

*Project Toegepaste Wiskunde 2*

# Zevenheuvelenloop



Anna Kiriliouk  
Kris Schoorl  
Tjapko Struik  
Tim Verheijen

*voorjaar 2009*

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Voorwoord</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Probleemomschrijving</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Oplossingen</b>	<b>6</b>
3.1	Start en finish scheiden . . . . .	6
3.2	Een grens stellen aan de Groesbeekseweg . . . . .	6
3.3	De lopersdoorstroom maximaliseren . . . . .	6
3.3.1	6 minuten voor Rood en Blauw . . . . .	7
3.3.2	Formule voor Geel, Oranje en Groen . . . . .	8
3.3.3	Jaarlijkse veranderingen in de hekbreedtes . . . . .	12
3.3.4	Tijdsrestrictie . . . . .	15
3.3.5	Is er groei mogelijk? . . . . .	16
3.3.6	De Zevenheuvelenloop in de nabije toekomst . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Conclusies</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>Bijlage B: Overleg 23 maart 2009</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Bijlage C: Overleg 22 april 2009</b>	<b>27</b>

# 1 Voorwoord

Elk jaar vindt op de derde zondag van november de Zevenheuvelenloop plaats. Deze volgt een route van 15 kilometer tussen Nijmegen en Groesbeek. Wij hebben onderzocht hoe het startstelsel van deze Zevenheuvelenloop verbeterd kan worden. Het huidige startstelsel werkt als volgt: deelnemers geven een verwachte eindtijd op en worden vervolgens ingedeeld in startgroepen. De startgroepen zijn, van snel naar langzaam: Rood (Ro), Blauw (Bl), Geel (Ge), Oranje (Or), Groen (Gr) en Zwart (Zw). De eerste vijf groepen starten op de Groesbeekseweg; de zwarte groep, die weer onderverdeeld is in drie subgroepen, wordt ook wel de by-pass genoemd en start vanaf zijstraten van de Groesbeekseweg. De groepen staan achter elkaar op de weg en worden volgens het ‘zandlopermodel’ losgelaten. Dit wil zeggen dat er midden op de weg een hek staat waarvan de hekbreedte naar wens kan worden bepaald en waardoor de lopersdoorstroom bij de start gereguleerd kan worden. De afgelopen jaren werd het hek 2,25 meter opengezet, zodat er ongeveer 400 lopers per minuut doorheen kunnen.

Wij hebben met twee organisatoren van de Zevenheuvelenloop overlegd en zij hebben ons alle gegevens overhandigd: de opgegeven en daarnaast de werkelijke looptijden, de doorlooptijden per vijf kilometer, het aantal deelnemers per startgroep en de starttijden per startgroep. Ook hebben wij gezamenlijk een analyse gemaakt van de complicaties die optreden tijdens de loop. Vervolgens hebben wij een poging gedaan om het grootste probleem op te lossen. Dit heeft geleid tot een drietal mogelijke oplossingen en een advies aan de organisatie van de Zevenheuvelenloop (zie hoofdstuk 3 respectievelijk 4).

## 2 Probleemomschrijving

Het eerste probleem betreft de opgegeven starttijden. Elke loper moet van tevoren een geschatte starttijd opgeven. Veel lopers geven vervolgens een te optimistische tijd op, om in een snellere startgroep te mogen beginnen – het is namelijk voordeliger om veel ingehaald te worden dan om veel mensen in te moeten halen. Verder schrijven zich veel groepen in. De lopers in een groep geven dan allemaal dezelfde starttijd op, ook al verschillen ze veel. Ook hebben lopers een voorkeur voor ronde getallen; 75 minuten wordt veel vaker opgegeven dan 74 minuten of 76 minuten. Dit zal in de toekomst het probleem veroorzaken dat de gehele groene groep, die (de afgelopen jaren) alleen lopers bevatte die 75 minuten hadden opgegeven, naar de by-pass zal moeten worden verplaatst.

Hoewel waarschijnlijk veel mensen valse starttijden opgeven, wordt alleen de rode groep gecontroleerd. Een mogelijkheid zou zijn om bij lopers die niet voor het eerst meedoen de gelopen tijd van de afgelopen keer op te zoeken en dit als houvast te nemen. Toch is dit niet eerlijk – misschien heeft een loper juist hard getraind om dit jaar vijf minuten sneller te zijn. Bovendien doet circa 40 procent van alle deelnemers voor de eerste of tweede keer mee.

