,0265	0,03
4A_63	287	66	37	0,37	0,07	26,0	0,8320	0,38								
4F_63	374	67	26	0,29	0,07	28,6	0,0182	0,26								
5A_65	289	63	25	0,37	0,08	35,6	0,3189	0,38	44	14	21	-			0,3665	-
5F_65	448	63	44	0,33	0,06	22,5	0,6009	0,34	88	27	14	0,44	0,14	45,8	0,0741	0,36
Rak7 (1-9)																
1A_56	481	83	7,7	0,30	0,05		0,0092	0,26	244	66	7,4	0,05	0,04		0,0612	0,03
1F_56	351	83	6,3	0,07	0,04		0,0845	0,06								
2A_58	445	82	6,6	0,11	0,04		0,3455	0,10	109	31	5,7	0,15	0,09		0,6450	0,17
2F_57	265	82	5,2	0,14	0,06											
3A_60	241	71	5,8	0,27	0,07		0,017	0,22	128	27	5,0	0,08	0,08		-	-
3F_60	325	71	5,3	0,22	0,06		0,0658	0,20	114	27	4,8	0,17	0,10		0,0164	0,08
4A_63	233	61	5,0	0,30	0,11		0,3655	0,31								
4F_63	280	63	5,0	-	-											
5A_65	200	47	5,0	0,45	0,09		0,0381	0,41	25	11	5,0	0,46	0,37		0,1337	0,22
5F_65	420	63	5,0	0,30	0,07		0,2960	0,28	31	15	5,1					
Gre7 (1-9)																
1A_56	481	83	5,8	0,29	0,05		0,0631	0,27	244	66	5,1	0,51	0,07		0,0067	0,47
1F_56	351	83	5,5	0,09	0,05		0,8088	0,10								
2A_58	445	82	6,0	0,23	0,05		0,0515	0,20	109	31	5,1	0,22	0,11		0,5864	0,26
2F_57	265	82	4,8	0,20	0,07											
3A_60	241	71	5,2	0,29	0,07		0,1874	0,28	128	27	3,6	0,31	0,10		0,3843	0,32
3F_60	328	71	5,4	0,31	0,06		0,2111	0,30	114	27	3,8	0,42	0,10		0,553	0,43
4A_63	233	61	5,0	0,23	0,08		0,7256	0,24								
4F_63	281	63	5,0	0,22	0,07		0,0703	0,19								
5A_65	201	47	5,0	0,40	0,09		0,6981	0,40	25	11	5,1	0,07	0,21		0,3369	-
5F_65	420	63	5,0	0,38	0,08		0,6313	0,41	31	15	5,2	0,04	0,26		0,6819	0,10

De genetiska korrelationerna (r_G) mellan egenskaper inom respektive försök (Tab. 10) var för hybridasp:

- mycket starka (0,91 - 1,00) mellan höjd år fyra och sju,
- starka (0,79 - 0,91) mellan höjd och diameter mätta år sju,
- främst svaga till intermediära och med varierande tecken i de fall där r_G mellan tillväxt och raket respektive grenighet var signifikanta.

Motsvarande korrelationer (r_G) för poppel skattades med några få undantag endast för de tydliga försöken och var:

- intermediära till starka (0,62 - 0,88) mellan höjd år fyra och sju,
- starka (0,77 - 0,92) mellan höjd och diameter mätta år sju,
- främst intermediära till starka och med varierande tecken i de fall där r_G var signifikant mellan tillväxt och raket respektive grenighet.

Tabell 10. Genetiska korrelationer (r_G) mellan olika egenskaper inom samma försök. Fetstilta värden är signifikanta på 5%-nivån. Korrelationer där den statistiska modellen inte konvergerade, dvs den slutfördes inte på ett korrekt sätt, är understruken.

Tabell 10a. Hybridasp

Egensk.	Försök																			
	1A_56				1F_56				2A_58				2F_57				3A_60			
	H7	D7	Rak7	Gre7	H7	D7	Rak7	Gre7	H7	D7	Rak7	Gre7	H7	D7	Rak7	Gre7	H7	D7	Rak7	Gre7
H4	0,91	0,76	-0,33	-0,22	0,92	0,82	0,73	0,53	0,95	0,81	-0,11	-0,24	0,95	0,42	0,45		0,94	0,90	-0,02	0,00
H7		0,79	-0,37	-0,13	0,90	0,38	0,27		0,86	-0,30	-0,22						0,89	0,16	0,27	
D7			-0,38	-0,51		0,36	0,21			-0,38	-0,54		0,43	0,04				-0,05	-0,15	
Rak7				0,30			0,78				0,82			0,21						0,36

Egensk.	Försök																			
	3F_60				4A_63				4F_63				5A_65				5F_65			
	H7	D7	Rak7	Gre7	H7	D7	Rak7	Gre7	H7	D7	Rak7	Gre7	H7	D7	Rak7	Gre7	H7	D7	Rak7	Gre7
H4	0,91	0,82	-0,18	0,97	0,91	0,99	0,57	0,19	1,00	0,97		0,25	0,95	0,91	0,01	0,68	0,97	0,90	-0,06	0,40
H7		0,96	-0,07	0,84	0,89	0,53	0,52		0,97		0,00		0,99	-0,21	0,64		0,91	-0,09	0,37	
D7			-0,32	0,84		0,54	0,36				-0,17			-0,29	0,46			0,07	0,10	
Rak7				0,21			0,55								0,27					-0,38

Tabell 10b. Poppel

Egensk.	Försök											
	1A_56				2A_58				3A_60			
	H7	D7	Rak7	Gre7	H7	D7	Rak7	Gre7	H7	D7	Rak7	Gre7
H4	0,62	0,69	-0,71	-0,50	0,74	0,76	0,49	-0,28	0,88	0,74	0,38	-0,56
H7		0,77	-0,91	-0,49	0,92	0,39	-0,16		0,89	0,84	-0,29	
D7			-0,99	-0,81		0,44	-0,29			0,88	-0,33	
Rak7				0,74			-0,03				-0,35	

Egensk.	Försök											
	3F_60				5A_65				5F_65			
	H7	D7	Rak7	Gre7	H7	D7	Rak7	Gre7	H7	D7	Rak7	Gre7
H4	0,76	0,64	0,17	0,50								
H7		0,90	0,82	0,69					0,85			
D7			0,81	0,70								
Rak7				0,18			0,97					

Skattningar av genetiska korrelationer (r_{GE}) mellan samma egenskap i olika försök med uppdelning på sydliga respektive nordliga försök (Tabell 11a) var för hybridasp i allmänhet signifikanta, genomgående positiva och intermediära till starka (Lev7: 0.59 – 0.71, D7: 0.53 – 0.99), Rak7: 0.52 – 0.95, Gre7: 0.44 – 0.98). För poppel var motsvarande r_{GE} skattningar (Tabell 11b) ofta inte signifikanta, men för de som var signifikanta var r_{GE} intermediära till starka (Lev7: 0.65 – 0.77, D7: 0.94, Gre7: 0.70 – 0.98). Korrelationer (r_{GE}) mellan sydliga och nordliga försök (presenteras inte) var med några få undantag generellt svaga till intermediära och inte signifikanta.

För vissa kombinationer av egenskaper fullföljdes inte beräkningen av korrelationerna i AsReml-programmet på ett korrekt sätt p.g.a. att den statistiska modellen inte kunde konvergera, vilket bl.a. kan inträffa för egenskaper som har mycket starka samband, d.v.s. när r_G och r_{GE} är i det närmaste 1. Dessa r_G och r_{GE} värden är understrukna i tabellerna 10 och 11.

Tabell 11. Genetiska korrelationer (r_{GE}) mellan försökslokaler (sydliga respektive nordliga försök) för olika egenskaper. Fetstilta värden är signifikanta på 5%-nivån. Korrelationer där den statistiska modellen inte konvergerade, dvs den slutfördes inte på ett korrekt sätt, är understrukna.

