

## **Annex:**

### **Genetische diversiteit in de Gelderse paarden populatie**

Auteurs: Anouk Schurink en Bart Ducro.

Juli 2011.

Animal Breeding and Genomics Centre, Wageningen University.

## Inhoud

1. Populatie .....	3
1.1 KWPN paarden populatie .....	3
1.2 Registratie .....	3
1.2.1 Registratie KWPN paarden .....	3
1.2.2 Registratie fokrichting GP.....	3
1.3 GP geregistreerde populatie.....	4
1.4 Kandidaat GP populatie.....	4
1.5 Totale populatie .....	5
2. Genetische diversiteit.....	6
2.1 Pedigree kwaliteit.....	6
2.2 Inteelt.....	6
2.3 Genetische diversiteit parameters .....	7
2.4 Invloedrijke founders en ancestors .....	9
3. Belangrijke hengsten voor inteeltbeperking .....	12
4. Samenvatting en implicaties .....	14
Bijlage 1 Registratie KWPN paarden – fokrichting van de vader en moeder voor paarden geregistreerd in de fokrichting RP, SP, DP, TP en GP .....	15
Bijlage 2 Top tien meest invloedrijke founders en ancestors van GP geregistreerde paarden geboren gedurende verschillende geboortjaar cohorts (van 1950-1959 tot 2000-2009).....	17

# 1. Populatie

## 1.1 KWPN paardenpopulatie

De KWPN (Koninklijk Warmbloed Paardenstamboek Nederland) paardenpopulatie bestaat uit vier fokrichtingen: springpaard (SP), dressuurpaard (DP), tuigpaard (TP) en Gelders paard (GP). In 2006 is de voormalige fokrichting rijpaard (RP) opgesplitst naar specialisatie (springen en dressuur). Circa 10% van de KWPN paardenpopulatie is geregistreerd als tuigpaard en circa 4% als Gelders paard. De voornaamste fokdoelkenmerken voor alle fokrichtingen zijn gericht op prestatie, gezondheid en exterieur, hoewel elke fokrichting over unieke en specifieke karakteristieken beschikt.

## 1.2 Registratie

### 1.2.1 Registratie KWPN paarden

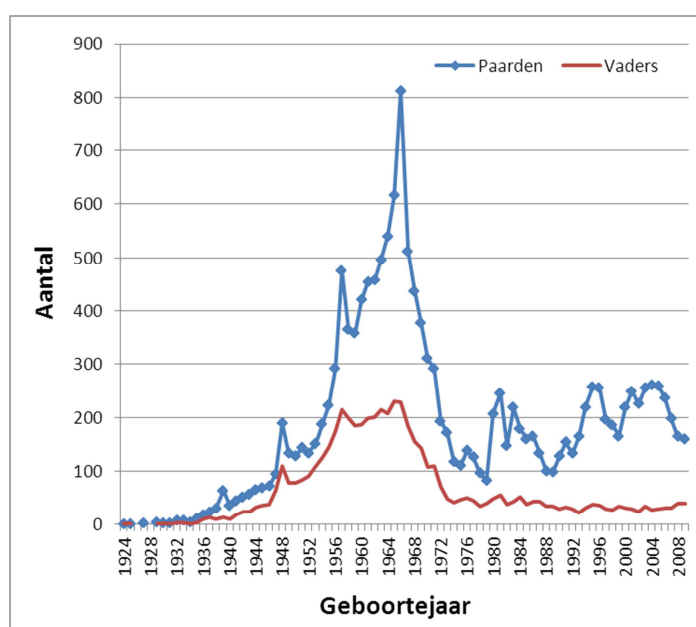
De fokrichtingen zijn niet volledig gesloten en paarden met een bloedvoering uit andere fokrichtingen of andere (door KWPN erkende) stamboeken kunnen onder bepaalde voorwaarden eveneens ingeschreven worden. Per fokrichting heeft het stamboek regels opgesteld over hoeveel 'vreemd' bloed is toegestaan voor inschrijving in het veulenboek, register A of register B. De regels voor inschrijving in het veulenboek zijn het strengst en voor inschrijving in register B het minst streng. Bijvoorbeeld voor inschrijving in het veulenboek dient de vader goedgekeurd of erkend te zijn door KWPN. Voor inschrijving in register A hoeft de vader niet door het KWPN zelf goedgekeurd of erkend te zijn, maar volstaat goedkeuring bij een door KWPN erkend stamboek. (voor details zie reglement KWPN) De regels bieden ruimte om paarden met ouders uit verschillende fokrichtingen in één van de fokrichtingen van de ouders (maar niet in beide) te laten registreren. Wanneer de eigenaar geen voorkeur aangeeft dan registreert het stamboek het paard in de fokrichting van de hoogste verwachtingswaarde van het paard. Het overgrote deel van de RP geregistreeerde paarden komt voort uit een RP geregistreeerde vader en een RP geregistreeerde moeder (82%). Voor de TP geregistreeerde paarden geldt dat 83% voortkomt uit een TP geregistreeerde vader en een TP geregistreeerde moeder. Het percentage GP geregistreeerde paarden dat voortkomt uit een GP geregistreeerde vader en een GP geregistreeerde moeder ligt lager: 44% (Bijlage 1).