Sommige lopers klagen er over dat ze in het startvak te lang moeten wachten, omdat je op tijd moet komen om voorin te staan. Dit is iets wat de lopers zelf kunnen oplossen; het is geen groot voordeel om vooraan in een startvak te staan, omdat iedereen zich bij de start onmiddellijk verspreidt over de breedte van de weg. Bovendien komt 80 procent van de lopers pas in de laatste tien minuten bij het startvak aan.

De wens van de organisatie is om te blijven groeien, zodat er elk jaar weer een recordaantal deelnemers meedoen. Het doel is om elk jaar 1000 deelnemers meer te hebben dan in het voorgaande jaar. Hiermee moet rekening gehouden worden bij het plannen van de Zevenheuvelenloop gedurende de komende jaren. De Groesbeekseweg zal namelijk steeds voller worden en het startstelsel zal daar op aan moeten sluiten.

Ook kunnen de startvakken niet zomaar uitgebreid worden naar zijwegen - deze wegen zijn namelijk de enige die leiden tot de startvakken en anders zouden de lopers flink moeten omlopen. Ook moet in het geval van uitbreiding van de by-pass dus goed gekeken worden welke straat er nog meer kan worden gebruikt.

Het grootste probleem dat zich voordoet bij de Zevenheuvelenloop vindt plaats bij de start. Alle lopers uit de vijf snelste kleurgroepen (Rood, Blauw, Geel, Oranje en Groen) starten op de Groesbeekseweg. Omdat de finish van de Zevenheuvelenloop zich op dezelfde plek bevindt als de start, moet de Groesbeekseweg dus leeg zijn voordat de winnaar van de loop over de finish komt. In totaal gaat het hier om meer dan 15000 mensen die binnen 40 minuten moeten zijn vertrokken en de laatste twee jaar stijgt dit aantal met enkele honderden mensen. Hieronder volgt een tabel met de lopersaantallen per groep gedurende de afgelopen vier edities:

2005		
Rood	limiet	324
Blauw	t/m 62 min.	2579
Geel	63-69 min.	3602
Oranje	70-74 min.	3658
Groen	75-80 min.	7839
<i>Totaal</i>		18002

2006		
Rood	limiet	346
Blauw	t/m 62 min.	2769
Geel	63-69 min.	3864
Oranje	70-74 min.	3810
Groen	75 min.	4220
<i>Totaal</i>		15009

2007		
Rood	limiet	281
Blauw	t/m 62 min.	2820
Geel	63-69 min.	3939
Oranje	70-74 min.	4091
Groen	75 min.	4411
<i>Totaal</i>		15542

2008		
Rood	limiet	296
Blauw	t/m 62 min.	2850
Geel	63-69 min.	4095
Oranje	70-74 min.	4366
Groen	75 min.	4769
<i>Totaal</i>		16376

Merk op dat we de drie zwarte groepen (by-pass 1 tot en met 3) niet in bovenstaande tabellen hebben opgenomen. De by-pass start namelijk niet op de Groesbeekseweg en het is dus niet noodzakelijk dat deze mensenmassa gestart is alvorens de snelste Keniaan<sup>1</sup> de 15 kilometer heeft afgelegd.

Als we de tabellen analyseren dan zien we dat er in 2005 dusdanig veel mensen waren gestart op de Groesbeekseweg dat het organisatorisch bijna in de soep liep. Figuur 4 in Bijlage A illustreert dit. De roze piek rond de 34e minuut wijst uit dat de Groesbeekseweg niet op tijd leeg zou zijn voordat de winnaar zou finishen (althans, met de op dat moment gebruikte hekbreedte). Om de weg toch tijdig te ontruimen heeft men destijds het hek volledig opengegooid, zodat er meer mensen per minuut konden starten en de Groesbeekseweg tijdig leeg zou zijn.

De oorzaak van deze penibele situatie uit 2005 is de indeling van de startvakken. Door te kiezen voor een interval 75-80 minuten werd er een groene groep van 7839 renners gecreëerd. Een gevolg hiervan was dat ook het totale aantal renners op de Groesbeekseweg rond de 18000 kwam te liggen.