Tabell 11a. Hybridasp

Frsk 1	Frsk 2	Lev7		D7		Rak7		Gre7	
		r_{GE}	se	r_{GE}	se	r_{GE}	se	r_{GE}	se
1A_56	1F_56			0,84	0,09				
1A_56	2A_58			0,99	0,04	0,95	0,17	0,98	0,09
1A_56	2F_57			0,84	0,08	<u>1,00</u>	-	0,79	0,15
1A_56	3A_60			0,75	0,20	0,92	0,10	0,44	0,17
1A_56	3F_60			<u>1,00</u>	-	0,80	0,13	0,71	0,14
1F_56	2A_58			0,77	0,10				
1F_56	2F_57			<u>1,00</u>	-				
1F_56	3A_60			0,73	0,23				
1F_56	3F_60			0,94	0,15				
2A_58	2F_57			0,74	0,09	0,93	0,27	0,80	0,16
2A_58	3A_60			0,53	0,21	0,80	0,21	0,44	0,17
2A_58	3F_60			<u>1,00</u>	-	0,68	0,22	0,74	0,15
2F_57	3A_60			0,84	0,23	<u>1,00</u>		0,70	0,18
2F_57	3F_60			0,81	0,14	<u>1,00</u>	-	0,76	0,17
3A_60	3F_60			0,73	0,28	<u>1,00</u>		<u>1,00</u>	
4A_63	4F_63	0,68	0,24	0,77	0,15	-		0,62	0,23
5A_65	5F_65	0,86	0,12	0,59	0,17	0,41	0,21	0,56	0,17
5A_65	4A_63	0,63	0,19	0,70	0,16	0,43	0,22	0,70	0,23
5A_65	4F_63	0,71	0,21	0,66	0,17	-		0,65	0,19
5F_65	4A_63	0,59	0,20	0,93	0,10	0,52	0,21	0,96	0,13
5F_65	4F_63	0,39	0,28	0,78	0,13	-		0,51	0,20

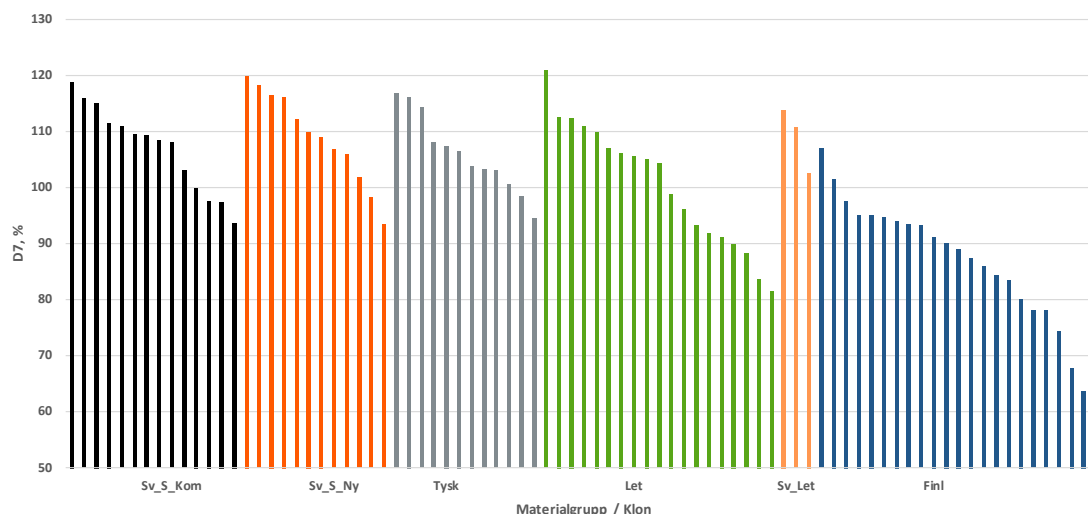
Tabell 11b. Poppel

Frsk 1	Frsk 2	Lev7		D7		Rak7		Gre7	
		r _{GE}	se	r _{GE}	se	r _{GE}	se	r _{GE}	se
1A_56	2A_58	0,39	0,35	0,15	0,31	0,95	1,40	0,52	0,38
1A_56	3A_60	0,37	0,36	0,13	0,50	0,23	0,93	0,42	0,27
1A_56	3F_60	0,54	0,28	0,34	0,30	0,98	1,14	0,19	0,33
2A_58	3A_60	0,67	0,17	0,67	0,35	0,71	0,38	0,70	0,25
2A_58	3F_60	0,77	0,13	0,94	0,08	<u>1,00</u>	-	<u>1,00</u>	-
3A_60	3F_60	0,65	0,18	0,53	0,37	<u>1,00</u>	-	0,98	0,12
4A_63	4F_63	0,77	0,14						

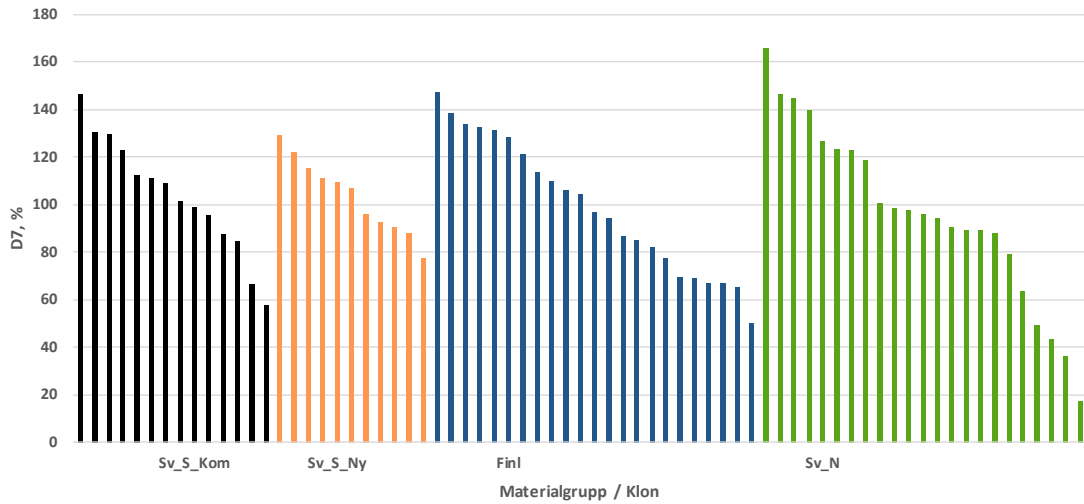
GENOTYPSKATTNINGAR

Genotypskattningar, d.v.s. individuella klonvärden för olika egenskaper redovisas försöksvis för de ca 50 % bästa klonerna i bilaga 1–4 för egenskaper där $H^2 > 0,06$. Genotypvärdena redovisas som relativa värden (%), d.v.s. i relation till medelvärdet i respektive försök.

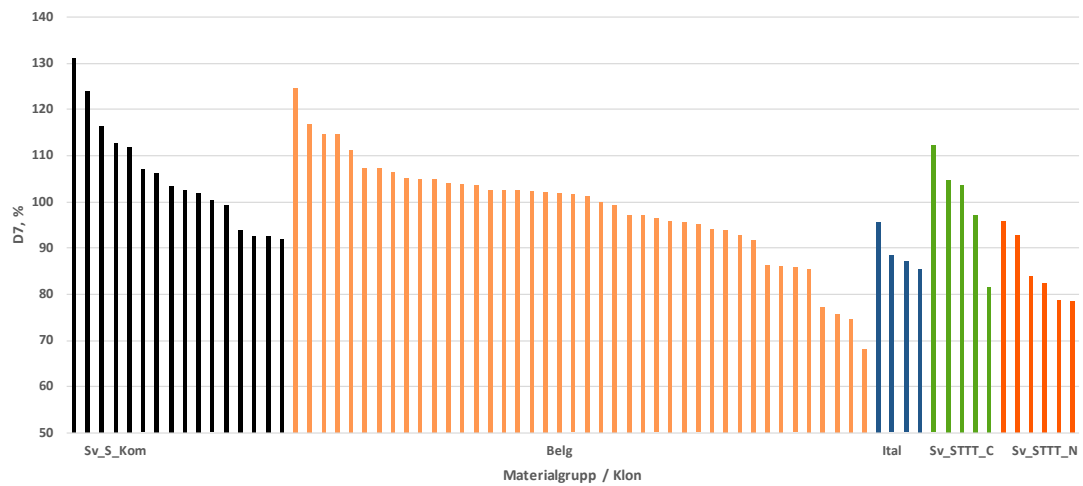
För diameter (D7) beräknades ett sammanvägt genotypvärde baserat på alla sydliga respektive nordliga försök med undantag för de nordliga poppelförsöken. De illustreras i figurerna 4–6. Varje stapel representerar en enskild klons genotypvärde, där genomsnittet för alla kloner är 100. Det framgår att det finns kloner som är betydligt bättre än genomsnittet inom alla materialgrupper, vilket kan utnyttjas för selektion av de allra bästa till odling i olika områden. Ett förslag på urval av kloner ges för hybridasp och poppel i bilagorna 1–4.



Figur 4. Sammanvägda genotypvärden för diameter (D7, relativa BLUP-värden) för respektive hybridaspklon i de sex sydliga försöken fördelade inom materialgrupp. Genomsnittet för alla kloner är 100, d.v.s. kloner med ett genotypvärde över 100 är bättre än genomsnittet. Observera att y-axeln inte utgår från värdet 0.



Figur 5. Sammanvägda genotypvärden för diameter (D7, relativa BLUP-värden) för respektive hybridaspklon i de fyra nordliga försöken fördelade inom materialgrupp. Genomsnittet för alla kloner är 100, d.v.s. kloner med ett genotypvärde över 100 är bättre än genomsnittet.



Figur 6. Sammanvägda genotypvärden för diameter (D7, relativa BLUP-värden) för respektive poppelklon i fyra sydliga försök (1A_56, 2A_58, 3A_60, 3F_60) fördelade inom materialgrupp. De belgiska klonerna avser dock enbart genotypvärden från försök 1A_56. Genomsnittet för alla kloner är 100, d.v.s. kloner med ett genotypvärde över 100 är bättre än genomsnittet. Observera att y-axeln inte utgår från värdet 0.

