

Ulf Johansson ▪ Per Magnus Ekö ▪ Björn Elfving ▪ Tord Johansson ▪ Urban Nilsson

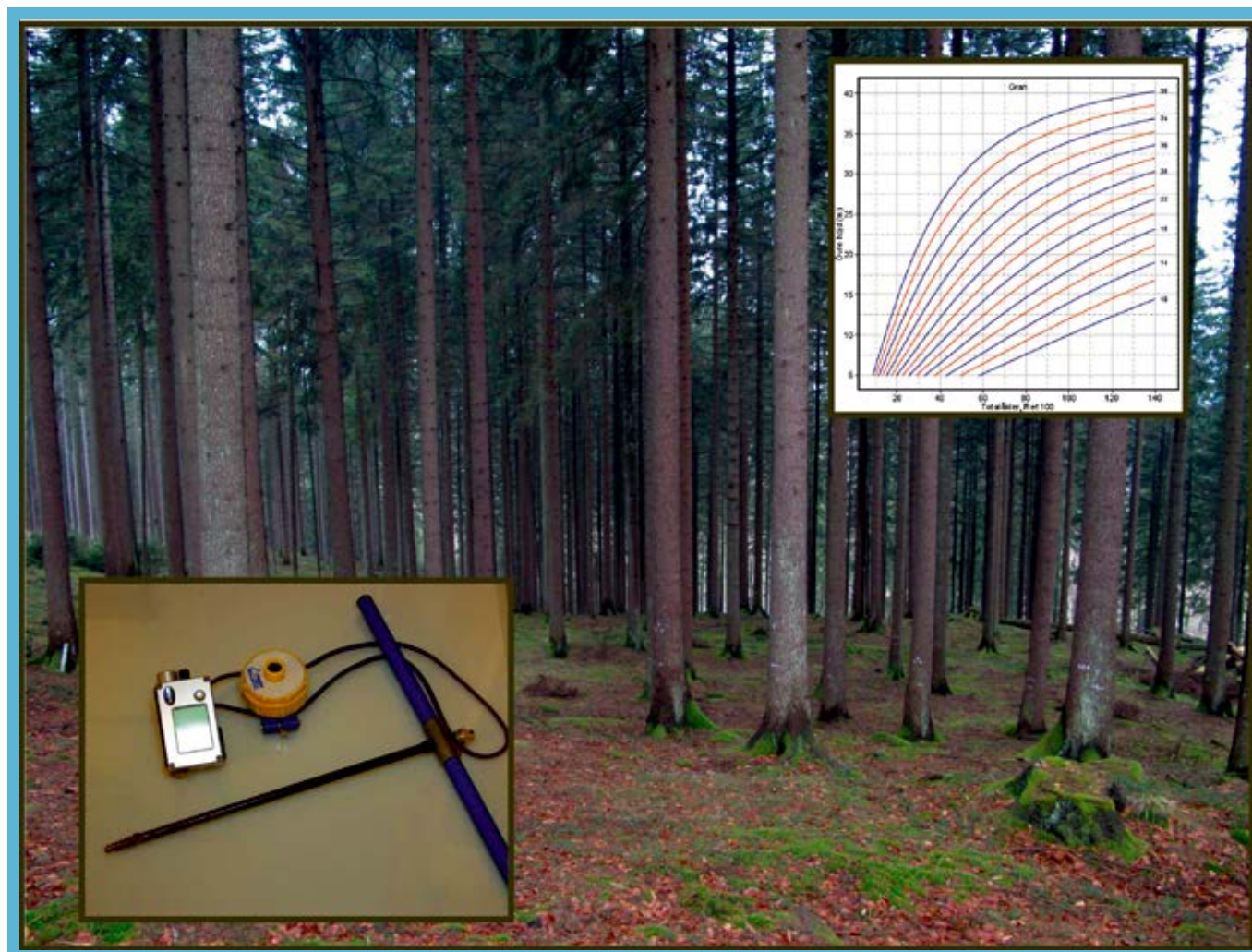


Foto Ulf Johansson och Göran Snygg

Nya höjdutvecklingskurvor för bonitering

- Höjdutvecklingskurvor beskriver hur sambandet mellan höjd och ålder i ett skogsbestånd utvecklas över tid och är ett viktigt hjälpmedel för att skatta ståndortsindex vid bestämning av skogsmarkens bonitet (bördighet). De höjdutvecklingskurvor som under de senaste decennierna huvudsakligen använts i svenskt skogsbruk utarbetades på 1970-talet.
- Tack vare nya datamaterial och användning av förfinade modeller har det varit möjligt att förbättra höjdutvecklingskurvorna för flera trädslag. De nya kurvorna presenteras här i en samlad form och rekommenderas nu för tillämpning.
- För ståndortsbonitering har tidigare använda samband för tall och gran kompletterats med motsvarande för björk.