In de jaren daarna pakte men het anders aan: het groene vak zou louter uit mensen bestaan die een tijd van 75 minuten hadden opgegeven. Hierdoor werden er meer (groene) lopers naar de by-pass overgeplaatst en kwam er indirect minder spanning te staan op de doorstroom (renners/minuut) bij de start. Maar de komende jaren zal dit aantal mensen toch weer langzaam toenemen, omdat de organisatie van de Zevenheuvelenloop streeft naar een jaarlijkse deelnemerstoename van 1000 personen. Deze 1000 mensen moeten worden verdeeld over de startvakken Rood, Blauw, Geel, Oranje, Groen en Zwart, wat weer tot gevolg heeft dat de Groesbeekseweg beetje bij beetje jaarlijks voller geraakt. En op een gegeven moment zal de grens van 75 minuten moeten worden verlaagd, zodat de Groesbeekseweg niet overvol bezet wordt. Hierdoor zullen er echter ook veel groene renners naar de by-pass worden doorverwezen.

---

<sup>1</sup>Of Ethiopiër.

Voordat we deze groeiproblemen überhaupt kunnen oplossen voor de lange termijn, zullen we eerst moeten kijken of er de komende jaren ruimte voor verbetering is. Hiertoe zullen we gebruikmaken van de geleverde gegevens uit de jaren 2006-2008 en niet eerder, omdat men de laatste drie jaar met de vastgekozen intervallen  $\leq 62$ , 63-69, 70-74, 75 en de vaste hekbreedte 2,25 meter heeft gewerkt, waardoor het eenvoudiger is om jaren met elkaar te vergelijken en waardoor voorspellingen en oplossingen betrouwbaarder worden.

In de hierop volgende pagina's zullen we een drietal oplossingen aandragen die – naar alle waarschijnlijkheid – het “Groesbeeksewegprobleem” en de hierdoor ontstane groeiproblemen zouden kunnen verkleinen of zelfs zouden kunnen oplossen.

## 3 Oplossingen

### 3.1 Start en finish scheiden

Wanneer je alleen kijkt naar de capaciteit van de startlocatie, in dit geval de Groesbeekseweg, dan kan het aantal mensen dat hier start nog wel groeien. De capaciteit is echter niet de reden dat er een beperkt aantal mensen mag starten op deze weg. Het probleem is dat de startlocatie tijdig weer vrij moet zijn voor de deelnemers die na circa 40 minuten al gaan finishen. Een oplossing die dan voor de hand ligt, is de start en finish op andere locaties te houden.

Afgezien van traditie en show die hier mogelijk onder lijden, bleek er een ander praktisch probleem te zijn. De Zevenheuvelenloop is precies 15 kilometer lang en dit is een officiële afstand, dus hier kan geen enkele meter van af worden geweken. De finish op een nabijgelegen straat houden is dan ook erg lastig, aangezien je dan de finish al voor de straat, midden op een kruispunt, moet zien te organiseren. Aangezien dit praktisch niet wenselijk is, kijken we toch verder naar optimalisatie waarbij de start en finish dezelfde locatie hebben.

### 3.2 Een grens stellen aan de Groesbeekseweg

Afgelopen jaar moest rond de 33e minuut het hek bij de start plotseling vrij ver open. Hierdoor startten meer dan 500 deelnemers per minuut die vervolgens vrij slecht spreidden. Dit zorgde ervoor dat er weinig ingehaald kon worden en dat na 5 kilometer, waar de weg significant smaller wordt, er een grote piek ontstaat in de lopersdichtheid.

Door volgend jaar die laatste minuten ook slechts 400 deelnemers te laten starten en de overige deelnemers naar de by-pass over te plaatsen, kun je heel pragmatisch het probleem aanpakken en te grote drukte op de weg voorkomen. Ditzelfde principe kun je ook toepassen op andere plaatsen in de het parcours. Als er eerder, in bijvoorbeeld de gele groep, ook een piek is ontstaan bij de Derdebaan (na 5 kilometer), kun je daar ook het aantal starters reduceren.

Dit lost wel heel direct het probleem op van een te grote lopersdichtheid op het parcours, maar sprake van optimalisatie is er niet. Er wordt alleen rekening gehouden met een maximum, maar het maximum wordt nog niet overal opgezocht. De vraag die daar direct aan verbonden is, is of er op andere momenten méér deelnemers kunnen starten zonder dat dit leidt tot pieken in de lopersdichtheid (in het bijzonder na 5 kilometer, waar de weg smaller wordt).