Diskussion

FENOTYPISK ANALYS

Överlevnad

Överlevnaden för hybridasp var i princip bättre i alla försök jämfört med poppeln, där de nordligaste försöken visade extremt låg överlevnad för poppeln (Tab. 5). Konkurrens från gräs och örter kan ha stor betydelse för överlevnaden, speciellt på tidigare åkermark (Czapowskyj & Safford 1993). Förutom ökad konkurrens om vatten, ljus och näring kan det uppstå mekaniska skador. Dessutom skapar en riklig vegetation en gynnsam miljö för sork, som kan orsaka allvarliga skador på plantorna (Hytönen & Jylhä 2008). Skador av sork och delvis även av hare var ett problem i de nordliga försöken och då speciellt i 4A_63, där vegetationen var mycket riklig trots herbicidbehandling året innan etableringen. Skadorna ledde till att 30 cm långa gnagskydd sattes på varje planta, vilket resulterade i att skadorna därefter var relativt obetydliga. Sorkskador var också den främsta anledningen till den relativt sett låga överlevnaden både för hybridasp och poppel i 3A_60. Sorkskador kan således vara en faktor som förklarar den generellt sämre överlevnaden i detta och i de nordliga försöken, men inte skillnaden mellan de båda trädslagen.

En faktor som kan ha betydelse för såväl överlevnad som tillväxt är markens surhetsgrad (pH), som i försöken (Tabell 1) varierade mellan 4,9 – 7,9 i jordbruksmark och mellan 4,2 – 7,8 i skogsmark. Lågst pH (4,2) uppmättes i försök 1F_56 där endast enstaka popplar hade överlevt efter sju års tillväxt (Tabell 5). Överlevnaden var även extremt dålig för poppel i det närmaste nordliga försöket på skogsmark (2F_57), som också hade ett relativt lågt pH (4,8). I 3F_60 (skogsmark), det allra nordligaste av de sydliga försöken, var både överlevnaden (80 %) och pH (7,8) höga. Försöksmarkerna i 1F_56 och 2F_57 var båda väl förberedda inför plantering (inverterad markberedning) och det var inga problem med sork eller viltskador. Marken i 2F_57 var dock till skillnad från den i 1F_56 väldigt heterogen (stenig, småkuperad med varierande jorddjup). Detta i kombination med markens pH och frostsador (se avsnittet *Tillväxt* nedan) är de mest troliga orsakerna till poppelns dåliga överlevnad i 2F_57. I 1F_56 kan den dåliga överlevnaden främst förklaras av det mycket låga pH-värdet. Överlevnaden för hybridasp i dessa försök skilde sig inte märkbart från de andra sydliga försöken, vilket indikerar att den i jämförelse med poppel inte är lika känslig för låga pH-värden.

Att pH har stor betydelse för plantans utveckling har bl.a. visats i en studie av Böhlenius m.fl. (2016), där samtliga poppelplantor dog och alla hybridaspplantor överlevde på skogsjord med pH 3,5 och 4,0. Tillväxten för poppel hade ett optimum för pH omkring 5,5 – 6,5 medan hybridaspens optimum var betydligt bredare 4,0 – 7,0. Enligt författarna påverkar låga pH-värden tillgängligheten av aluminium i jorden, vilket kan ge en toxisk effekt på plantorna. I en annan studie (Eriksson & Lindsjö 1981) begränsades tillväxten för *Salix* och poppel vid pH värden mellan 3,8 – 4,3 och ett pH över 5,0 gav en acceptabel tillväxt. Resultat från Hjelm och Rytter (2016) visar också att pH har en signifikant effekt på poppelns tillväxt.

I de nordliga försöken är det främst 5F_65 som har ett lågt pH-värde (4,4), men här är effekten på överlevnaden för poppel inte lika markant som i de sydliga försöken. Det ska också noteras att det höga pH-värdet (7,8) i 3F_60 tyder på att marken använts som hagmark eller liknande innan den generation gran planterades, som sedan avverkades inför planteringen av hybridasp och poppeln.

En hög mortalitet kan också orsakas av att odlingsmaterialet är dåligt anpassat till det lokala klimatet. Detta är en faktor som ökar i betydelse desto längre norrut man kommer och den är extra viktig för poppel som är ett nyligen introducerat trädslag och därmed inte anpassats till det svenska klimatet. I studien av Stener och Westin (2017) redovisas resultat från de fyra första åren från samma försöksserie som i denna rapport. Där framgår att mortaliteten var stor under vintern mellan den första och andra tillväxtsåongen för att därefter vara relativt stabil. Detta verifieras även i denna studie för hybridasp i alla försök, d.v.s. efter sju års tillväxt var överlevnaden i stort sett oförändrad jämfört med den efter fyra år, förutom i 2F_57 där överlevnaden minskade från 76 % till 61 %. Den svaga genetiska effekten för överlevnad ($H^2 = 0,05$, Tabell 9), indikerar att detta främst orsakats av olika miljöfaktorer (se diskussion ovan). För poppeln har dock överlevnaden reducerats mer eller mindre kraftigt mellan fjärde och sjunde tillväxtåret i flertalet försök. Poppeln ger alltså ett mer instabilt intryck, vilket kan förklaras av klimatiska årsvariationer i kombination med en bristfällig klimatanpassning. Följaktligen bör poppel följas upp under en längre tidsperiod än hybridasp för att ge tillförlitlig information inför ett urval av bra individer till skogsodling.

Tillväxt

Det var endast i två av de sydliga försöken (1A_56, 2A_56) där tillväxten som förväntat var hög för både hybridasp och poppel medan den var medelmåttig (totalhöjd 5–6 m efter sju års tillväxt) i de fyra övriga (Tabell 5). Sannolikt har de heterogena markförhållandena i 2F_57 och låga pH-värden i 1F_56 och 2F_57 haft en negativ effekt på tillväxten. Men även 3A_60 och 3F_60 har en medelmåttig tillväxt, och där är pH högt (ca 7,8). Visserligen indikerar resultaten från Böhlenius m.fl. (2016) och Ericsson och Lindsjö (1981) att maxvärdet för tillväxtoptimum ligger runt pH 7, men det är inte troligt att tillväxten skulle minska kraftigt på marker med högre pH-värden. Brist på vatten kan vara en begränsande tillväxtfaktor, speciellt i sydöstra Sverige, vilket undersöktes via nederbördsdata från SMHI:s (<http://opendata-download-metobs.smhi.se/explore>) klimatstationer i Växjö (lat 56,85, long 14,83) och Risinge (lat 60,18, long 18,23). Några tydliga indikationer utifrån dessa data kunde dock inte påvisas. Förflyttningseffekter, d.v.s. att sydliga kloner växer sämre längre norrut p.g.a. sämre klimatanpassning skulle kunna vara en förklaring, men har i denna studie (se nedan) konstaterats vara marginella. Problem vid etableringen med gräs och sork hämmar ofta tillväxten initialt, vilket nämnts ovan, men såvida inte skadorna är väldigt allvarliga brukar plantorna återhämta sig varvid tillväxten ökar rejält efter några år. Inledningsvis när plantorna är små är de också mer utsatta för frostsador men denna skaderisk minskar successivt med trädets höjd.

I en studie av Stener och Westin (2018) beskrivs två liknande genetiska fältförsök med hybridasp och poppel, vilka planterades våren 2015 på f.d. jordbruksmark. Det ena ligger ca fem mil väster om 3F_60 och 3A_60. Där var överlevnaden för hybridasp jämfört med ett mer sydligt parallellförsök (latitud 58) densamma (98 %) men sämre för poppel (48% resp. 98%) efter två års tillväxt. Dessutom var höjdtillväxten 30 % sämre i det mer nordliga försöket för båda trädslagen. Den dåliga utvecklingen förklarades med ett kärvt temperaturklimat med minusgrader både i maj (vecka 18), juni (v. 22–24), augusti (v. 32) och september (v. 37, 39). Detta kan också vara en rimlig förklaring till den medelmåttiga tillväxten för de flacka områdena runt Harg (3A_60 och 3F_60), Toftaholm (2F_57) och även i de mer nordliga försöken. För att kontrollera tillväxtens utveckling över tid sammanställdes tillväxtdata i tabell 6. Där framgår att den årliga höjdtillväxten (Hx7-Hx4, Tabell 6) har ökat de sista tre åren i samtliga försök och för båda trädslagen. Tillväxtökningen i de sämst växande sydsvenska försöken är i absoluta mått relativt

måttlig men procentuellt sett ganska stor. Motsvarande låga medelhöjder efter ca sju års tillväxt har tidigare uppmätts i tre av totalt 14 äldre klontester med hybridasp (Stener, 2004a, 2010) där den slutliga medelproduktionen vid ca 20 års ålder sedan uppmättes till omkring 20 m³sk per ha och år. Det är alltså för tidigt att döma ut dessa växtplatser som dåliga.

Vi har idag relativt dålig kännedom om vilka markförhållanden (jordart, näringsinnehåll m.m.) som krävs för att hybridasp och poppel ska växa riktigt bra. För att underlätta valet av marker vid skogsodling av hybridasp och poppel bör därför nya studier initieras. Exempelvis i form av mer kontrollerade tillväxtstudier och/eller via studier i praktiska planteringar där tillväxten varit både bra och mindre bra.