### 1.2.2 Registratie fokrichting GP

Specifiek voor het registreren van Gelderse paarden stelt KWPN dat voor registratie in het veulenboek of register A van de fokrichting Gelders paard geldt steeds dat tenminste één der ouders van het type Gelders paard moet zijn. Daarnaast mag het percentage veredelingsbloed niet hoger zijn dan 12,5%, waarvan maximaal 6,25% Hackney bloed (grote maat) of American Saddlebred bloed. Als het percentage veredelingsbloed hoger is dan 12,5% maar kleiner of gelijk aan 25%, dan wordt het betreffende paard geregistreerd in het register A. Bij stamboekopname fokrichting GP besluit de jury of inschrijving in het stamboek mogelijk is. (Bron: registratieschema KWPN oktober 2010).

### 1.3 GP geregistreeerde populatie

In totaal staan 16.016 paarden geregistreerd in de fokrichting GP. Pedigree van deze GP geregistreeerde paarden staat beschreven in Tabel 1. Het aantal nakomelingen per vader in de GP geregistreeerde populatie varieert van één tot 679. Het aantal nakomelingen per moeder varieert van één tot 13. De afstamming van 783 GP geregistreeerde paarden is onbekend. Van deze groep is tevens het geboortjaar niet bekend 548 paarden, terwijl 5 paarden na 1990 en 60 paarden na 1960 zijn geboren. Slechts 5% van de paarden met onbekende afdamming is hengst. In deze studie zijn alle paarden met onbekende afstamming founder beschouwt, ofwel als grondlegger van de populatie. Met name voor paarden met een recentere geboortedatum is dit niet erg waarschijnlijk; mede omdat de stamboekjury deze paarden als Gelders type moet hebben aangemerkt bij de registratie, en de afstamming dus wel voor een deel bekend had moeten zijn. De onbekende afstamming is dus voor een deel veroorzaakt in de stamboekregistratie. Het aantal GP geregistreeerde paarden gedurende recente jaren ligt rond 200 per jaar afkomstig van gemiddeld 30 vaders (GP en niet GP)(Figuur 1).

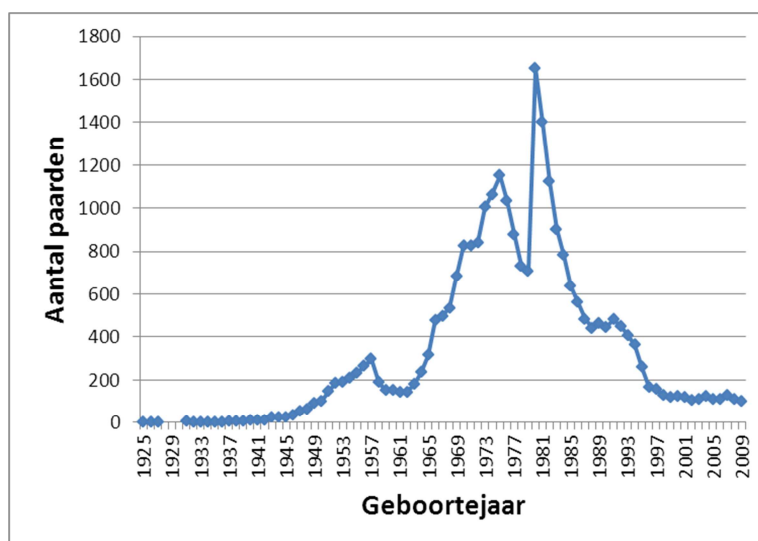


**Figuur 1** Het aantal GP geregistreeerde paarden per geboortjaar inclusief het totaal aantal vaders waarvan de paarden afstammen.

### 1.4 Kandidaat GP populatie

De kandidaat GP populatie bevat paarden die niet als GP geregistreerd staan maar die volgens de registratie regels van het KWPN (zie 1.2.2 Registratie fokrichting GP) wel in de fokrichting GP geregistreerd zouden of hadden kunnen worden. Het is van deze paarden niet bekend of dit op verzoek van de eigenaar, de jury of als onderdeel van de registratieprocedure is gebeurd. In totaal 920 paarden hebben GP geregistreeerde ouders maar zijn zelf niet als GP geregistreerd (Bijlage 1). Daarnaast hebben 26.564 paarden één GP geregistreeerde ouder maar zijn zelf niet als GP geregistreerd. De kandidaat GP populatie bevat totaal 27.484 paarden, voornamelijk geregistreerd als RP (71%) en TP (21%) (Bijlage 1). Pedigree van de kandidaat GP populatie staat beschreven in Tabel 1. Aantal nakomelingen per hengst in de kandidaat GP populatie varieert van één tot 587 en per merrie van één tot 18.

Gedurende recente jaren worden er gemiddeld 115 kandidaat GP paarden geboren (Figuur 2). Bij registratie van deze kandidaat GP paarden in de fokrichting GP, zou het jaarlijkse aantal GP geregistreerde paarden met de helft kunnen verhogen van 200 momenteel (Figuur 1) tot circa 315 per jaar.



Figuur 2 Het aantal kandidaat GP paarden per geboortjaar.

## 1.5 Totale populatie

De totale populatie bevat zowel de GP geregistreerde paarden als de kandidaat GP paarden. Pedigree van de totale populatie staat beschreven in Tabel 1. Aantal nakomelingen per hengst in de totale populatie varieert van één tot 1.266 en per merrie van één tot 19.

Tabel 1 Beschrijving van de drie verschillende populaties.

	GP geregistreerde populatie	Kandidaat GP populatie	Totale populatie
Aantal paarden	16.016	27.484	43.500
Geslacht			
Merrie	79%	70%	73%
Hengst/ruin	21%	30%	27%
Pedigree			
Totaal aantal paarden <sup>a</sup>	32.039	54.102	61.044
Vader	1.357	1.942	5.651
Moeder	10.260	12.086	27.856
Founders	783	-	7.363

<sup>a</sup>Totaal aantal paarden is het aantal paarden in de populatie inclusief alle bekende voorouders (bijv. totaal aantal paarden GP geregistreerde populatie: de GP geregistreerde paarden inclusief alle bekende voorouders).