### 3.3 De lopersdoorstroom maximaliseren

Zoals gezegd moet de Groesbeekseweg weer vrij zijn voordat de snelste renners weer zijn teruggekeerd. Nu kan men uiteraard de hekbreedte vele malen groter nemen dan de huidige 2,25 meter waar 400 personen per minuut door heen kunnen rennen. Dit verbreden heeft tot gevolg dat er meer mensen per minuut kunnen vertrekken, zodat de Groesbeekseweg sneller leeg is. Een groot nadeel van deze verhoogde doorstroom is dat het te druk wordt op het parcours; de lopersdichtheid wordt te hoog en er ontstaat te weinig ruimte om te rennen – laat staan om in te halen. Met name de bottleneck op het vijf kilometerpunt, waar de 6 à 7 meter brede Nijmeegsebaan overloopt

in de 4,5 meter brede Derdebaan, kan tot hinderlijke lopersdichtheden leiden. Daarom zullen we een formule opstellen waarbij onder andere de gewenste lopersdoorstroom op dit vijf kilometerpunt, uitgedrukt in renners/minuut, kan worden gekozen. Op deze manier kan de doorstroom gemaximaliseerd worden. Dat wil niet zeggen dat er te allen tijde zoveel mogelijk renners per minuut moeten worden doorgelaten, maar dat de doorstroom dusdanig moet zijn dat de renners er net geen hinder van ondervinden. De output van deze formule zal een hekbreedte zijn; bij de desbetreffende hekbreedte zal de lopersdoorstroom op het vijf kilometerpunt dus zoals gewenst zijn. Wanneer men geen hekbreedte maar een lopersdoorstroom bij de start uit de formule wil zien rollen, dan kan deze doorstroom eenvoudig uit de hekbreedte worden berekend.

### 3.3.1 6 minuten voor Rood en Blauw

In de rode groep en (in iets mindere mate) in de blauwe groep zijn de tijdsverschillen onderling beduidend groter dan binnen het gele, oranje en groene startvak. Dit is een gevolg van het feit dat de tijdsintervallen bij de drie laatstgenoemde kleuren een stuk kleiner zijn dan die van de rode en blauwe groep. In het rode en blauwe startvak zitten namelijk minder mensen dan in de gele, oranje en groene groep en die mensen hebben ook nog eens een tijd opgegeven die ligt tussen het wereldrecord (41.29 min.) en 62 minuten. Met andere woorden: de variantie in de rode en blauwe groep is vele malen groter, wat tot gevolg heeft dat er veel meer spreiding optreedt binnen deze twee groepen gedurende de loop van 15 kilometer dan bij de gele, oranje en groene groep. Meer spreiding onder de lopers betekent een afname in de doorstroom naarmate het parcours vordert. Een voorbeeld: bij een hekbreedte van 2,25 meter kunnen er 400 personen/minuut starten, zo ook de blauwe renners. Omdat de spreiding vrij groot is onder deze renners, zal de doorstroom op het vijf kilometerpunt beduidend lager zijn dan de 400 bij de start. En die doorstroom zal de rest van het parcours alleen nog maar verder slinken. Dit houdt in dat de lopersdoorstroom bij de start van de rode en blauwe groep hoger mag komen te liggen (en dus moet het hek breder), zolang men de hierdoor verkleinde loopdichtheid (dat wil zeggen: hoeveel vierkante meter elke renner heeft om te rennen) bij zowel de start als de Derdebaan niet hinderlijk vindt.

De afgelopen jaren is gebleken dat er in de eerste minuut zo'n 1000 mensen starten. Voor de volgende 500 renners begon de wedstrijd in de tweede minuut en vanaf ongeveer de derde minuut werd de werking van de "zandloper" merkbaar, toen de doorstroom zakte naar 400 personen/minuut. Het totaal aantal mensen dat in de jaren 2005-2008 in de rode en blauwe groep samen startte bedroeg respectievelijk 2903, 3115, 3101, 3146. Jaarlijks is er een lichte groei waarneembaar en het is aannemelijk dat dit aantal de komende jaren langzaam verder zal stijgen, zeker omdat de organisatie streeft naar een groei van 1000 renners per jaar (een deel van die duizend komt dus ook bij de rode en blauwe groep erbij). Vandaar dat we in deze oplossing zullen aannemen dat het oorspronkelijke rode en blauwe startvak na exact 6 minuten leeg is. Stel nu, enkele jaren vooruitkijkend, dat er 3500 lopers in het rode en blauwe vak zitten. Uitgaande van 1000 starters in de eerste minuut hebben we dan nog 5 minuten om de overige 2500 renners te laten starten; hetgeen neerkomt op een doorstroom van 500 personen/minuut. Als we aannemen dat de breedte van het hek recht evenredig is met de doorstroom, dan volgt uit het feit dat er 400 personen per minuut door een hek van 2,25 meter kunnen rennen dat de hekbreedte  $500 \cdot \frac{2,25}{400} = 2,8125$  meter moet zijn. Dus een hekbreedte van, laten we zeggen, 2,80 meter genereert een doorstroom van 500 personen/minuut. In dit model zullen we het hek dan ook op 2,80 meter zetten bij de (rode en) blauwe groep.