■ Höjdtutvecklingskurvor för de viktigaste svenska trädslagen utarbetades på 1970-talet av produktionsforskare vid dåvarande Skogshögskolan. Dessa höjdtutvecklingskurvor utgör en central del av ”Skogshögskolans boniteringssystem” och har fått en bred tillämpning inom svenskt skogsbruk.

Under de snart 40 år som förflutit sedan höjdtutvecklingskurvorna i ”Skogshögskolans boniteringssystem” togs i bruk, har den svenska skogsproduktionsforskningen arbetat med att ta fram förbättrade höjdtutvecklingskurvor. Genom tillgång till nya datamaterial och användning av förfinade matematiska modeller har nya och förbättrade höjdtutvecklingskurvor kunnat utarbetas. Samtidigt har höjdtutvecklingskurvor tagits fram för fler trädslag. Den nya uppsättningen av kurvorna rekommenderas nu för praktisk tillämpning. Syftet här är att ge en samlad presentation av vilka nya höjdtutvecklingskurvor som finns tillgängliga. Här redovisas nya höjdtutvecklingssamband trädslagsvis i diagramform (Figur 1). För tillämpningar där de matematiska funktionerna erfordras, hänvisas till Faktaruta 3.

Nya höjdtutvecklingskurvor

Trädslagsvisa uppgifter om datamaterialet bakom höjdtutvecklingskurvorna och deras tillämpningsområden finns i Tabell 1.

Tall och contortatall: Höjdtutvecklingskurvor för tall bygger på data från upprepade mätningar på fasta försöksytor i tallbestånd spridda över hela Sverige. Tallbestånden var planterade, sådda eller uppkomna genom naturlig förnygring. Den valda matematiska modellen medger ett flexibelt val av referensålder. De nya kurvorna ger vid jämförelse med tidigare använda kurvor (”Skogshögskolans boniteringssystem”) ett ”brantare”

höjdtutvecklingsförlopp, dvs. snabbare höjdtillväxt i yngre bestånd och mera uthållig tillväxt i äldre bestånd. Kontroller av de nya kurvorna mot data från gamla fasta försöksytor i naturligt förnygrade bestånd visade på god överensstämmelse medan höjdtutvecklingen i gamla planterade tallbestånd var svårbedömd. I planterad tallskog rekommenderas de nya kurvorna därför i bestånd inom intervallet 10–80 år.

Studier av höjdtutvecklingen på fasta och tillfälliga provytor i planterade contortabestånd har visat att höjdtutvecklingsmönstret är likartat för vanlig tall och contortatall. Det innebär att de nya höjdtutvecklingskurvorna för tall även kan användas för skattning av ståndortsindex i bestånd av contortatall.

Gran: Nya höjdtutvecklingskurvor för gran bygger på data från upprepade mätningar på fasta försöksytor i granbestånd med god spridning över hela landet. På flertalet av försöksytorna har bestånden uppkommit genom plantering men ett fåtal naturligt förnygrade bestånd ingår. Samma typ av matematisk modell som för tall har använts vilket innebär att referensåldern även för gran kan väljas flexibelt. De nya höjdtutvecklingskurvorna för gran ger säkra skattningar främst i normalsluten, likåldrig skog i åldersintervallet 10–80 år.

Lärk: För lärk har svenska höjdtutvecklingskurvor tidigare saknats, men genom tillgång på nya dataserier har sådana nu kunnat beräknas. Kurvorna för lärk bygger på data från 21 fasta försöksytor med europeisk lärk, 14 med japansk lärk, 31 med sibirisk lärk och 11 med hybridlärk. Kurvorna är tillämpbara för hela landet och kan användas i bestånd av alla de aktuella lärkarterna.

Bok och ek: Kurvorna baseras på fasta försöksytor i bok- och ekbestånd, vilka

följs med upprepade mätningar. Samma försöksytor användes på 1970-talet för att utarbeta höjdtutvecklingskurvor och produktionsmodeller för bok- och ekbestånd, men längre mätserier har denna gång kunnat utnyttjas.