**GP geregistreerde populatie:** paarden geregistreerd in de fokrichting GP; **kandidaat GP populatie:** paarden niet geregistreerd in de fokrichting GP, maar door afstamming (één of twee GP geregistreerde ouders) wel in aanmerking voor registratie in de fokrichting GP; **totale populatie:** GP geregistreerde populatie plus kandidaat GP populatie.

## 2. Genetische diversiteit

### 2.1 Pedigree kwaliteit

De pedigree van de GP geregistreerde paarden en de kandidaat GP paarden is van voldoende kwaliteit en diepte om genetische diversiteit te analyseren.

### 2.2 Inteelt

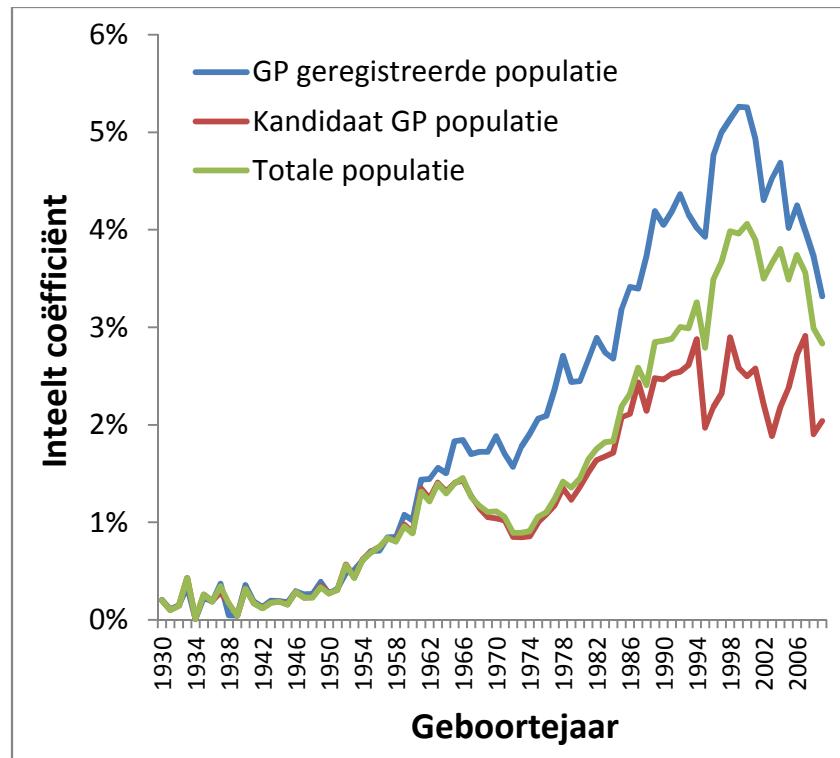
Inteelt in de GP geregistreerde populatie is hoger ten opzichte van inteelt in de kandidaat GP-populatie (Tabel 2). Echter, aangezien het absolute niveau van inteelt (coëfficiënt) sterk afhankelijk is van pedigree kwaliteit en diepte, is toename in inteelt een betere parameter om de genetische diversiteit te beoordelen. Om mogelijk negatieve effecten van inteelt te voorkómen, heeft de Voedsel en Landbouw Organisatie van de Verenigde Naties (FAO, 1998) een maximum inteelttoename van 1% per generatie als norm gesteld. Inteelt toename per generatie (= 10 jaar) is hoger in de GP geregistreerde populatie ten opzichte van de kandidaat GP populatie (Tabel 2). Gemiddelde inteeltcoëfficiënt en inteelttoename per generatie van de totale populatie bevindt zich zoals verwacht tussen de waardes van de GP geregistreerde populatie en kandidaat GP populatie (Tabel 2).

**Tabel 2** Inteelt in de drie verschillende populaties.

	GP geregistreerde populatie	Kandidaat GP populatie	Totale populatie
Percentage ingeteelde paarden	51%	47%	52%
Inteelt coëfficiënt			
Gemiddelde	1,8%	1,2%	1,5%
Standaard deviatie	3,2%	2,6%	2,9%
Minimum	0%	0%	0%
Maximum	34,8%	32,6%	34,8%
Toename per generatie	0,7%	0,4%	0,5%

**GP geregistreerde populatie:** paarden geregistreerd in de fokrichting GP; **kandidaat GP populatie:** paarden niet geregistreerd in de fokrichting GP, maar door afstamming (één of twee GP geregistreerde ouders) wel in aanmerking voor registratie in de fokrichting GP; **totale populatie:** GP geregistreerde populatie plus kandidaat GP populatie.

In de GP geregistreerde populatie is een sterke toename te zien in inteelt gedurende eind jaren negentig (Figuur 3). Gemiddelde inteeltcoëfficiënt is het hoogst in 1999: 5,3%. Vanaf 1999 neemt gemiddelde inteeltcoëfficiënt af tot 3,3% in 2009. In de kandidaat GP populatie is met name een toename in inteeltcoëfficiënt te zien gedurende de jaren zeventig en tachtig (Figuur 3). Inteeltcoëfficiënt vanaf de jaren negentig fluctueert tussen 2 en 3% (Figuur 3). In de totale populatie is een afname in inteelt te zien vanaf 2000 (4,1%) tot 2,8% in 2009 (Figuur 3).