### 3.3.2 Formule voor Geel, Oranje en Groen

We zullen nu langzaam naar een formule voor de startvakken Geel, Oranje en Groen toewerken. De reden dat we voor deze vakken wél een formule opstellen en voor de rode en blauwe groep een vaste tijd van 6 minuten uittrekken, is dat de drie eerstgenoemde groepen een tijdsinterval met een boven- en een ondergrens hebben. In vak Oranje staan bijvoorbeeld mensen die – naar eigen zeggen – tussen de 70 en 74 minuten over de Zevenheuvelenloop zullen doen. Deze grenzen komen mooi van pas in de formule die we zullen opstellen. De vakken Rood en Blauw hebben geen harde ondergrens (het wereldrecord kan immers ook verbroken worden) en dus hebben we ervoor gekozen om niet te veel risico te nemen en standaard 6 minuten uit te trekken voor de rode en blauwe lopers. Voor de komende jaren moet dit meer dan voldoende zijn.

Bij het opstellen van de formule gaan we uit van een perfecte situatie: elke loper staat in het juiste vak en loopt met constante snelheid exact de door hem/haar opgegeven tijd. Doordat de startvakken oplopend qua tijd zijn, maakt deze aanname het mogelijk om vertroebeling van startvakken uit te sluiten; een gele loper kan bijvoorbeeld nooit tussen mensen uit vak Groen terechtkomen. Tevens nemen we aan dat de lopers binnen een startvak uniform zijn verdeeld over het bij dat vak horende tijdsinterval. Er zijn bijvoorbeeld net zoveel mensen in Oranje die 71 minuten over het parcours doen dan lopers die er 73 minuten over rennen.

We zullen nu een aantal notaties invoeren:

$\#(\text{Ge})$  = aantal renners in het gele startvak

$\#(\text{Or})$  = aantal renners in het oranje startvak

$\#(\text{Gr})$  = aantal renners in het groene startvak

$I_{\text{Ge}}$  = interval van opgegeven tijden voor het gele startvak (in minuten)

$I_{\text{Or}}$  = interval van opgegeven tijden voor het oranje startvak (in minuten)

$I_{\text{Gr}}$  = interval van opgegeven tijden voor het groene startvak (in minuten)

$|I|$  = lengte van een zeker tijdsinterval  $I$  (in minuten)

$H_{\text{Ge}}$  = hekbreedte voor lopers uit het gele startvak (in meters)

$H_{\text{Or}}$  = hekbreedte voor lopers uit het oranje startvak (in meters)

$H_{\text{Gr}}$  = hekbreedte voor lopers uit het groene startvak (in meters)

$D_{0,Ge}$	=	doorstroom van de lopers uit het gele startvak bij de start (personen/minuut)
$D_{0,Or}$	=	doorstroom van de lopers uit het oranje startvak bij de start (personen/minuut)
$D_{0,Gr}$	=	doorstroom van de lopers uit het groene startvak bij de start (personen/minuut)
$D_5$	=	doorstroom op vijfkilometerpunt (personen/minuut)
$D_{10}$	=	doorstroom op tienkilometerpunt (personen/minuut)
$t_{Ge}$	=	tijd die nodig is om gele startvak leeg te krijgen (minuten)
$t_{Or}$	=	tijd die nodig is om oranje startvak leeg te krijgen (minuten)
$t_{Gr}$	=	tijd die nodig is om groene startvak leeg te krijgen (minuten)
$T$	=	tijd die nodig is om Groesbeekseweg leeg te krijgen (minuten)

De formule die we in het leven gaan roepen is gefixeerd op het vijfkilometerpunt. De lengte van een interval,  $|I_{kleur}|$  met  $kleur \in \{Ge, Or, Gr\}$ , geeft aan hoeveel minuten de langzaamste loper uit dat vak finisht na de snelste loper uit dat vak (mits zij tegelijk zijn gestart). Omdat we hadden aangenomen dat elke loper met constante snelheid rent, kunnen we ook berekenen hoe groot dit gat na 5 kilometer is, namelijk eenderde van het tijdsinterval na 15 kilometer:  $\frac{|I_{kleur}|}{3}$ .