Vårt- och glasbjörk: Nya höjdtutvecklingskurvor för björk bygger på data från stamanalyserade övrehöjdsträd av vårt- och glasbjörk från tillfälliga provytor i rena och blandade björkbestånd med god geografisk spridning över hela landet. Den modell som använts för höjdtutvecklingskurvorna medger även här att referensåldern kan väljas fritt av användaren. De nya kurvorna har visat på en god överensstämmelse vid kontroller mot kända höjdtutvecklingar på fasta försöksytor, men vissa avvikelser har noterats för skattningar av ståndortsindex (Faktaruta 1) vid låga åldrar. Kurvorna bör därför användas med viss försiktighet i mycket unga bestånd. I jämförelse med de tidigare använda höjdtutvecklingskurvorna för vårtbjörk i Svealand, ger de nya kurvorna en systematiskt svagare höjdtutveckling i björkbestånd över ca 40 års ålder. Höjdtutvecklingsmönstret är detsamma för vårt- och glasbjörk.

Al och asp: Höjdtutvecklingskurvor för al och asp bygger på stamanalyserade träd från tillfälliga provytor i bestånd på lokaler spridda över landet. Den använda modellen för höjdtutveckling medger ett användarstyrt val av referensålder. Separata kurvor presenteras för klibbal och gråal.

Hybridasp och poppel: Höjdtutvecklingskurvor bygger på data från stamanalyserade träd på tillfälliga provytor i åkermarksplanteringar i södra och mellersta Sverige. Trädslagen har snabb höjdtutveckling i ungdomen (se vidare Johansson 2012).

Tabell 1. Material för nya höjdtutvecklingskurvor.

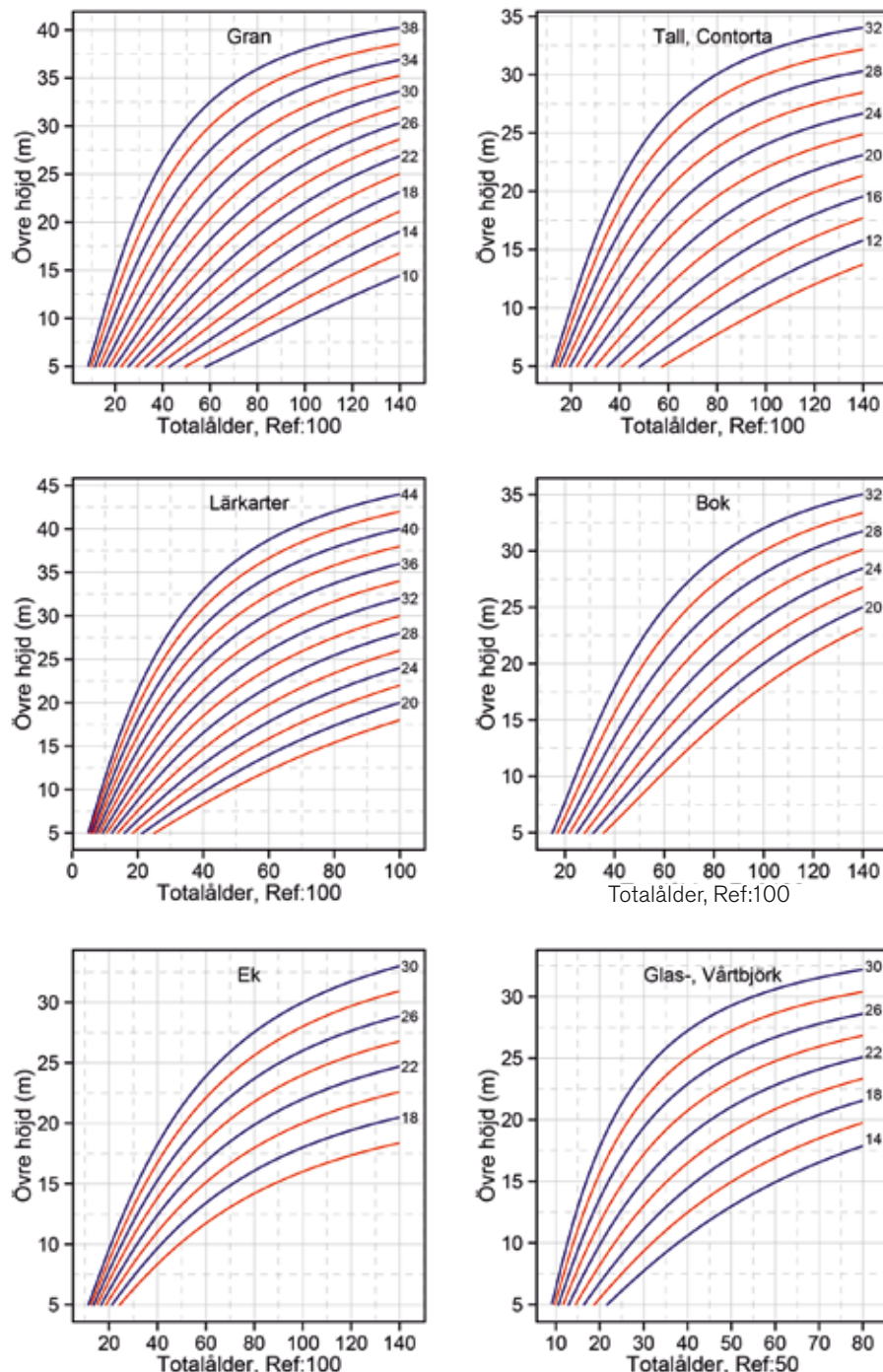
Trädslag	Antal ytor	Antal observationer	Medelålder, år (min–max)	Tillämpningsområde
Gran	81	294	48 (13–207)	10–80 år
Tall	156	453	42 (9–134)	10–80 år
Lärk	77	130	46 (7–115)	10–100 år
Bok	29	40	67 (19–169)	20–150 år
Ek	29	46	77 (19–148)	20–150 år
Björk	155	266	44 (20–108)	10–90 år
Klibbal	32	32	49 (21–91)	< 100 år
Gråal	26	26	40 (21–66)	< 70 år
Asp	40	400	32 (12–63)	< 60 år
Hybridasp	27	40	21 (15–51)	< 50 år
Poppel	33	64	24 (14–45)	< 50–60 år