**Figuur 3** Gemiddelde inteelt coëfficiënt per geboortjaar voor de GP geregistreerde populatie (blauw), de kandidaat GP populatie (rood) en de totale populatie (= GP geregistreerde populatie plus kandidaat GP populatie; groen).

### 2.3 Genetische diversiteit parameters

De pedigree van GP geregistreerde paarden is opgedeeld in meerdere geboortjaar cohorts om genetische diversiteit in tijd te beoordelen (Tabel 3). De meest recente geboortjaar cohort bevat 2.224 GP geregistreerde paarden geboren in 2000 tot en met 2009. Het totaal aantal paarden in de pedigree van de GP geregistreerde paarden is 14.406 (de in 2000 tot en met 2009 geboren GP geregistreerde paarden inclusief alle bekende voorouders). De meeste GP geregistreerde paarden ( $n = 5.124$ ) zijn geboren in geboortjaar cohort 1960-1969 (Tabel 3).

**Tabel 3** Aantal GP geregistreerde paarden, totaal aantal paarden in de pedigree en gemiddelde inteelt coëfficiënt van verschillende geboortjaar cohorts van de GP geregistreerde populatie.

Cohort	Aantal GP geregistreerde paarden	Totaal aantal paarden in pedigree	Gemiddelde inteelt coëfficiënt
1950-1959	2.458	7.225	0,6%
1960-1969	5.124	14.619	1,5%
1970-1979	1.638	8.822	2,1%
1980-1989	1.655	9.778	3,1%
1990-1999	1.859	11.008	4,5%
2000-2009	2.224	14.406	4,3%

Founders zijn paarden met onbekende afstamming die worden gezien als grondleggers van populaties. Het aantal founders bepaalt mede de genetische diversiteit in een populatie. In verband met bijv. verschil in populariteit tussen hengsten en dus verschil in aantal nakomelingen per hengst zal het effectieve aantal founders ( $f_e$ ) lager liggen dan het daadwerkelijke aantal founders. Het effectieve aantal founders geeft het aantal founders weer dat bij een gelijke bijdrage aan de populatie de huidige genetische diversiteit zou opleveren. Het effectieve aantal founders van de GP geregistreerde populatie daalt in de periode van 1950-1959 tot 1970-1979 (Tabel 4). Het effectieve aantal founders gedurende recente geboortjaar cohorts fluctueert (Tabel 4).

Ancestors zijn voorouders met bekende afstamming. Het effectieve aantal ancestors geeft het aantal ancestors weer dat bij een gelijke bijdrage aan de populatie de huidige genetische diversiteit zou opleveren. Door een vernauwing ('bottleneck') in de pedigree kan het effectieve aantal ancestors ( $f_a$ ) lager liggen dan het effectieve aantal founders. Ratio tussen beide parameters ( $f_e/f_a$ ) geeft een indruk betreffende mogelijke vernauwing(en) in de pedigree. Het effectieve aantal ancestors van de GP geregistreerde populatie daalt in de periode van 1950-1959 tot 1990-1999, in geboortjaar cohort 2000-2009 is een kleine toename te zien (Tabel 4). Ratio tussen effectieve aantal founders en ancestors in de onderzochte geboortjaar cohorts is verdubbeld (Tabel 4).

Het effectieve aantal founder genomes ( $N_g$ ) houdt, naast verliezen door ongelijke bijdrage van founders en mogelijke vernauwing(en) in de populatie, tevens rekening met willekeurige verliezen als gevolg van drift. Het effectieve aantal founder genomes in de GP geregistreerde populatie neemt af in de periode van 1950-1959 tot en met 1990-1999 (Tabel 4); een minieme toename in het effectieve aantal founder genomes is te zien in de laatste cohort (2000-2009). Ratio tussen effectieve aantal founder genomes en effectieve aantal founders ( $N_g/f_e$ ) geeft indicaties betreffende het effect van willekeurige verliezen tijdens segregatie. In een gesloten populatie zal het effectieve aantal founders, ancestors en founder genomes altijd dalen.

**Tabel 4** Genetische diversiteit parameters van geboortjaar cohort 1950-1959 tot en met 2000-2009 in de GP geregistreerde populatie.

Cohort	Aantal founders <sup>a</sup>	$f_e$	$f_a$	$N_g$	$f_e/f_a$	$N_g/f_e$	50% <sup>b</sup>	75% <sup>b</sup>
1950-1959	739	274,5	67,2	40,1	4,1	0,146	51,0	355,0
1960-1969	838	169,6	33,5	44,1	5,1	0,260	20,4	138,0
1970-1979	971	142,2	26,2	16,1	5,4	0,113	11,6	73,7
1980-1989	1.776	154,6	24,4	14,2	6,3	0,092	9,8	53,6
1990-1999	2.029	136,6	17,9	9,9	7,6	0,072	6,6	21,5
2000-2009	2.759	153,5	18,6	10,0	8,3	0,065	6,3	24,3

<sup>a</sup>In de pedigree van mannelijke paarden (gerelateerd aan methode); aantal founders in pedigree van vrouwelijke paarden ligt hoger.

<sup>b</sup>Het aantal founders en ancestors dat 50% en 75% van de aanwezige genenpoel verklaart.