Om ståndortsförhållandena är bra pekar resultaten på att hybridasp och poppel har ungefär samma tillväxtkapacitet, åtminstone efter sju års tillväxt i fält (Tabell 5). Att tillväxten generellt sett var högre på jordbruksmark än på skogsmark är logiskt med tanke på att markerna skiljer sig i bördighet (Tabell 7). Den högre tillväxten i 5F_65 jämfört med 5A_65 beror på olikheter i ståndortsförhållandena. Försöket på skogsmark (5F_65) utgörs av en sydsluttning medan 5A_65 på jordbruksmark strax intill, ligger lägre i terrängen. Därmed är 5A_65 mer utsatt för frost vilket inverkat negativt på tillväxten. Den gynnsamma ståndorten i 5F_65 gör att medeltillväxten för hybridasp ligger på ungefär samma nivå som i fyra av de sydsvenska försöken. Det finns stora arealer nedlagda jordbruksmarker som kan bli föremål för energiproduktion med hybridasp och poppel i Sverige. Risken för frostsador är då en viktig aspekt att ta hänsyn till. Att överlevnaden inte visar något tydligt mönster för skogsmark kontra jordbruksmark är mycket avhängigt hur man lyckats med att hålla vegetationen, och därmed också sorkpopulationen, i schack.

Materialgrupper, klinal trend

Försöken är spridda från latitud 55,7° till 64,8°, vilket innebär en stor variation i klimatförhållanden. Att tillväxt och överlevnad tenderar att minska med ökad latitud (Figur 2 och 3) är därför inte förvånande, speciellt mot bakgrund av att materialet som är gemensamt för alla försök till stor del utgörs av kloner som är avsedda för södra Sverige. För de sex sydliga försöken är dock den klinala trenden för hybridasp mycket svag för överlevnad och svag för tillväxt. Det indikerar att de sydsvenska klonerna kan användas upp till ca latitud 60°, vilket överensstämmer med den nuvarande rekommendationen. Det gick inte att studera eventuella klinala samband för poppel p.g.a. att överlevnaden varierade kraftigt mellan olika försök, men användningsrekommendationer för poppel tas upp i avsnittet "Klonurval". Det är dock uppenbart att poppelkloner som är avsedda för södra Sverige inte ska användas i norra Sverige. Finsk hybridasp rekommenderas idag på milda lokaler i norra Sverige vilket stöds av resultaten i Tabell 8a och av Figur 2 och 3. Däremot verkar finsk hybridasp vara ett inoptimalt val för tillväxt i södra Sverige (Tabell 8a, Figur 2, 3).

Den låga överlevnaden för poppelgruppen Sv_S_Kom (Tabell 8b) orsakas av åtta specifika kloner (Bilaga 3). Ingen av dessa rekommenderas för fortsatt användning förutom klon S23K9040086, som har en bra överlevnad i de övriga försöken (Se avsnitt Klonurval).

Det är anmärkningsvärt att de sydsvenska grupperna Sv_S_Kom och Sv_S_Ny inte skiljer sig i tillväxt från de mer nordliga grupperna i det nordligaste försöket 5F_65 (Tabell 8a). De har dessutom acceptabel överlevnad (78 resp. 64%). Detta indikerar att hybridasp är relativt okänslig för förflyttning långt norrut, under förutsättning att växtplatsen har ett lokalklimatiskt gynnsamt läge.

Vid jämförelser av de olika materialgrupperna ska man notera att de finska, lettiska och tyska hybridaspklonerna inte förökades i samma plantskola som det övriga materialet. Detta kan ha haft inverkan på överlevnad och tillväxt de första åren efter etableringen men bör nu efter sju år vara tämligen marginella.

De italienska poppelklonerna har i princip inte överlevt alls. Det berodde inte på att de var i full växt när de planterades eftersom överlevnaden var relativt bra efter den första tillväxtsåongen. Exempelvis levde ca 70 % i 1A_56 hösten 2010. Det är sannolikt klimatiska effekter därefter som varit avgörande för resultatet.

GENETISKT INFLYTANDE

Överlevnaden var generellt svagt genetiskt styrd ($H^2 < 0,10$, Tabell 9) för hybridasp förutom i 2A_58, och i de två nordligaste försöken där den var intermediärt styrd. Poppeln var dock genomgående intermediärt till starkt styrd. Resultatet i 2A_58 beror helt och hållet på den låga överlevnaden för de tyska klonerna. Om det tyska materialet exkluderas, utblir den genetiska effekten fullständigt. Att överlevnad är svagt genetiskt kontrollerad i södra Sverige har visats tidigare i studier (t.ex. Stener & Karlsson 2004). Det innebär att överlevnad inte är en så viktig egenskap vid förädling och urval av odlingsvärda kloner i södra Sverige, men den ska ändå hållas under uppsikt. I norra Sverige där klimatet är kärvarare är dock överlevnad av stor betydelse och där har den också en stark genetisk effekt (Tabell 9). Överlevnad är en viktig egenskap vid förädling av t.ex. gran, tall och björk i norra Sverige (Rosvall m.fl. 2001), vilket således även är fallet för hybridasp. Att överlevnaden för poppel var mer genetiskt styrd än för hybridasp är logiskt med tanke på att det är en introducerad art som inte är anpassad till vårt klimat. Överlevnad är således en mycket viktig egenskap att ha kontroll på vid förädling av poppel i hela Sverige.

Tillväxt (höjd, diameter) visade generellt en intermediär till stark genetisk kontroll (Tabell 9) för båda trädslagen. Skattningen av heritabilitet kan dock bli systematiskt överskattad om materialet är heterogent t.ex. där ursprunget skiljer sig mycket för olika kloner. Det bekräftas i denna studien där det genetiska inflytandet minskade när materialgrupp infördes i den statistiska modellen (se avsnittet Genetisk analys). Trots allt verifieras här tidigare resultat om intermediär till stark genetisk kontroll, d.v.s. H^2 skattningarna var exempelvis på samma nivå som i Einspahr m.fl. 1963, 1967; Ilstedt 1996; Stener och Karlsson 2004. Den genetiska variationen mellan kloner för tillväxt var också betydande (CVG, Tabell 9) och låg på samma nivå som t.ex. i studien av Stener och Karlsson (2004). Den genetiska kontrollen och variationen är generellt så pass stor att det finns goda förutsättningar för ett urval av kloner med bra tillväxt och stamkvalitet.

GENETISKA KORRELATIONER

Ju tidigare man kan göra ett tillförlitligt urval av kloner desto snabbare kan man via förädling få fram ett allt bättre odlingsmaterial. De starka till mycket starka genetiska korrelationerna (r_G 0,91 – 1,00) mellan höjd år fyra och sju och mellan höjd och diameter (r_G 0,79 – 0,91) indikerar att ett urval av bra växande hybridaspkloner kan göras redan efter fyra års tillväxt i fält (Tabell 10a). Detta överensstämmer med resultat från tidigare studier av hybridaspkloner i södra Sverige (Stener & Karlsson, 2004). Invändningen mot ett sådant tidigt urval är att eventuella skador av stamkräfta (*Entoleuca mammatum*) inte hunnit utvecklas. Stamkräfta, som är en mycket allvarlig patogen på hybridasp, är vanligen fullt utvecklad vid 10–15 års ålder. Av just den anledningen bör man således avvakta

med ett definitivt urval till dess stamkräftan gett sig till känna. Urvalet skulle dock kunna göras tidigt om man kan få fram en tillförlitlig artificiell metod för resistenstestning (Stener & Westin, 2015a). För poppel var motsvarande genetiska korrelationer (Tabell 10b) något svagare (r_G 0,62 – 0,92) än för hybridasp. Detta i kombination med att överlevnaden över tiden är instabil (se ovan) gör att ett tidigt urval inte rekommenderas för poppel. Det gäller både i södra och definitivt i norra Sverige där poppel har stora problem med klimatanpassningen.

För både tillväxt och stamkvalitet var de genetiska korrelationerna (r_{GE}) mellan de olika sydliga respektive nordliga hybridaspförsöken intermediära till starka (Tabell 11a). Det innebär att klonerna växer på likartat sätt och att klonernas rangordning är relativt stabil i olika miljöer, d.v.s. man kan använda samma kloner på jordbruksmark och skogsmark och inom hela södra (upp till ca latitud 60°) respektive norra (latitud 60° - 65 °) Sverige. Motsvarande svaga samband mellan miljö och genotyp har presenterats av t.ex. Li och Wyckoff (1993) och Stener och Karlsson (2004).

De försöksvisa korrelationerna (r_{GE}) mellan sydliga och nordliga hybridaspförsök (presenteras inte) var ofta svaga och inte signifikanta, vilket till stor del beror på relativt få gemensamma kloner och få individer per klon. Försök 4F_63 hade dock genomgående signifikanta, intermediära korrelationer med de sydliga försöken. Det indikerar att vissa kloner som är avsedda för södra Sverige även kan användas längre norrut (se avsnitt Klonurval).