Kies nu voor een zeker startvak een gewenste doorstroom  $D_5$  op het vijfkilometerpunt. Het duurt dan  $\frac{\#(kleur)}{D_5}$  minuten voordat alle lopers uit dit vak het vijfkilometerpunt gepasseerd zijn, getimed vanaf het moment dat de snelste van die kleur er langs rende. We hadden zojuist berekend dat er over 5 kilometer ook nog een spreiding van  $\frac{|I_{kleur}|}{3}$  bij komt kijken. Als een loper, behorende tot de snelste renners van zijn/haar startvak, als eerste start en een andere loper, een van de langzaamste uit zijn groep, start als laatste, dan kunnen we de tijd uitrekenen hoe lang het duurt voordat het betreffende vak leeg is bij de start (gerekend vanaf het moment dat de eerste loper uit dat vak start tot aan de laatste). Deze tijd zullen we ook wel  $t_{kleur}$ , met  $kleur \in \{Ge, Or, Gr\}$ , noemen:

$$\frac{\#(kleur)}{D_5} - \frac{|I_{kleur}|}{3} =: t_{kleur} \quad \left(\text{in } \frac{\text{personen}}{\text{personen/minuut}} - \text{minuten, oftewel in minuten}\right)$$

Dit is de tijd die het aantal renners uit die startgroep  $I_{kleur}$  nodig hebben om te starten. De doorstroom voor deze groep bij de start,  $D_{0,kleur}$ , wordt nu het aantal renners uit dat startvak gedeeld door de tijd die de renners nodig hebben om te starten:

$$\frac{\frac{\#(kleur)}{D_5} - \frac{|I_{kleur}|}{3}}{\frac{|I_{kleur}|}{3}} =: D_{0,kleur} \quad (\text{in personen/minuut})$$

Als we uit deze doorstroom ook nog de benodigde hekbreedte willen bepalen, dan dient bovenstaande uitdrukking nog met een factor  $\frac{2,25}{400}$  vermenigvuldigd te worden, zoals we al eerder hebben uitgelegd. De uiteindelijke formule voor de hekbreedte luidt nu als volgt:

$$H_{\text{kleur}} = \frac{2,25 \cdot \#(\text{kleur})}{400 \cdot \left( \frac{\#(\text{kleur})}{D_5} - \frac{|I_{\text{kleur}}|}{3} \right)} \quad (\text{in meters})$$

Tot slot nog een belangrijke opmerking omtrent de lengte van de tijdsintervallen. Wanneer een loper zich opgeeft voor de Zevenheuvelenloop, dan geeft hij een exact aantal minuten door, niet lettend op seconden. Als we dan naar de lengte van het tijdsinterval van een kleurengroep kijken, dan missen we als het ware steeds een minuut tussen twee opeenvolgende startvakken. De startgroep Geel bevat bijvoorbeeld mensen die een aantal van 63–69 minuten hebben doorgegeven en Oranje omvat de 70- tot 74-minutenlopers. Dan krijgen we  $|I_{\text{Ge}}| + |I_{\text{Or}}| = |63 - 69| + |70 - 74| = 6 + 4 = 10$ , terwijl we willen dat de tijdsintervallen mooi aansluiten op elkaar:  $|I_{\text{Ge+Or}}| = |63 - 74| = 11$ . Hierdoor sluipen er rekenfoutjes in onze berekeningen en dit willen we uiteraard niet. Vandaar dat we de tijdsintervallen iets zullen moeten wijzigen. We spreken af dat we van elke gelopen tijd  $xx.yy$ , waarbij  $xx$  het aantal minuten en  $yy$  het aantal seconden is, de entier  $\lfloor xx.yy \rfloor = xx$  nemen. (Dit wil zeggen dat we de tijd naar beneden afronden op gehele minuten.) De tijdsintervallen worden dus als volgt:

Rood, Blauw	$(\leftarrow, 63)$
Geel	$[63, 70)$
Oranje	$[70, 75)$
Groen	$[75, 76)$