Genetische diversiteit parameters van geboortjaar cohort 2000-2009 in de GP geregistreerde, de kandidaat GP en totale populatie staan vermeld in Tabel 5. Het aantal kandidaat GP paarden geboren in 2000-2009 is 1.151. Pedigree van deze paarden bevat in totaal 13.566 paarden (kandidaat GP paarden geboren in 2000-2009 inclusief alle voorouders). Het aantal paarden geboren in 2000-2009 in de totale populatie bedraagt 3.375. Pedigree van de totale populatie bevat 18.785 paarden (GP geregistreerd, kandidaat GP en alle voorouders). Parameters geven aan dat de genetische diversiteit in de GP geregistreerde populatie lager is ten opzichte van de kandidaat GP populatie (Tabel 5).



**Tabel 5** Genetische diversiteit parameters van geboortjaar cohort 2000-2009 in de drie populaties.

	GP geregistreerde populatie	Kandidaat GP populatie	Totale populatie
Aantal paarden	2.224	1.151	3.375
Totaal aantal paarden pedigree	14.406	13.566	18.785
Gemiddelde inteelt coefficient	4,3%	2,3%	3,6%
Aantal founders <sup>a</sup>	2.759	2.997	3.446
$f_e$	153,5	274,2	188,6
$f_a$	18,6	39,0	24,7
$N_g$	10,0	21,0	12,9
$f_e/f_a$	8,3	7,0	7,6
$N_g/f_e$	0,065	0,077	0,068
50% <sup>b</sup>	6,3	19,8	9,7
75% <sup>b</sup>	24,3	73,0	43,3

<sup>a</sup>In de pedigree van mannelijke paarden (gerelateerd aan methode); aantal founders in pedigree van vrouwelijke paarden ligt hoger.

<sup>b</sup>Het aantal founders en ancestors dat 50% en 75% van de aanwezige genenpoel verklaart.

**GP geregistreerde populatie:** paarden geregistreerd in de fokrichting GP; **kandidaat GP populatie:** paarden niet geregistreerd in de fokrichting GP, maar door afstamming (één of twee GP geregistreerde ouders) wel in aanmerking voor registratie in de fokrichting GP; **totale populatie:** GP geregistreerde populatie plus kandidaat GP populatie.

Met behulp van de geschatte genetische diversiteit parameters kan het totale verlies in genetische diversiteit berekend worden ( $GD = 1 - (1/2N_g)$ ). Verlies van genetische diversiteit is het hoogst in de GP geregistreerde populatie (Tabel 6). Reden van verlies van genetische diversiteit in de populaties kan met name toegeschreven worden aan vernauwing(en) in de pedigree (zogenoeten 'bottlenecks') en willekeurige verliezen tijdens segregatie (genetische drift).

**Tabel 6** Afname van genetische diversiteit in de drie populaties.

	GP geregistreerde populatie	Kandidaat GP populatie	Totale populatie
Afname genetische diversiteit			
Totaal	5,0%	2,4%	3,9%
Vernauwing pedigree	2,4%	1,1%	1,7%
Willekeurige verliezen segregatie	2,3%	1,1%	1,9%
Ongelijke bijdrage founders	0,3%	0,2%	0,3%

**GP geregistreerde populatie:** paarden geregistreerd in de fokrichting GP; **kandidaat GP populatie:** paarden niet geregistreerd in de fokrichting GP, maar door afstamming (één of twee GP geregistreerde ouders) wel in aanmerking voor registratie in de fokrichting GP; **totale populatie:** GP geregistreerde populatie plus kandidaat GP populatie.

## 2.4 Invloedrijke founders en ancestors

De analyses identificeren invloedrijke founders (grondleggers, ouders onbekend) en ancestors (voorouders). Het aantal invloedrijke founders en ancestors dat een bepaald percentage van de aanwezige genenpoel verklaart (bijv. 50%, Tabel 4) neemt af in de GP geregistreerde populatie. Echter, een kleine toename is te zien in geboortjaar cohort 2000-2009 in het aantal invloedrijke founders en ancestors dat 75% van de aanwezige genenpoel verklaart (Tabel 4). Het aantal invloedrijke founders en ancestors dat een bepaald percentage van de aanwezige genenpoel verklaart in de kandidaat GP populatie is hoger ten opzichte van de GP geregistreerde populatie (Tabel 5).

De meest invloedrijke ancestor van GP geregistreerde paarden geboren in 2000-2009 is de in 1950 geboren tuigpaard hengst Oregon (Tabel 7). De bijdrage van Oregon is 15,4%, wat inhoudt dat Oregon 15,4% verklaart van de huidige aanwezige genenpoel. De top tien van meest invloedrijke founders en ancestors bevat

zowel dekhengsten uit recente generaties (bijv. Koss en Ahoy) als dekhengsten van weleer (bijv. L'Invasion en Domburg). Daarnaast bevat de top tien van meest invloedrijke founders en ancestors van GP geregistreerde paarden geboren in 2000-2009 een merrie, de moeder van onder andere de goedgekeurde Gelderse hengsten Laurentz en Parcival.

**Tabel 7** Top tien van meest invloedrijke founders en ancestors van GP geregistreerde paarden geboren in 2000-2009.

Naam	Fokrichting	Geslacht	Geboortejaar	Marginale contributie <sup>a</sup>	Totale contributie	Aantal nakomelingen <sup>b</sup>
Oregon	TP	M	1950	15,4%	15,4%	69
Koss	GP	M	1992	9,4%	9,6%	261
Ahoy	GP	M	1982	8,6%	11,0%	414
Elegant	GP	M	1986	6,1%	7,1%	285
L'Invasion	GP	M	1944	6,0%	8,7%	69
Domburg	RP	M	1927	3,6%	6,1%	26
Zichem	GP	M	1981	3,5%	3,9%	74
Erika	GP	V	1986	2,8%	4,9%	6
Normann	GP	M	1949	2,3%	3,6%	24
Graaf van Wittenstein	GP	M	1942	1,9%	5,9%	61

<sup>a</sup>Marginale contributie van een ancestor is de genetische contributie die nog niet verklaard is door andere (verwante) ancestors.