Ståndortsbonitering av björk

I "Skogshögskolans boniteringssystem" finns metoder för att skatta ståndortsindex (SI; Faktaruta 1) för tall och gran med ledning av ståndortsegenskaper. En liknande metod finns nu för björk. Den bygger på utvalt datamaterial omfattande 886 av riksskogstaxeringens provytor där det var möjligt att skatta SI (H50) med höjdtutvecklingskurvor. För att skatta SI med ståndortsfaktorer används breddgrad, höjd över havet, markfuktighet, markvegetationstyp och rörligt markvatten. De nya sambanden presenteras här i tabellform (Tabell 2). Skattningar av SI med ledning av ståndortsegenskaper har generellt lägre precision än motsvarande skattningar med höjdtutvecklingskurvor, varför den senare metoden alltid bör användas där så är möjligt.

Ämnesord

Boniteringssystem, höjdtutvecklingskurvor, ståndortsbonitering, ståndortsindex.



Figur 1. Höjdtutvecklingskurvor för några svenska trädslag. Ref:100 och Ref:50 avser referensålder 100 resp. 50 år. För björk har ett schablon tillägg gjorts för tid till brösthöjd.

FAKTARUTA 1

Ståndortsindex

Ståndortsindex (SI) definieras som den övre höjd ett "idealt" bestånd uppnår vid en förutbestämd referensålder. Med ett "idealt" bestånd avses att det är någorlunda trädslagsrent, likåldrigt och oskadat och med övre höjd menas den aritmetiska medelhöjden för de 100 grävsta träden per hektar. Exempel på SI kan vara H100 eller H50, dvs. ett bestånds förväntade övre höjd vid 100 resp. 50 års ålder. Olika metoder kan brukas för att i fält skatta SI. I etablerad