**Voorbeeld 3.1.** Het vijf kilometerpunt, daar waar de Nijmeegsebaan overgaat in de Derdebaan, vormt een bottleneck voor de lopers; de Nijmeegsebaan is 6 meter breed en de Derdebaan meet slechts 4,5 meter. Stel nu dat we een doorstroom van 400 personen/minuut wensen voor startvak Geel op dit vijf kilometerpunt. Om de lopersdichtheid (dat wil zeggen: hoeveel vierkante meter ruimte elke loper heeft) uit te rekenen zullen we even uitgaan van het slechtste geval, namelijk dat er een minuut lang een groepje van 400 langzame renners uit Geel het meetpunt passeert. (Als we 400 snelle renners per minuut bekijken dan is de gerende afstand van deze snelleriken groter dan die van de minder snelle. De 400 snelle renners hebben dus meer wegoppervlakte dan de 400 langzamere en dus heeft elke langzame renner minder vierkante meter ruimte om te rennen.) De langzaamste gele renners doen 69 minuten over de 15 kilometer. Dit komt overeen met  $\frac{2500}{11}$  meter per minuut. In de wetenschap dat de Derdebaan 4,5 meter breed is en dat de gewenste doorstroom op het vijf kilometerpunt 400 personen/minuut moet bedragen, kunnen we nu de lopersdichtheid uitrekenen op de Derdebaan:

$$\frac{1}{400} \cdot 4,5 \cdot \frac{2500}{11} \approx 2,56 \quad (\text{in vierkante meters})$$

Elke loper heeft dus ruim tweeënhalve vierkante meter ruimte om te rennen. Dit lijkt onzes inziens voldoende.

Als we deze gewenste doorstroom voor de gele groep invullen in de eerder opgestelde formule, dan krijgen we de volgende hekbreedte<sup>2</sup>:

$$\begin{aligned} H_{\text{Ge}} &= \frac{2,25 \cdot \#(\text{Ge})}{400 \cdot \left( \frac{\#(\text{Ge})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Ge}}|}{3} \right)} \\ &= \frac{2,25 \cdot 4095}{400 \cdot \left( \frac{4095}{400} - \frac{|63-70|}{3} \right)} \\ &\approx 2,91 \quad (\text{in meters}) \end{aligned}$$

Door te vermenigvuldigen met de factor  $\frac{400}{2,25}$  kunnen we de hier bijbehorende doorstroom  $D_0$  bij de start berekenen:

$$\begin{aligned} D_0 &= \frac{400}{2,25} \cdot H_{\text{Ge}} \\ &\approx \frac{400}{2,25} \cdot 2,91 \\ &\approx 518 \quad (\text{in personen/ minuut}) \end{aligned}$$

Kortom: als het hek op 2,91 meter wordt gezet dan kunnen er bij het gele startvak ongeveer 520 personen per minuut starten en dit zal tot een doorstroom van 400 personen per minuut bij de Derdebaan leiden.  $\triangleleft$

**Voorbeeld 3.2.** We zullen nu de gevolgen voor de hekbreedte bekijken voor de oranje groep bij een gewenste doorstroom van wederom 400 renners/minuut. Als we het aantal renners uit het oranje startvak in 2008 invullen, dan leidt dit tot de volgende hekbreedte:

$$\begin{aligned} H_{\text{Or}} &= \frac{2,25 \cdot \#(\text{Or})}{400 \cdot \left( \frac{\#(\text{Or})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Or}}|}{3} \right)} \\ &= \frac{2,25 \cdot 4366}{400 \cdot \left( \frac{4366}{400} - \frac{|70-75|}{3} \right)} \\ &\approx 2,66 \quad (\text{in meters}) \end{aligned}$$

Door te vermenigvuldigen met de factor  $\frac{400}{2,25}$  kunnen we weer de bijbehorende doorstroom  $D_0$  bij de start berekenen:

$$\begin{aligned} D_0 &= \frac{400}{2,25} \cdot H_{\text{Or}} \\ &\approx \frac{400}{2,25} \cdot 2,66 \\ &\approx 472 \quad (\text{in personen/ minuut}) \end{aligned}$$

<sup>2</sup>Merk op dat we voor het aantal gele renners het desbetreffende aantal uit 2008 hebben genomen.