För poppel var många r_{GE} skattningar betydligt svagare och inte signifikanta vilket beror på ett relativt tunt testmaterial (få kloner och få individer per klon). Eftersom poppeln generellt sett verkar ha större problem med den klimatiska anpassningen än hybridasp så är det inte osannolikt att det finns en interaktion mellan olika miljöfaktorer och klon, d.v.s. att vissa kloner växer bättre än andra i specifika miljöer. Det som talar emot det är resultatet för försök 2A_58 (jordbruksmark) och 3F_60 (skogsmark) där r_{GE} för överlevnad och tillväxt var 0,77 respektive 0,94. Hur som helst saknas underlag för urval av poppelkloner till specifika miljöer i södra Sverige (se avsnitt Klonurval), och detta är något som man får arbeta med i framtida studier.

De genetiska sambanden för stamkvalitetsegenskaperna var inkonsekventa (Tabell 10) Det fanns således ingen tydlig tendens att kloner som växte bra också var raka eller hade bra grenighet, vilket kan vara kopplat till specifika försöksvisa miljöförhållanden. Där- emot tenderade raket generellt innebära att även grenigheten var bra och vice versa (Tabell 10). Det förra resultatet försvårar den praktiska förädlingen om syftet är att ta fram kloner som kombinerar bra tillväxt med bra stamkvalitet. Det går dock alltid att hitta specifika individer som kombinerar dessa egenskaper på ett acceptabelt sätt men det innebär då att man får kompromissa vid urvalet. Tillväxtökningen blir således mindre om man samtidigt måste ta hänsyn till stamkvalitet vid urvalet, men det totala ekonomiska värdet ökar.

KLONURVAL

Den stora klonvariationen för olika egenskaper (Tabell 9, Figur 3–5) har utnyttjats för urval av de allra bästa klonerna utifrån överlevnad och tillväxt (Bilaga 1-4).

För odling av hybridasp i södra Sverige finns idag 23 selekterade kloner som alla är registrerade i Skogsstyrelsens rikslängd. En del av dessa har konstaterats vara känsliga för kräftskador (Urv=Kräfte, Bilaga 1) och ska definitivt inte användas. De kloner som i första

hand ska användas på milda lokaler i Götaland och södra Svealand är de som markerats med "x" i kolumnen "Urv", Bilaga 1. Det är totalt 18 kloner varav tre inte är registrerade i rikslängden. Detta urval kan kompletteras med ytterligare tre kloner (Urv=(x), Bilaga 1) vars tillväxt relativt de övriga är något sämre men trots allt inte dålig. Dessutom finns det 20 nya, lovande kloner ("Kand" i bilaga 1) som efter ytterligare testning i fält och efter test av kräftresistens kan bidra med fler odlingsvärda kloner inom ca fem år.

Användningen av de 18–21 rekommenderade klonerna kommer inte att leda till några större produktionsökningar jämfört med det odlingsmaterial som används idag. Den tidigare skattningen om en medelproduktion på ca 25 m³sk, per ha och år under ca 25 års omloppstid är fortfarande realistisk för hybridasp på bördiga marker i södra Sverige (Stener 2010, Rytter & Stener 2014). Det är först när man börjar använda de allra bästa av de nya kandidaterna som produktionen skulle kunna höjas ytterligare.

Fram till nu saknas ett selekterat hybridaspmaterial för norra Sverige (norra Svealand och norrut). Det är finsk hybridasp som har rekommenderats, men resultaten i denna studie visar att odlingsmaterialet kan förbättras. Ett urval av de bästa klonerna (Mv-Urval, Bilaga 2) ger samma överlevnad men betydligt bättre tillväxt än det finska materialet. I det föreslagna urvalet ingår grupperna Sv_N (6 st), Finl (8 st), Sv_S_Ny (1 st) och Sv_S_Kom (3 st), d.v.s. fyra kloner som egentligen är avsedda för södra Sverige. De har en överlevnad och tillväxttrytm som inte avviker från de övriga klonerna vilket gör att de väljs även för mer nordlig användning. I norr är det dock extra viktigt att man väljer klimatiskt milda odlingsplatser, d.v.s. sådana som inte är specifikt utsatta för frost. Med undantag för klonerna i gruppen Sv_S_Kom, har vi dålig kännedom om de nordliga klonernas resistens mot stamkräfta, så detta måste följas upp. Tills vidare är det dock dessa 18 kloner som rekommenderas för norra Sverige.

I södra Sverige har man sedan tidigare selekterat ett odlingsmaterial med poppelkloner utifrån resultat i äldre poppelförsök (Stener 2004b). Dessa kloner ingår i gruppen "Sv_S_Kom". I nyligen genomförda resistenstester av bladrost (*Melampsora larici-populina*) och bakteriekräfta (*Xanthomonas populi*) har man konstaterat att det endast är fem av dessa 16 kloner som har acceptabel resistens (Stener, 2015b). Bladrost och bakteriekräfta hör till de mest allvarliga patogenhoten mot poppelodlingar (Isebrands & Richardson 2014). Visserligen har bakteriekräfta, vad vi känner till, ännu inte observerats i Sverige, men eftersom den är mycket allvarlig på kontinenten, så bör den i förebyggande syfte ingå som en urvalsfaktor även för det svenska odlingsmaterialet.

Enligt de nya resultaten i bilaga 3, är det nu bara tre poppelkloner S21K0940061 (mer känd som OP42), S21K82604 som är genetiskt identisk med S21K82601 samt S23K9040086 som i första hand rekommenderas för odling i södra Sverige på milda lokaler upp till Mälardalen. De resterande två klonerna S216PPL54 och S21K766003 som är genetiskt identiska samt S23K9040089 ingår numera inte i urvalet p.g.a. dålig överlevnad respektive tillväxt. I förhållande till alla testade kloner i de sydliga försöken har de tre utvalda klonerna ca 10% (höjd) och 20% (diameter) bättre tillväxt, samt en bättre överlevnad och grenighet och ungefär samma rakhet. De är dessutom resistenta mot två av de mest allvarliga patogenerna på poppel. Den mest använda poppelklonen i Sverige är OP42 och av de tre utvalda klonerna så är det den som vuxit bäst (Bilaga 3). Användning av en eller få kloner kan visserligen ge en högre produktion, men samtidigt kan konsekvensen bli större vid angrepp av klonbundna patogenskadorna. Inför en förväntad ökning av den odlade arealen med poppel är det nödvändigt att testa och välja ut fler bra kloner, där bl.a. klonerna med beteckningen "Kand" (kandidatkloner) i Bilaga 3, utgör ett bra un-

derlag. Där ingår 23 lovande kloner som vi tidigare inte har någon erfarenhet av. Av den anledningen bör de följas upp ytterligare några år i försöken, samtidigt som de testas för resistens mot de ovan nämnda patogenerna, innan de väljs ut för praktisk användning.

Resultaten utifrån de fyra nordliga försöken ger inget bra underlag för selektion av odlingsvärda poppelkloner längre norrut (Bilaga 4). I de nordliga försöken var det endast i 5F_65 där poppeln visade en genetisk effekt för tillväxt (H^2 ca 0,45, Tabell 9). För överlevnad fanns en genetisk effekt i 5A_65 och 5F_65 ($H^2 = 0.17, 0.29$, Tabell 9). Av de 10 kloner som hade växt bättre än genomsnittet i 5F_65, var det fyra som tidigare hade konstaterats vara känsliga för bladrost och/eller bakteriekräfta (Bilaga 4). I bästa fall är det nio kloner som kan vara intressanta att testa vidare i nya nordsvenska försök. Det finns idag ett poppelmateriale som kan användas i mellersta och norra Sverige. Det utgörs av *P. trichocarpa* kloner och saluförs via STT med det kommersiella namnet "Snowtiger". Detta materiale är ännu inte upptaget i Skogstyrelsens rikslängd, vilket är en förutsättning för att det ska få användas på skogsmark. Däremot kan det användas i form av energi-gröda på jordbruksmark.

I odlingar med specifikt syfte att producera biomassa ingår inte bara stammens biomassa utan även grenar, vilket man har möjlighet att ta hänsyn till via egenskapen grenighet. I de fall man vill använda kloner för produktion av timmerträd så har man också möjlighet att väga in både rakhets- och grenighet som urvalsegenskaper.