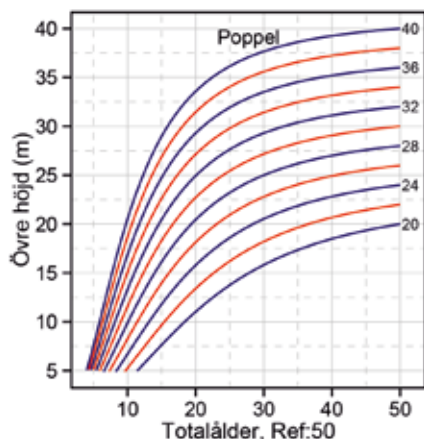
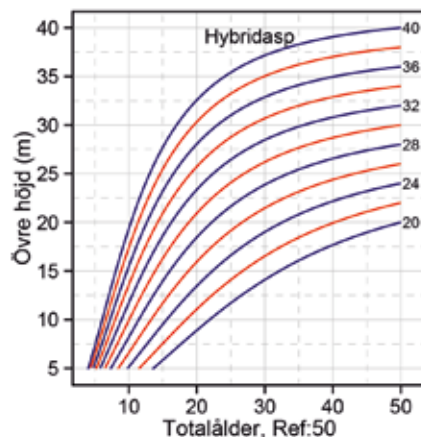
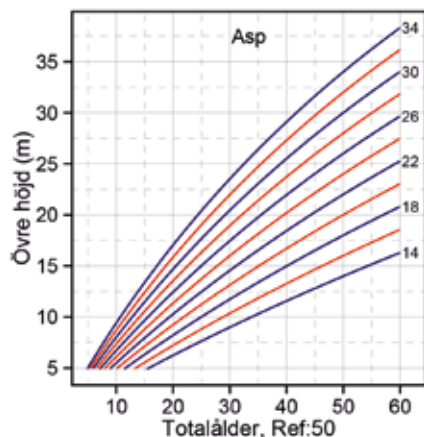
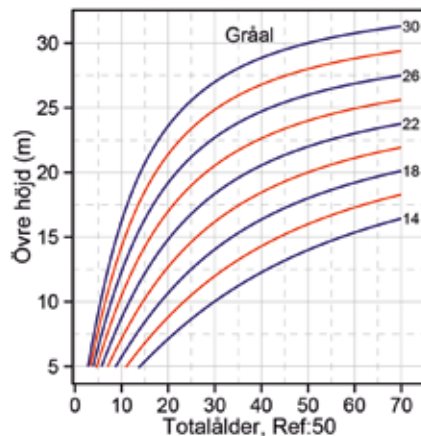
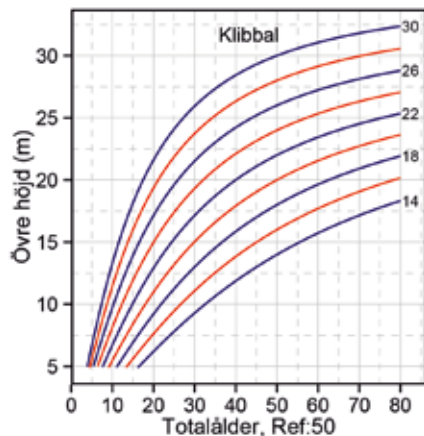
skog (höjd > 5 m) med egenskaper som motsvarar det "ideala" beståndet används höjdtutvecklingskurvor (Faktaruta 2). I ungskogsbestånd kan man använda längden av det s.k. interceptet (= summan av längden på ett antal årsskott). På kal mark eller på ståndorter där det saknas ett "idealt" bestånd kan SI skattas med ledning av ståndortsegenskaper såsom latitud, altitud, markfuktighet, markvegetationstyp m.fl. Sedan SI skattats kan ståndortens naturgivna produktionsförmåga (bonitet) bestämmas

med hjälp av bonitetsfunktioner. Vidare kan SI för andra trädslag beräknas med hjälpmedel för trädslagsbyten.

Ståndortsindex är en mycket användbar och vanligt förekommande variabel i många skogliga tillämpningar. Exempel på tillämpningsområden för SI är bestämning av skogsmarkens bonitet (bördighet), klassificering av skog och skogsmark vid skogsindelning och skogsvärdering samt användning i prognos-hjälpmedel för tillväxt- och avverkningsberäkningar.