<sup>b</sup>Het aantal nakomelingen van de founder of ancestor dat aanwezig is in de pedigree van GP geregistreerde paarden geboren in 2000-2009.

De meest invloedrijke founders en ancestors van GP geregistreerde paarden gedurende meerdere generaties zijn Oregon, L'Invasion, Domburg en Graaf van Wittenstein (Bijlage 2), hoewel de marginale contributie van deze ancestors daalt en de invloed van hengsten geboren gedurende meer recente generaties stijgt.

De meest invloedrijke founders en ancestors van kandidaat GP paarden voor geboortejaar cohort 2000-2009 staan vermeld in Tabel 8. De top tien meest invloedrijke founders en ancestors van geboortejaar cohort 2000-2009 van kandidaat GP paarden bevat meer hengsten van een andere fokrichting (drie maal TP, twee maal RP) ten opzichte van het geboortejaar cohort 2000-2009 GP geregistreerde paarden (één maal TP, één maal RP; Tabel 7). Daarnaast bevat de top tien van meest invloedrijke founders en ancestors van geboortejaar cohort 2000-2009 van de kandidaat GP populatie voornamelijk dekhengsten van weleer (Tabel 8), waar vijf van de meest invloedrijke founders en ancestors van geboortejaar cohort 2000-2009 GP geregistreerde populatie geboren is na 1980 (Tabel 7).

**Tabel 8** Top tien van meest invloedrijke founders en ancestors voor geboortejaar cohort 2000-2009 van de kandidaat GP populatie.

Naam	Fokrichting	Geslacht	Geboortejaar	Marginale contributie <sup>a</sup>	Totale contributie	Aantal nakomelingen <sup>b</sup>
Oregon	TP	M	1950	11,2%	11,2%	61
L'Invasion	GP	M	1944	6,2%	6,2%	68
Ahoy	GP	M	1982	4,5%	6,7%	146
Domburg	RP	M	1927	3,6%	4,4%	22
Amor	RP	M	1959	2,6%	3,1%	55
Graaf van Wittenstein	GP	M	1942	2,0%	4,2%	65
Marconi	TP	M	1971	1,9%	3,0%	28
Renovo	TP	M	1975	1,8%	2,2%	33
Normann	GP	M	1949	1,7%	2,0%	15
Golosa	GP	V	1942	1,5%	1,7%	3

<sup>a</sup>Marginale contributie van een ancestor is de genetische contributie die nog niet verklaard is door andere (verwante) ancestors.

<sup>b</sup>Het aantal nakomelingen van de founder of ancestor dat aanwezig is in de pedigree van kandidaat GP paarden geboren in 2000-2009.

De meest invloedrijke founders en ancestors worden apart geïdentificeerd voor merries en hengsten/ruinen. Naast de invloedrijke founders en ancestors gepresenteerd in Tabel 8, hebben Koss (marginale contributie: 3,3% en totale contributie: 4,0%) en Ferro (marginale contributie: 1,6% en totale contributie: 1,7%) een redelijke bijdrage geleverd aan merries van de kandidaat GP populatie geboren in 2000-2009. Voor mannelijke kandidaat GP paarden geboren in 2000-2009 ligt de contributie van Koss en Ferro lager (marginaal: 0,9%, totaal 2,2%; marginaal: 1,1% en totaal: 1,7% respectievelijk).

### 3. Belangrijke hengsten voor inteeltbeperking

Van de huidige groep fokhengsten is hun optimale contributie aan de volgende generatie bepaald, met als doel minimale inteelttoename. De actieve fokpopulatie vrouwelijke dieren zijn de merries die de afgelopen 5 jaar een veulen hebben gehad (n=383), en verder is aangenomen dat zij allen een gelijke bijdrage aan de volgende generatie zullen hebben. In totaal zijn 16 fokhengsten in de analyse meegenomen en in berekening van de optimale contributies is rekening gehouden met de nakomelingen die de afgelopen 3 jaar door deze hengsten en merries aan de populatie zijn toegevoegd. De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het computerprogramma Gencont

**Tabel 9** Optimale contributies (%) van fokhengsten aan volgende generatie

Naam fokhengst	Geadviseerde bijdrage
Secundus	20%
Zichem	20%
Ahoy	0%
Elegant	12%
Koss	3%
Laurentz	12%
Rubus	7%
Sirius	0%
Nickson	13%
Parcival	0%
Upperville	0%
Vitens	0%
Wilson	4%
Zethar	2%
Alexandro	7%
Chablis	0%

Van de 16 hengsten die in de analyse zijn meegenomen, worden 10 geselecteerd om nakomelingen voor de volgende generatie te produceren. Wanneer de voorgestelde bijdragen worden gerealiseerd in de volgende generatie, dan zal de gemiddelde verwantschap gelijk blijven. Twee hengsten (Secundus en Zichem) hebben een bijdrage gelijk aan het ingestelde maximum.

Opvallend is dat Koss nog een bijdrage van 3% wordt toebedeeld, terwijl deze hengst al veelvuldig is gebruikt. Bovendien worden zijn zoon Parcival en kleinzoon Vitens niet geselecteerd. Kennelijk heeft Parcival via zijn moeder meer genetische overlap met de populatie dan Koss en kan Koss derhalve meer bijdragen aan behoud van de genetische diversiteit.