SLUTSATS

De viktigaste slutsatserna från studien är:

- Överlevnad var generellt bättre för hybridasp än för poppel, vilket sannolikt främst beror på en bättre klimatanpassning men också på en mindre känslighet för lågt pH i marken.
- För att nå en hög produktion krävs goda ståndorter i klimatiskt gynnsamma lägen. Vid poppelodling bör marken ha ett pH > 5. Det finns indikationer på att även hybridaspens tillväxt påverkas av låga pH, varför sura skogsjordar bör undvikas vid odling av hybridasp.
- Om ståndortsförhållandena är bra pekar resultaten på att hybridasp och poppel har ungefär samma tillväxtkapacitet åtminstone efter 7 års tillväxt.
- Den genetiska variationen och det genetiska inflytandet på tillväxt och i viss mån på överlevnad visar att det finns goda möjligheter att förbättra dagens odlingsmaterial genom urval av de genetiskt bästa klonerna.
- Studien indikerar att ett tillförlitligt urval av hybridaspkloner utifrån överlevnad och tillväxt kan göras mycket tidigt. Ett definitivt urval bör dock inte göras förrän man har kunskap om klonernas resistens mot stamkräfta, som normalt inte utvecklas förrän efter vid ca 10 års tillväxt.
- Poppel ger ett mer instabilt intryck än hybridasp med avseende på överlevnad över tiden, vilket gör att poppel bör följas upp under en längre tidsperiod än hybridasp inför ett urval av odlingsvärda kloner.
- De starka genetiska korrelationerna mellan hybridaspförsöken i södra Sverige i kombination med enbart små förflyttningseffekter för överlevnad och tillväxt indikerar att hela södra Sverige (upp till ca latitud 60°) kan behandlas som ett odlingsområde för hybridasp. På motsvarande sätt indikerar de starka genetiska korrelationerna mellan hybridaspförsöken i norra Sverige att latitud 60° - 65° i kustnära områden kan behandlas som ett nordligt odlingsområde för hybridasp. Klimatiskt kärva lokaler inom dessa odlingsområden bör dock undvikas. För poppel är resultaten inte lika tydliga, men tills vidare används i södra Sverige samma odlingsområde som för hybridasp men med större vikt på klimatiskt gynnsamma lokaler. För rekommendationer i norra Sverige behövs fler fältförsök med bättre anpassade kloner.
- Resultaten bekräftar ett urval som gjorts tidigare av 18 hybridaspkloner och 3 poppelkloner för användning i södra Sverige. Dessutom finns ytterligare 20 lovande kandidatkloner för hybridasp som ska testas för resistens och för tillväxt i fält ytterligare några år innan de kan användas för odling. För norra Sverige har ett preliminärt urval av 18 hybridaspkloner gjorts men för poppel kan ingen av de testade klonerna idag rekommenderas för odling i norra Sverige.

Användning av en eller få kloner kan ge högre produktion, men samtidigt kan konsekvensen bli större vid eventuella angrepp av klonbunda patogenskador. Miljön i sådana bestånd blir mycket homogen, där det finns goda spridningsmöjligheter för specifika skadegörare. För hybridasp ser det relativt lovande ut vad avser antalet odlingsvärda kloner, men förutsatt att odling av poppel i Sverige ökar, måste arbetet med förädling och selektion av nya odlingsvärda kloner intensifieras.

Referenser

- Böhlenius H, Övergaard R and Asp H. 2016. Growth response of hybrid aspen (*Populus* × *wettsteinii*) and *Populus trichocarpa* to different pH levels and nutrient availabilities. Canadian Journal of Forest Research.1367-1374.
- Czapowskyj M. & Safford L. 1993. Site preparation, fertilization, and 10-year yields of hybrid poplar on a clearcut forest site in eastern Maine, USA. New Forests 7(4): 331-344.
- Einspahr, D.W., Benson, M.K. and Peckham, J.R. 1963. Natural variation and heritability in triploid aspen. Silvae Genetica 12: 51-58.
- Einspahr, D.W., Benson, M.K. and Peckham, J.R. 1967. Variation and heritability of wood and growth characteristics of five-year-old quaking aspen. Inst. Pap Chem Gen Physiol Note 1, Madison W1, pp 1-6.
- Elfvig, B. 1986. Odlingsvärdet av björk, asp och al på nedlagd jordbruksmark i Syd-sverige. Skogsvårdsförbundets tidskrift. Nr 5-86.
- Eriksson, T. & Lindsjö, I. 1981. The influence of pH on growth and nutrition of some energy forest tree species. Technical report no 11: 1-13.
- Gianola, D. & Norton, H.W. 1981. Scaling threshold characters. Genetics 99: 357-364.
- Gilmour, A.R., Cullis, B.R., Welham, S.J. and Thompson, R. 1999. ASREML reference manual. New South Wales Agriculture. Orange. 2800. Australia.
- Hjelm K. & Rytter L. 2016. The influence of soil conditions, with focus on soil acidity, on the establishment of poplar (*Populus* spp.) New Forests 47(5): 731-750.
- Hytönen J. & Jylhä P. 2008. Fifteen-year response of weed control intensity and seedling type on Norway spruce survival and growth on arable land. Silva Fennica 42(3): 355-368.
- Ilstedt, B. 1996. Genetics and performance of Belgian poplar clones tested in Sweden. Forest Genetics 3(4): 183-195.
- Isebrands, J.G. & Richardson, J. 2014. Poplars and willows. Trees for society and environment. CABI and FAO, pp 634.
- Li, B. & Wyckoff, G.W. 1993. Hybrid aspen performance and genetic gains. Northern Journal of Applied Forestry, Vol 10 (3): 117-122.
- Nielsen, U.B., Madsen, P., Hansen, J.K., Nord-Larsen, T. and Nielsen, A.T. 2014. Production potential of 36 poplar clones grown at medium length rotation in Denmark. Biomass and Bioenergy. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.03.030>
- Nordiska Ministerrådet (2009). Hållbar utveckling – en ny kurs för Norden. Nordiska Ministerrådet, Copenhagen, Denmark. Report ANP 2009:726. 40 p. <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:701331/FULLTEXT01.pdf>.

- Pliura, A., Suchocka, V., Sarsekova, D. and Gudynaite, V. 2014. Genotypic variation and heritability of growth and adaptive traits, and adaptation of young poplar hybrids at northern margins of natural distribution of *Populus nigra* in Europe. Biomass and Bioenergy. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.09.011>. 17 pp.
- Rosvall O., Jansson G., Andersson B., Ericsson T., Karlsson B., Sonesson J. & Stener L.-G. 2001. Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonblandningar. [Genetic gain from present and future seed orchards and clone mixes]. Redogörelse Vol. 1, 41 p. Uppsala, Skogforsk.
- Rytter L., Ingerslev M., Kilpeläinen A., Torssonen P., Lazdina D., Löf M., Madsen P., Muiste P. & Stener L.-G. 2016. Increased forest biomass production in the Nordic and Baltic countries – a review on current and future opportunities. *Silva Fennica* 50:5, 32 p.
- Rytter L. & Stener L.G. 2014. Growth and thinning effects during a rotation period of hybrid aspen in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29(8): 747-756.
- Stener, L.G. 2010. Tillväxt, vitalitet och densitet för kloner av hybridasp och poppel i sydsvenska fältförsök. Arbetsrapport nr 717, Skogforsk. In Swedish.
- Stener, L.G. 2004a. Plusträskloner av hybridasp. Avelsvärderingsrapport nr 105, Skogforsk.
- Stener, L.G. 2004b. Resultat från sydsvenska klontester med poppel. Arbetsrapport nr 571, Skogforsk.
- Stener L.G. & Westin J. 2018. Resultat från klontester av hybridasp och poppel efter två års tillväxt. Arbetsrapport Skogforsk, Manuskript.
- Stener L.G. & Westin J. 2017. Early growth and phenology of hybrid aspen and poplar in clonal field tests in Scandinavia. *Silva Fennica* vol. 51 no. 2, 22p.
- Stener, L.G., Westin, J. & Stenlid, J. 2015a. Resistensstest av hybridasp. Slutrapport 2015 av Energimyndighetens projekt 35136-1.
- Stener, L.G. & Westin, J. 2015b. Resistensstest av poppel. Slutrapport 2015 av Energimyndighetens projekt 35136-1
- Stener, L.G. & Karlsson, B. 2004. Improvement of *Populus tremula* x *P. tremuloides* by phenotypic selection and clonal testing. *Forest Genetics* 11(1):13-27.
- Yu, Q. 2001. Selection and propagation of hybrid aspen clones for growth and fibre quality. Dissertation for Ph.D. Dep. of Applied Biology, University of Helsinki, Finland, 41 pp.

Bilaga 1. Hybridsasp, södra Sverige. Relativa genotypvärden (%) för de 68 bästa (D7 (Tot_S) > 89) hybridsaspklonerna fördelade på fyra egenskaper för respektive försök samt ett över försöken sammanvägt värde (Tot_S) för D7. Klonerna är sorterade utifrån Tot_S för D7. "Mv, Alla" avser det genotypiska medelvärdet för samtliga 99 testade hybridsaspkloner i södra Sverige, "Se, Alla" avser medelfelet till genotypvärdena, "Abs mv" avser det faktiska medelvärdet, "Mv, Kom" avser det relativa medelvärdet för kloner som ingår i "Sv_S_Kom", "Mv_Urval" avser relativa medelvärdet för de 18 utvalda klonerna och "Mv_20 bästa" avser relativa medelvärdet för de 20 bästa klonerna. I kolumnen "Urv" (Urval) avser "x" = utvald klon som finns registrerad i rikslängden, "x (ny)" = utvald klon som inte registrerats i rikslängden, "Kand" = kandidatklon, "Kräfta" = klon med dålig kräftsresistens. Samma siffra i kolumnen "Samma genotyp" avser kloner som är identiska.