Läs mer

- Cieszewski, C. J. 2001. Three models of deriving advanced dynamic site equations demonstrated on inland Douglas-fir site curves. *Can. J. For. Res.* 31:165–173.
- Cieszewski, C. J. & Bella, I. E. 1989. Polymorphic height and site index curves for lodgepole pine in Alberta. *Can. J. For. Res.* 19:1151–1160.
- Elfving, B. 2003. Övre höjdens utveckling i granplanteringar. SLU, Inst för skogsskötsel, Arbetsrapporter 185:1–8.
- Elfving, B. 2009. Height development functions. SLU, PM for Heureka, appendix 9, 2 pp.
- Elfving, B. & Kiviste, A. 1997. Construction of site index equations for *Pinus sylvestris* L. using permanent plot data in Sweden. *For. Ecol. Man.* 98:125–124.
- Eriksson, H., Johansson, U. & Kiviste, A. 1997. A site-index model for pure and mixed stands of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 12:149–156.
- Johansson, T. 1996. Site index curves for European aspen growing on forest land of different soils in Sweden. *Silva Fennica* 30(4):437–458.
- Johansson, T. 1999. Site index curves for common alder and grey alder growing on different types of forest soils in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 14:441–453.
- Johansson, T. 2006. Site index conversion equations for *Picea abies* and five broad-leaved species in Sweden: *Alnus glutinosa*, *Alnus incana*, *Betula pendula*, *Betula pubescens* and *Populus tremula*. *Scand. J. For. Res.* 21:14–19.
- Johansson, T. 2011. Site index curves for poplar growing on former farmlands in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 26:161–170.
- Johansson, T. 2012. Poppelns höjduitveckling – växer snabbt med korta omloppstider. SLU, Fakta Skog 3/2012:1–4.
- Johansson, T. 2013. A site dependent top height growth model for hybrid aspen. *Journal of Forestry Research* 24(4): 691–698.



FAKTARUTA 2

Höjduitvecklingskurvor

Höjduitvecklingskurvor beskriver sambandet mellan ett skogsbestånds övre höjd och ålder över tid. Den övre höjden definieras som den aritmetiska medelhöjden av de 100 grävsta träden per hektar i ett bestånd. I många tillämpningar används synonymt de 10 grävsta

träden på en 0,1 hektar yta men för bestämning i praktisk tillämpning höjdmåts oftast de 2 grävsta träden på en cirkelyta med 10 m radie. Åldern kan avse totalålder eller brösthöjdsålder (= antal årsringar i stamtvärsnittet på 1,3 m höjd). Bakom höjduitvecklingskurvor finns matematiska funktionssamband

vilka härletts med hjälp av data från kända observationer av relationen mellan höjd och ålder. Material för beräkning av höjduitvecklingskurvor kan bestå av upprepade mätningar av höjd och ålder på fasta försöksytor eller från stamanalyser av träd som representerar utvecklingen av ett bestånds övre höjd.

Tabell 2. Ståndortsbonitering av björk. På frisk mark latitud 56–60 påverkas skattningen av SI inte av höjden över havet.

Markvegeta- tionstyp	Latitud, °N	Frisk mark — Höjd över havet, m							
		Rörligt markvatten under längre perioder = nej				Rörligt markvatten under längre perioder = ja			
		0	100	300	500	0	100	300	500
Högört-typer	56			21,8				23,5	
	58			22,7				24,4	
	60			23,6				25,3	
	62	20,9	20,1	18,3	16,6	23,1	22,3	20,5	18,8
	64	18,7	17,8	16,1	14,4	20,9	20,0	18,3	16,6
	66	16,5	15,6	13,9	12,1	18,7	17,8	16,1	14,3
	68	14,3	13,4	11,6	9,9	16,5	15,6	13,9	12,1
Lågört-typer	56			20,9				22,6	
	58			21,8				23,6	
	60			22,8				24,5	
	62	20,9	20,1	18,3	16,6	23,1	22,3	20,5	18,8
	64	18,7	17,8	16,1	14,4	20,9	20,0	18,3	16,6
	66	16,5	15,6	13,9	12,1	18,7	17,8	16,1	14,3
	68	14,3	13,4	11,6	9,9	16,5	15,6	13,9	12,1
Gräs-typer	56			19,2				20,9	
	58			20,1				21,8	
	60			21,1				22,8	
	62	19,5	18,7	16,9	15,2	21,7	20,9	19,1	17,4
	64	17,3	16,4	14,7	13,0	19,5	18,6	16,9	15,2
	66	15,1	14,2	12,5	10,7	17,3	16,4	14,7	12,9
	68	12,9	12,0	10,2	8,5	15,1	14,2	12,5	10,7
Övriga	56			16,2				18,0	
	58			17,2				18,9	
	60			18,1				19,8	
	62	19,5	18,7	16,9	15,2	21,7	20,9	19,1	17,4
	64	17,3	16,4	14,7	13,0	19,5	18,6	16,9	15,2
	66	15,1	14,2	12,5	10,7	17,3	16,4	14,7	12,9
	68	12,9	12,0	10,2	8,5	15,1	14,2	12,5	10,7