In deze analyses is geen rekening gehouden met de beperkingen aan beschikbaarheid van de hengsten (overleden, beperkte portie sperma). Mogelijk dat bepaalde hengsten niet kunnen voldoen aan de geadviseerde bijdragen. In dat geval zijn de geadviseerde bijdragen een goede leidraad voor het zoeken van geschikte fokhengsten in het nakomelingschap van betreffende hengst. In dit verband is het raadzaam om de analyse te herhalen, waarbij een beperking aan de beschikbaarheid van Zichem wordt opgelegd om te kijken wat de bijdrage van Sirius dan is.

In de analyse is eveneens geen rekening gehouden met de fokwaarden van de hengsten. Het computerprogramma Gencont voorziet in de mogelijkheid om een optimale combinatie van genetische vooruitgang en inteelttoename te realiseren. Er zijn meerdere sets van hengstbijdragen mogelijk die tot een nagenoeg gelijke minimale inteelttoename leiden. Binnen die sets kan dan het alternatief gekozen worden die leidt tot de hoogste genetisch vooruitgang.

Uit voorgaande valt af te leiden dat behoud van genetische diversiteit en inteeltbeperking mogelijk is binnen GP en dat Gencont daar een goed middel voor is. Voor uiteindelijke implementatie is het zaak om een aantal alternatieven binnen de gestelde randvoorwaarden door te rekenen om daarmee een optimale balans van behoud van genetische diversiteit en genetische vooruitgang in de fokdoelkenmerken (zoals exterieur en veelzijdigheid) te bewerkstelligen.

## 4. Samenvatting en implicaties

Het totaal aantal in de fokrichting GP geregistreerde paarden is 16.016. Het aantal GP geregistreerde paarden gedurende recente jaren ligt rond 200 per jaar afkomstig van circa 30 vaders.

Voorwaarde voor registratie in de fokrichting GP is dat één van de ouders GP geregistreerd dient te zijn. Het percentage GP geregistreerde paarden dat voortkomt uit een GP geregistreerde vader en een GP geregistreerde moeder bedraagt 44% en is lager dan bijv. het percentage TP geregistreerde paarden dat voortkomt uit TP geregistreerde ouders (83%). De KWPN populatie bevat 27.484 paarden die niet GP geregistreerd staan maar er volgens de registratie regels van het KWPN wel voor in aanmerking komen ('kandidaat GP'). 920 kandidaat GP paarden stammen af van GP geregistreerde ouders en 26.564 van één GP geregistreerde ouder. Deze kandidaat GP paarden staan voornamelijk geregistreerd als RP (71%) en TP (21%). Gedurende recente jaren worden gemiddeld 115 kandidaat GP paarden geboren, waarmee het aantal GP geregistreerde paarden verhoogd zou kunnen worden van ongeveer 200 momenteel tot circa 315 per jaar. Het stimuleren van fokkers om kandidaat GP paarden te laten registreren in de fokrichting GP zou de GP populatie kunnen vergroten.

Inteelt toename per generatie in de GP geregistreerde populatie bedraagt 0,7%, hoewel gemiddelde inteelt coëfficiënt per geboortejaar vanaf 1999 constant daalt. Inteelt toename per generatie in de kandidaat GP populatie is 0,4%. Diverse parameters laten zien dat de genetische diversiteit in de GP geregistreerde populatie lager is dan de genetische diversiteit in de kandidaat GP populatie. Totale afname aan genetische diversiteit in de GP geregistreerde populatie is 5% en in de kandidaat GP populatie 2,4%. Verlies van genetische diversiteit is met name toe te schrijven aan vernauwing(en) in de pedigree ('bottlenecks') en aan willekeurige verliezen tijdens segregatie ('genetische drift').

De meest invloedrijke ancestor in zowel de GP geregistreerde populatie als in de kandidaat GP populatie (geboortejaar cohort 2000-2009) is de in 1950 geboren tuigpaard hengst Oregon met een contributie van respectievelijk 15,4% en 11,2%. De kandidaat GP populatie bevat meer invloedrijke ancestors van andere fokrichtingen ten opzichte van de GP geregistreerde populatie (geboortejaar cohort 2000-2009), wat zal bijdragen aan het verschil in genetische diversiteit tussen beide populaties (hoger in kandidaat GP populatie). Het aantal invloedrijke ancestors van weleer is groter in de kandidaat GP populatie ten opzichte van de GP geregistreerde populatie (geboortejaar cohort 2000-2009). Daarnaast neemt in de GP geregistreerde populatie de contributie van hengsten van weleer af terwijl de contributie van hengsten geboren in recente generaties toeneemt.

Door registratie van kandidaat GP paarden in de fokrichting GP zal de populatie in grootte toenemen, waarmee inteelt zal afnemen en genetische diversiteit zal toenemen. Daarnaast zouden er paarden aan de populatie worden toegevoegd waarvan invloedrijke ancestors de hengsten van weleer zijn.

Via optimale contributieberekeningen kan inzicht worden verkregen in de selectie strategieën die zullen leiden tot behoud van genetische diversiteit.