Klon	Samma genotyp	Urv	Lev7, %				HT, %				D7, %				Rek7, %										
			1A	56	1F	58	2F	57	3A	60	3F	60	1A	56	1F	58	2F	57	3A	60	3F	60			
S21K0940249	Let	Kand	94	85	67	97	110	124	119	108	105	112	121	127	138	110	100	121	97	97	100	101	89	96	
S21K894066	Sv_S_Ny	x	95	79	82	100	110	93	108	108	115	132	101	123	124	116	117	120	94	95	94	101	101	91	100
S21K85406	Sv_S_Kom	x	89	86	76	93	123	140	111	127	124	119	133	121	117	125	107	119	100	108	100	101	101	100	116
S21K8440002	Sv_S_Ny	x	95	83	67	84	110	116	103	117	106	125	131	112	111	129	106	118	104	101	101	101	99	105	111
S21K0940252	Tysk	Kand	94	80	78	75	114	121	107			106	127	125	103			117	100	102	110	100			
S21K884042	Sv_S_Ny	x	94	80	77	96	104	108	105	104	97	113	112	120	131	102	94	117	99	100	104	99	103	89	
S21K874024	Sv_S_Ny	x (ny)	95	84	83	93	114	108	114	105	98	123	112	121	113	108	98	116	102	96	98	99	105	97	
S21K0940261	Tysk	Kand	83	77	77	76	101	106	94			134	115	101	104			116	92	100	98	96			
S21K884015	Sv_S_Kom	x	95	80	83	99	114	118	107	109	119	112	117	139	112	103	108	116	99	97	103	98	106	105	
S21K864015	Sv_S_Kom	x	94	87	72	100	96	98	98	104	108	111	115	133	115	124	116	115	106	88	102	101	98	102	
S21K0940251	Tysk	Kand	88	84	77	93	106	116	116			109	108	94	126			114	103	101	97	102			
S21K884015	Sv_Let	x	88	72	67	97	104	128	108	111	109	110	125	126	110	108	101	114	106	102	96	100	108	109	
S21K0940230	Let	Kand	88	85	78	96	112	118	101	103	95	114	118	141	90	105	95	113	100	94	101	96	98	98	
S21K0940242	Let	Kand	94	85	78	96	109	104	109	112	85	124	101	98	122	120	92	112	95	98	105	100	99	98	
S21K8340002	Sv_S_Ny	x	95	83	77	89	108	126	115	115	96	97	126	135	114	112	92	112	102	104	99	101	101	103	
S21K894012	Sv_S_Kom	x	94	82	84	99	104	116	109	114	112	106	117	110	119	108	104	111	91	107	97	100	90	92	
S21K0940241	Let	Kand	89	81	77	96	110	107	111	112	94	121	103	87	124	114	94	111	94	102	101	102	103	96	
S21K8340001	Sv_S_Kom	x	95	85	74	97	117	107	109	134	112	113	100	125	110	131	106	111	91	100	103	96	108	104	
S21K884012	Sv_Let	x	84	78	77	96	113	100	103	101	126	112	110	113	108	97	121	111	102	103	94	98	106	104	
S21K894064	Sv_S_Ny	x	89	77	83	95	108	94	112	110	117	101	99	129	117	110	112	110	96	92	105	105	97	105	
S21K0940239	Let	Kand	94	82	72	98	105	115	107	114	86	110	101	106	120	117	95	110	97	108	104	104	103	97	
S21K864009	Sv_S_Kom	x	94	78	82	89	100	105	101	93	110	112	107	114	111	98	111	109	102	101	101	98	94	103	
S21K884045	Sv_S_Kom	Kräfta	90	79	72	91	107	99	98	94	87	122	95	107	120	91	89	109	101	103	101	98	102	103	
S21K864004	Sv_S_Ny	x (ny)	88	76	72	89	107	109	103	98	131	102	122	104	109	98	118	109	94	97	94	99	102	102	
S21K884012	Sv_S_Kom	x	95	87	79	91	105	109	104	107	117	102	119	116	100	113	113	108	103	103	104	106	98	107	
S21K0940258	Tysk	Kand	77	79	60	75	130	129	117			118	114	77	102			108	107	102		103			
S21K864016	Sv_S_Kom	x	95	83	83	100	101	91	103	111	82	109	102	106	117	120	88	108	104	98	97	98	104	96	
S21K0940255	Tysk	Kand	93	84	71	75	105	113	97			109	105	125	89			107	97	104	109	100			
S21K0940203	Finl	Kand	94	78	74	95	110	119	101	121	120	106	119	110	97	112	111	107	92	103	95	107	107	100	
S21K0940238	Let	Kand	94	85	83	96	100	116	100	82	117	103	116	105	104	83	116	107	104	106	102	103	97	102	
S21K874038	Sv_S_Ny	x	95	84	77	89	101	93	103	107	94	107	101	107	115	117	92	107	108	97	105	101	110	112	
S21K0940253	Tysk	Kand	77	83	82	95	115	111	106			107	105	108	103			106	91	105	102	96			
S21K0940244	Let	Kand	88	81	76	97	106	91	107	103	106	112	92	103	116	99	101	106	96	94	96	94	97	85	
S21K894058	Sv_S_Ny	x (ny)	90	86	78	98	98	90	98	115	121	110	95	116	100	124	119	106	101	95	94	100	96	92	
S21K0940240	Let	Kand	94	78	83	98	108	96	102	104	104	113	95	81	117	141	104	105	98	102	98	97	93	108	
S21K0940237	Let	Kand	94	79	82	97	108	118	112	104	112	109	110	86	110	110	107	105	75	99	94	93	79	82	
S21K0940233	Let	Kand	93	83	73	94	113	91	110	107	115	103	92	102	117	105	107	104	90	102	96	101	103	99	
S21K0940254	Tysk	Kand	94	79	80	96	105	89	95			112	89	125	91			104	110	99	111	102			
S21K0940250	Tysk	Kand	71	80	84	96	110	108	108			106	112	89	104			103	102	99	93	98			
S21K0940259	Tysk	Kand	88	78	84	97	115	113	104			110	104	99	99			103	71	101	85	98			

Bilaga 2. Hybridasp, norra Sverige. Relativa genotypvärden (%) för de 34 bästa (D7 (Tot_N) > 100) hybridaspklonerna fördelade på fyra egenskaper för respektive försök samt ett över försöken sammanvägt värde (Tot_N) för D7. Klonerna är sorterade utifrån Tot_N för D7. "Mv, Alla" avser det genotypiska medelvärdet för samtliga 68 testade hybridaspkloner i norra Sverige, "Se, Alla" avser medelfelet till genotypvärdena, "Abs mv" avser det faktiska medelvärdet, "Mv_Urval" avser relativa medelvärdet för de 18 utvalda klonerna och "Mv_Finl" avser relativa medelvärdet för samtliga finska kloner. I kolumnen "Urv" (Urval) avser "x" = utvald klon, "Lev" = låg överlevnad, "Få" = få testade individer av klonen.

Klon	Grupp	Urv	Lev7, %				H7, %				D7, %					Rak7, %												
			4A	63	5F	65	5A	65	4A	63	4F	63	5F	65	5A	65	4A	63	4F	63	5F	65	5A	65	Tot N	4A	63	5F
S23K8940001	Sv_N	x	40	91	88	124	128	126	137	130	133	142	141	166	101	105	110											
S21K0940206	Finl	x	56	94	56	110	124	119	115	121	116	138	111	147	101	101	101											
S21K894012	Sv_S_Kom	x	39	96	55	153	129	124	133	143	122	119	133	147	100	97	77											
S23K8940004	Sv_N	x	43	95	70	129	127	123	126	134	122	130	125	147	104	113	103											
S23K0940490	Sv_N	x	53	63	87	105	137	109	141	99	130	107	154	145	101	100	101											
S23K0940514	Sv_N	x	74	71	45	129		109	121	135		101	126	140	100	101	101											
S21K0940219	Finl	x	40	81	86	101	115	114	125	102	116	117	143	139	100	101	101											
S21K0940213	Finl	x	51	96	42	133	88	119	116	130	96	120	127	134	110	101	100											
S21K0940202	Finl	x	53	94	55	115	95	115	126	123	89	136	128	133	100	101	106											
S21K0940204	Finl	x	40	96	50	120	142	125	114	108	125	116	103	132	100	79	100											
S21K884012	Sv_S_Kom	x	54	79	64	104	110	110	129	95	139	116	134	130	95	95	96											
S21K884002	Sv_S_Kom	x	56	97	82	120	115	116	126	119	114	116	129	130	100	101	101											
S21K884042	Sv_S_Ny	Lev	38	74	23	75	142	104	.	89	143	104	.	129	.	101	.											
S21K0940205	Finl	x	44	97	64	96	114	102	128	107	121	97	171	129	100	101	102											
S23K8940007	Sv_N	x	65	88	79	93	118	102	120	115	127	105	126	127	101	102	101											
S23K8940006	Sv_N	x	38	90	68	115	111	109	118	116	108	118	114	123	101	105	102											
S23K0940491	Sv_N	Få	47	67	44	117	.	.	.	122	.	.	.	123	100	.	.											
S21K864010	Sv_S_Kom	Lev	39	59	25	87	140	96	96	92	151	93	78	123	101	100	.											
S21K894066	Sv_S_Ny	Lev	41	68	25	110	129	100	82	111	132	103	69	122	101	100	.											
S21K0940207	Finl	x	46	94	61	106	87	111	114	96	102	122	120	121	100	101	101											
S23K0940497	Sv_N	Få	55	92	39	97	.	109	.	111	.	109	.	119	101	101	.											
S21K874011	Sv_S_Ny	Lev	31	56	31	.	118	101	104	.	121	101	96	115	.	105	101											
S21K0940214	Finl	x	46	97	77	114	98	96	116	125	95	93	133	114	100	103	101											
S21K884056	Sv_S_Kom	Lev	48	82	33	115	92	101	69	121	104	102	74	112	100	101	.											
S21K874024	Sv_S_Ny	Lev	53	52	31	125	115	97	88	118	106	102	83	111	100	101	101											
S21K864012	Sv_S_Kom	Få	49	78	48	108	105	107	76	110	102	121	65	111	100	92	.											
S21K0940209	Finl	Få	44	67	44	.	100	.	.	.	108	.	.	110	.	.	.											
S21K864004	Sv_S_Ny	x	64	98	57	110	116	116	105	91	113	114	95	109	100	96	101											
S21K864015	Sv_S_Kom	Lev	41	73	17	102	98	96	.	116	104	98	.	109	101	101	.											
S21K85452	Sv_S_Ny	Lev	40	59	51	133	87	89	102	127	94	80	141	107	101	101	86											
S21K0940218	Finl	Få	49	91	75	98	115	107	94	89	123	106	89	106	100	101	100											
S21K0940217	Finl	Få	47	92	56	105	.	100	114	98	.	101	111	104	100	101	100											
S21K8340001	Sv_S_Kom	Lev	37	77	30	94	132	103	121	81	126	93	117	101	100	101	95											
S23K0940492	Sv_N	Lev	46	70	43	90	68	99	110	95	87	106	116	101	101	100	101											
Mv, Alla, %			48	80	55	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100											
Se, Alla, %						13	14	9	15	16	18	13	22	12														
Abs mv			48	80	55	43	34	54	35	37	26	44	25	33	5,0	5,0	5,0											
Enhet			%	%	%	dm	dm	dm	dm	mm	mm	mm	mm	mm	(1-9)	(1-9)	(1-9)											
Mv, Urval, %			50	90	66	115	115	114	123	116	116	117	129	134	101	100	100											
Mv_Finl, %			49	90	66	100	94	102	104	100	92	104	105	99	101	99	101											