Markvege- tations- typ	Lati- tud °N	Fuktig mark — Höjd över havet, m															
		Rörligt markvatten under längre perioder = nej								Rörligt markvatten under längre perioder = ja							
		Vitmossor				Friskmarksmossor				Vitmossor				Friskmarksmossor			
		0	100	300	500	0	100	300	500	0	100	300	500	0	100	300	500
Högört-typer	56	19,7	19,0	17,5	16,1	20,7	20,0	18,5	17,1	21,7	21,0	19,5	18,1	22,7	22,0	20,5	19,1
	58	20,3	19,6	18,1	16,7	21,3	20,6	19,1	17,6	22,3	21,6	20,1	18,6	23,3	22,5	21,1	19,6
	60	20,9	20,1	18,7	17,2	21,9	21,1	19,7	18,2	22,9	22,1	20,7	19,2	23,8	23,1	21,7	20,2
	62	19,5	18,4	16,4	14,3	20,0	19,0	16,9	14,8	20,8	19,7	17,7	15,6	21,3	20,3	18,2	16,2
	64	17,5	16,5	14,4	12,4	18,0	17,0	15,0	12,9	18,8	17,8	15,7	13,7	19,3	18,3	16,3	14,2
	66	15,6	14,5	12,5	10,4	16,1	15,1	13,0	10,9	16,9	15,8	13,8	11,7	17,4	16,4	14,3	12,2
	68	13,6	12,6	10,5	8,4	14,1	13,1	11,1	9,0	14,9	13,9	11,8	9,8	15,4	14,4	12,4	10,3
Lågört-typer	56	20,5	19,8	18,4	16,9	20,7	20,0	18,5	17,1	22,5	21,8	20,3	18,9	23,5	22,8	21,3	19,9
	58	21,1	20,4	18,9	17,5	21,3	20,6	19,1	17,6	23,1	22,4	20,9	19,5	24,1	23,4	21,9	20,4
	60	21,7	21,0	19,5	18,0	21,9	21,1	19,7	18,2	23,7	22,9	21,5	20,0	24,7	23,9	22,5	21,0
	62	19,5	18,4	16,4	14,3	20,0	19,0	16,9	14,8	20,8	19,7	17,7	15,6	21,3	20,3	18,2	16,2
	64	17,5	16,5	14,4	12,4	18,0	17,0	15,0	12,9	18,8	17,8	15,7	13,7	19,3	18,3	16,3	14,2
	66	15,6	14,5	12,5	10,4	16,1	15,1	13,0	10,9	16,9	15,8	13,8	11,7	17,4	16,4	14,3	12,2
	68	13,6	12,6	10,5	8,4	14,1	13,1	11,1	9,0	14,9	13,9	11,8	9,8	15,4	14,4	12,4	10,3
Gräs-typer	56	19,2	18,4	17,0	15,5	19,7	19,0	17,5	16,1	21,1	20,4	18,9	17,5	22,1	21,4	19,9	18,5
	58	19,7	19,0	17,5	16,1	20,3	19,6	18,1	16,7	21,7	21,0	19,5	18,1	22,7	22,0	20,5	19,1
	60	20,3	19,6	18,1	16,7	20,9	20,1	18,7	17,2	22,3	21,6	20,1	18,6	23,3	22,5	21,1	19,6
	62	18,7	17,7	15,6	13,6	19,3	18,2	16,2	14,1	20,0	19,0	16,9	14,9	20,6	19,5	17,5	15,4
	64	16,8	15,7	13,7	11,6	17,3	16,3	14,2	12,2	18,1	17,0	15,0	12,9	18,6	17,6	15,5	13,5
	66	14,8	13,8	11,7	9,7	15,4	14,3	12,3	10,2	16,1	15,1	13,0	11,0	16,7	15,6	13,6	11,5
	68	12,9	11,8	9,8	7,7	13,4	12,4	10,3	8,3	14,2	13,1	11,1	9,0	14,7	13,7	11,6	9,6
Övriga	56	17,6	16,8	15,4	13,9	18,5	17,8	16,4	14,9	19,5	18,8	17,3	15,9	20,5	19,8	18,3	16,9
	58	18,1	17,4	15,9	14,5	19,1	18,4	16,9	15,5	20,1	19,4	17,9	16,5	21,1	20,4	18,9	17,5
	60	18,7	18,0	16,5	15,1	19,7	19,0	17,5	16,0	20,7	20,0	18,5	17,0	21,7	20,9	19,5	18,0
	62	18,7	17,7	15,6	13,6	19,3	18,2	16,2	14,1	20,0	19,0	16,9	14,9	20,6	19,5	17,5	15,4
	64	16,8	15,7	13,7	11,6	17,3	16,3	14,2	12,2	18,1	17,0	15,0	12,9	18,6	17,6	15,5	13,5
	66	14,8	13,8	11,7	9,7	15,4	14,3	12,3	10,2	16,1	15,1	13,0	11,0	16,7	15,6	13,6	11,5
	68	12,9	11,8	9,8	7,7	13,4	12,4	10,3	8,3	14,2	13,1	11,1	9,0	14,7	13,7	11,6	9,6