## Bijlage 1 Registratie KWPN paarden – fokrichting van de vader en moeder voor paarden geregistreerd in de fokrichting RP, SP, DP, TP en GP

### Fokrichting RP

Fokrichting vader	Fokrichting moeder					
	RP	SP	DP	TP	GP	Onbekend
RP	257686	9	629	4164	15983	5371
SP	4	0	0	0	0	4
DP	1	0	0	0	0	0
TP	521	0	0	102	111	32
GP	3452	0	2	36	794	133
Onbekend	6455	1	3	44	395	19511

### Fokrichting SP

Fokrichting vader	Fokrichting moeder					
	RP	SP	DP	TP	GP	Onbekend
RP	29092	228	242	72	56	1017
SP	641	8	7	2	3	24
DP	30	1	3	0	0	1
TP	8	0	0	19	0	0
GP	3	0	0	0	0	1
Onbekend	350	1	8	1	0	39

### Fokrichting DP

Fokrichting vader	Fokrichting moeder					
	RP	SP	DP	TP	GP	Onbekend
RP	18626	1	2877	146	206	431
SP	4	0	0	0	0	0
DP	2706	0	950	33	25	75
TP	12	0	1	19	1	0
GP	61	0	7	1	9	4
Onbekend	101	1	11	2	0	28

### Fokrichting TP

Fokrichting vader	Fokrichting moeder					
	RP	SP	DP	TP	GP	Onbekend
RP	21	0	0	41	7	3
SP	0	0	0	0	0	0
DP	0	0	0	1	0	0
TP	787	0	0	34680	4787	225
GP	24	0	0	1085	91	7
Onbekend	4	0	0	104	1	137

**Fokrichting GP**

<i>Fokrichting vader</i>	<i>Fokrichting moeder</i>					
	RP	SP	DP	TP	GP	Onbekend
RP	427	0	1	88	770	67
SP	0	0	0	0	0	0
DP	0	0	0	1	8	0
TP	373	0	0	188	633	12
GP	3524	0	8	1573	7100	311
Onbekend	61	0	0	3	55	813

**Fokrichting onbekend**

<i>Fokrichting vader</i>	<i>Fokrichting moeder</i>					
	RP	SP	DP	TP	GP	Onbekend
RP	2351	2	12	9	42	5154
SP	7	0	0	0	0	2
DP	2	0	2	0	0	3
TP	12	0	0	89	7	32
GP	89	0	0	1	26	34
Onbekend	646	0	1	14	0	18156

Aantal paarden met twee GP ouders en zelf niet geregistreerd als GP	920	
Aantal paarden met één GP ouder en zelf niet geregistreerd als GP	26564	+
Kandidaat GP	27484	



## Bijlage 2 Top tien meest invloedrijke founders en ancestors van GP geregistreerde paarden geboren gedurende verschillende geboortjaar cohorts (van 1950-1959 tot 2000-2009)

Naam paard	Fokrichting	Geboortjaar <sup>a</sup>	Geslacht	Marginale contributie <sup>b</sup>					
				'09-'00	'99-'90	'89-'80	'79-'70	'69-'60	'59-'50
Oregon	TP	1950	M	15,4%	16,8%	13,1%	8,3%	3,1%	-
Koss	GP	1992	M	9,4%	-	-	-	-	-
Ahoy	GP	1982	M	8,6%	5,7%	-	-	-	-
Elegant	GP	1986	M	6,1%	5,6%	-	-	-	-
L'Invasion	GP	1944	M	6,0%	9,1%	10,5%	12,9%	12,9%	6,5%
Domburg	RP	1927	M	3,6%	4,9%	6,5%	8,0%	7,1%	5,1%
Zichem	GP	1981	M	3,5%	4,1%	-	-	-	-
Erika	GP	1986	V	2,8%	-	-	-	-	-
Normann	GP	1949	M	2,3%	2,9%	3,0%	1,1%	0,9%	0,5%
Graaf van Wittenstein	GP	1942	M	1,9%	2,3%	3,6%	4,6%	4,2%	2,9%
Zep	GP	1981	M	0,9%	3,3%	-	-	-	-
Marconi	TP	1971	M	1,6%	3,1%	4,2%	0,1%	-	-
Golosa	GP	~1950	V	1,8%	2,1%	1,7%	0,2%	-	-
Gambo	RP	~1930	M	1,0%	1,5%	2,8%	3,2%	3,9%	6,0%
Lady Reveil van Wittenstein	GP	~1941	V	0,6%	0,8%	2,6%	3,9%	1,8%	-
Simon Bolivar	GP	1953	M	-	-	2,0%	-	-	-
Nubert	-	~1934	M	0,6%	0,9%	1,3%	2,3%	2,3%	1,4%
Heemraad	GP	1966	M	0,1%	0,3%	1,1%	1,7%	-	-
Ot van Wittenstein	GP	~1932	M	0,1%	0,3%	0,9%	1,2%	0,6%	-
Colonel	RP	~1930	M	0,4%	0,6%	0,9%	1,2%	1,2%	1,2%
Truida	RP	~1928	V	0,5%	0,9%	0,7%	1,8%	1,2%	0,9%
Sinaeda	GP	~1954	M	0,1%	0,1%	0,4%	0,2%	1,2%	0,1%
Modena	RP	~1929	V	0,1%	0,2%	0,4%	0,6%	1,1%	0,8%
Sultan II	RP	~1930	M	0,1%	0,3%	0,7%	0,9%	0,9%	0,8%
349VRH	RP	~1931	M	-	-	-	0,2%	0,5%	1,9%
Reveil	RP	~1927	M	0,5%	0,7%	-	-	1,3%	1,5%
Nezelly	RP	~1927	V	-	0,1%	0,2%	0,2%	0,4%	1,5%
Ugara	RP	~1930	V	-	-	0,1%	0,4%	0,2%	1,0%

<sup>a</sup>Geboortjaar van een aantal founders en ancestors was onbekend en is geschat op basis van leeftijd van nakomelingen.

<sup>b</sup>Geen vermelding in top 100.