Bilaga 3. Poppel, södra Sverige. Relativa genotypvärden (%) för de 32 bästa (D7 (Tot_S) > 100) poppelklonerna fördelade på fyra egenskaper för respektive försök samt ett över försöken sammanvägt värde (Tot_S) för D7. Klonerna är sorterade utifrån Tot_S för D7. "Mv, Alla" avser det genotypiska medelvärdet för samtliga 66 testade poppelkloner i södra Sverige, "Se, Alla" avser medelfelet till genotypvärdena, "Abs mv" avser det faktiska medelvärdet, "Mv_Urval" avser relativa medelvärdet för de 3 utvalda klonerna. Samma siffra i kolumnen "Samma genotyp" avser kloner som är identiska. I kolumnen "Urval" avser "X" = utvald klon, "Kand" = kandidatklon, "Lev" = Klon med dålig överlevnad, "Res" = klon med dålig resistens.

Klon	Samma Grupp genotyp	Urval	Lev7, %				H7, %				D7, %					Rak7, %													
			1A	562A	583A	603F	60	1A	562A	583A	603F	60	1A	56	2A	58	3A	60	3F	60	Tot_S	1A	56	2A	58	3A	60	3F	60
S21K0940061	Sv_S_Kom	X	81	64	59	90	113	118	113	121	123	127	118	128	131	96	97	103	104										
S21K0940034	Belg	Kand	76				113				125				125	102													
S21K82604	1 Sv_S_Kom	X	79	73	96	98	103	109	119	98	128	143	171	103	124	98	101	102	110										
S21K0940023	Belg	Kand	53				111				117				117	101													
S21K82601	1 Sv_S_Kom	X	89	63	90	83	101	112	117	96	120	135	135	103	116	98	103	102	98										
S21K0940014	Belg	Kand	85				110				115				115	101													
S21K0940036	Belg	Kand	75				106				115				115	101													
S23K9040025	Sv_S_Kom	Res	80	82	95	97	94	117	127	103	96	138	141	104	113	101	94	102	106										
S21K0940054	Sv_STT_C	Kand		91	94	95		113	135	103		126	145	99	112		112	100	106										
S216PPL54	Sv_S_Kom	Lev	80	29	48	64	107	102	95	111	113	107	87	110	112	99	105	101	111										
S21K0940040	Belg	Kand	64				107				111				111	100													
S21K0940010	Belg	Kand	78				94				107				107	97													
S21K0940019	Belg	Kand	68				105				107				107	99													
S23K9040086	Sv_S_Kom	X	86	14	65	79	113	107	113	97	135	116	120	93	107	94	104	99	99										
S21K0940015	Belg	Kand	79				107				106				106	101													
S21K766005	Sv_S_Kom	Res	94	26	27	83	113	86	101	103	110	60	91	110	106	100	100	100	101										
S21K0940042	Belg	Kand	82				106				105				105	98													
S21K0940026	Belg	Kand	62				105				105				105	99													
S21K0940016	Belg	Kand	75				104				105				105	101													
S21K0940053	Sv_STT_C	Kand		86	92	96		110	118	102		114	119	99	105		95	98	100										
S21K0940012	Belg	Kand	69				100				104				104	101													
S21K0940011	Belg	Kand	64				111				104				104	102													
S21K0940052	Sv_STT_C	Kand		87	88	92		103	106	97		119	108	100	104		99	100	101										
S21K0940024	Belg	Kand	61				108				104				104	99													
S21K766048	Sv_S_Kom	Res	93	49	82	96	90	97	84	102	112	100	80	106	104	101	98	98	92										
S23K9040089	Sv_S_Kom	Lev	49	35	15	83	91	92		104	88	94		105	103	101	102		107										
S21K0940003	Belg	Kand	69				98				103				103	98													
S21K0940018	Belg	Kand	77				99				103				103	103													
S21K0940002	Belg	Kand	81				100				102				102	101													
S21K0940037	Belg	Kand	60				104				102				102	100													
S21K766049	Sv_S_Kom	Kand	91	83	65	64	114	97	87	97	139	95	78	94	102	97	91	97	98										
S21K0940013	Belg	Kand	62				101				102				102	100													
Mv, Alla, %			68	51	70	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100										
Se, Alla, %							6	7	9	8	11	12	15	13	11														
Abs mv			68	51	70	80	89	101	46	37	89	104	41	27	65	7,4	5,7	5,0	4,8										
Enhet			(0-1)	(0-1)	(0-1)	(0-1)	dm	dm	dm	dm	mm	mm	mm	mm	mm	(1-9)	(1-9)	(1-9)	(1-9)										
Mv, Urval, %			84	53	77	87	107	111	115	103	126	130	136	107	120	96	101	102	102										

Bilaga 4. Poppel, norra Sverige. Relativa genotypvärden (%) fördelade på tre egenskaper. Avser samtliga kloner som överlevt i 5F_65. I kolumnen "Urval" avser "Kand" = kandidatklon som kan vara av intresse och "Res" = klon med dålig resistens. "Mv, Alla" avser det genotypiska medelvärdet för samtliga 26 testade kloner i 5F_65, "Se, Alla" avser medelfelet till genotypvärdena, "Abs mv" avser det faktiska medelvärdet. "Mv, Urval" avser det relativa medelvärdet för de utvalda kandidatklonerna.

Klon	Grupp	Urval	Lev7, %		H7, %	D7, %
			5F_65	5A_65	5F_65	5F_65
S23K9040005	Sv_N	Res	41	3	119	171
N010001	Norg	Res	28	6	113	166
S23K9740041	Isl	Kand	44	69	110	161
N010051	Norg	Res	35	10	101	152
S23K9740045	Isl	Kand	72	4	120	145
S23K9740017	Isl	Kand	46	40	106	124
S23K1040511	Sv_N	Kand	51	35	99	115
S23K1040508	Sv_N	Kand	46	25	103	113
S23K9040043	Sv_N	Res	35	5	106	108
S23K1040510	Sv_N	Kand	43	32	101	102
S23K9640038	Sv_N		24	8	102	99
S23K9740043	Isl	Kand	59	42	93	98
S23K9740038	Isl		38	22	95	96
S23K9740030	Isl	Kand	60	33	86	93
S23K9640092	Sv_N		31	4	102	92
N010053	Norg	Kand	34	33	96	92
S23K9040016	Sv_N		27	17	102	87
S23K9040006	Sv_S_Kom		21	1	105	86
S23K9040011	Sv_S_Kom		33	1	103	79
S23K9040085	Sv_N		30	15	98	75
S23K9040036	Sv_N		31	6	96	69
S23K1040505	Sv_STT_N		20	7	93	64
S23K9640082	Sv_N		43	11	92	59
S23K1040504	Sv_N		37	3	100	59
S23K9040037	Sv_N		40	4	82	58
S23K1040509	Sv_N		30	3	87	39
Mv, Alla, %			30	12	100	100
Se, Alla, %					13	27
Abs mv			30	12	23	14
Enhet			(0-1)	(0-1)	dm	mm
Mv, Urval, %			50	35	102	116