Nya höjdtvecklingskurvor för bonitering

FAKTARUTA 3

Matematiska funktioner

De höjdtvecklingskurvor som här presenteras bygger på en s.k. differensekvationsmetod och en specialformulering av Hossfelds tillväxtfunktioner från 1822 (Cieszewski & Bella 1989). Lösningen har följande allmänna form:

$$H2 = (H1 + d + r) / [2 + (4 \cdot \beta \cdot A2^{b2}) / (H1 - d + r)];$$

$$d = \beta \cdot a1^{b2}; r = [(H1 - d)^2 + 4 \cdot \beta \cdot H1 \cdot A1^{b2}]^{0.5}$$

där H1 och A1 = mätt övre höjd och ålder, H2 = övre höjd vid vald referensålder, A2 = referensålder samt asi, beta, b2 = parametrar skattade trädslagsvis enligt nedanstående tabell. Ålder avser totalålder för samtliga trädslag utom björk som avser brösthöjdsålder.

Para- meter	Trädslag (referensålder, år)								
	Gran ¹ (100)	Tall (100)	Lärk (100)	Bok (100)	Ek (100)	Björk (50)	Klibbal (50)	Gråal (50)	Asp (50)
asi	10	25	17,97	15	1000	7	7	7	7
beta	1495,3	7395,6	1529	4239,3	8841,4	394	381,5	278,9	693,2
b2	-1,5978	-1,7829	-1,3451	-1,7753	-1,4317	-1,387	-1,3823	-1,3152	-0,9771

¹⁾ För gran skall A1 och A2 minskas med 3 år.

För hybridasp och poppel (referensålder 50 år) används följande funktion (Cieszewski 2001):

$$H2 = H1 \cdot ((A2^{b0} \cdot (A1^{b0} \cdot P + b1)) / (A1^{b0} \cdot (A2^{b0} \cdot P + b1)));$$

$$P = Z0 + (Z0^2 + (2 \cdot b1 \cdot H1) / A1^{b0})^{0.5}; Z0 = H1 - b2$$

där H1, A1, H2, A2 enligt ovan samt b0 = 2,0381 (hybridasp) / 2,1405 (poppel),

b1 = 4692,5 (hybridasp) / 6460,5 (poppel), b2 = 23,1758 (hybridasp) / 18,2238 (poppel)

Författare



ULF JOHANSSON
Försöksledare,
Tönnersjöhedens
försökspark, SLU,
Box 17, Åbacken
310 38 Simlångsdalen
Ulf.Johansson@slu.se



BJÖRN ELFVING
Professor,
institutionen för skogens
ekologi och skötsel, SLU
901 83 Umeå
Bjorn.Elfving@slu.se



URBAN NILSSON
Professor,
institutionen för sydsvensk
skogsvetenskap,
SLU, Box 49
230 53 Alnarp,
Urban.Nilsson@slu.se



PER MAGNUS EKÖ
Forskningsledare,
institutionen för sydsvensk
skogsvetenskap,
SLU, Box 49
230 53 Alnarp
Per.Magnus.Eko@slu.se



TORD JOHANSSON
Professor i skogs-
produktion,
institutionen för energi
och teknik, SLU
Box 7032, 750 07 Uppsala
Tord.Johansson@slu.se