Oftewel: als het hek op pakweg 2,65 meter wordt gezet dan kunnen er bij het oranje startvak ongeveer 470 personen per minuut starten en dit zal tot een doorstroom van 400 personen per minuut bij de Derdebaan leiden.  $\triangleleft$

**Voorbeeld 3.3.** Tot slot zullen we de hekbreedte bepalen voor startvak Groen, nog altijd uitgaande van een doorstroom van 400 renners/minuut op het vijf kilometerpunt. Het aantal groene renners van 2008 invullend in de formule levert de volgende hekbreedte:

$$\begin{aligned} H_{\text{Gr}} &= \frac{2,25 \cdot \#(\text{Gr})}{400 \cdot \left( \frac{\#(\text{Gr})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Gr}}|}{3} \right)} \\ &= \frac{2,25 \cdot 4769}{400 \cdot \left( \frac{4769}{400} - \frac{|75-76|}{3} \right)} \\ &\approx 2,31 \quad (\text{in meters}) \end{aligned}$$

Vermenigvuldigen met de factor  $\frac{400}{2,25}$  geeft een doorstroom van 412 renners/minuut bij de start. Dat de doorstroom bij het vijf kilometerpunt bijna hetzelfde is als de doorstroom bij de start is eenvoudig in te zien, omdat de groene groep bestaat uit lopers die allemaal een tijd van 75 minuten hebben opgegeven. De lengte van het tijdsinterval is dus heel klein<sup>3</sup> en daarom zal er onder de door ons gekozen aannames nauwelijks spreiding bij deze groep optreden, omdat iedereen zo goed als even hard rent.  $\triangleleft$

### 3.3.3 Jaarlijkse veranderingen in de hekbreedtes

In Voorbeeld 3.1–3.3 zijn we uitgegaan van de lopersaantallen uit 2008. Als we de lopersaantallen uit 2006 of 2007 in zouden vullen – die kleiner waren dan die van 2008 – dan zouden we een andere hekbreedte kunnen krijgen. Neem bijvoorbeeld de 4091 oranje renners uit 2007. Dan volgt met behulp van de formule dat de hekbreedte 2,69 meter moet bedragen. Dit is ietsje breder dan de 2,66 meter die we er voor 2008 uitkregen (hoewel niet significant verschillend). Hieronder volgt een kort overzicht met betrekking tot de hekbreedtes van de drie startvakken Geel, Oranje en Groen uit 2007:

$$\begin{aligned} H_{\text{Ge}} &= \frac{2,25 \cdot \#(\text{Ge})}{400 \cdot \left( \frac{\#(\text{Ge})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Ge}}|}{3} \right)} \\ &= \frac{2,25 \cdot 3939}{400 \cdot \left( \frac{3939}{400} - \frac{|63-70|}{3} \right)} \\ &\approx 2,95 \quad (\text{in meters}) \end{aligned}$$

<sup>3</sup>In principe is de lengte van dit interval 0, omdat iedereen uit Groen een tijd van 75 minuten heeft opgegeven. Omdat we willen dat de tijdsintervallen echter netjes op elkaar aansluiten, moesten we zoals gezegd een keuze maken en de intervallen enigszins aanpassen. Vandaar dat de lengte van het groene tijdsinterval 1 minuut is in plaats van 0 minuten.

$$\begin{aligned}
 H_{\text{Or}} &= \frac{2,25 \cdot \#(\text{Or})}{400 \cdot \left( \frac{\#(\text{Or})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Or}}|}{3} \right)} \\
 &= \frac{2,25 \cdot 4091}{400 \cdot \left( \frac{4091}{400} - \frac{|70-75|}{3} \right)} \\
 &\approx 2,69 \quad (\text{in meters})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{Gr}} &= \frac{2,25 \cdot \#(\text{Gr})}{400 \cdot \left( \frac{\#(\text{Gr})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Gr}}|}{3} \right)} \\
 &= \frac{2,25 \cdot 4411}{400 \cdot \left( \frac{4411}{400} - \frac{|75-76|}{3} \right)} \\
 &\approx 2,32 \quad (\text{in meters})
 \end{aligned}$$

Ook voor het jaar 2006 kunnen we deze drie hekbreedtes berekenen. Bij een gewenste doorstroom van 400 lopers/minuut op het vijfkilometerpunt zouden de volgende hekbreedtes per startvak horen:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{Ge}} &= \frac{2,25 \cdot \#(\text{Ge})}{400 \cdot \left( \frac{\#(\text{Ge})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Ge}}|}{3} \right)} \\
 &= \frac{2,25 \cdot 3864}{400 \cdot \left( \frac{3864}{400} - \frac{|63-70|}{3} \right)} \\
 &\approx 2,97 \quad (\text{in meters})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{Or}} &= \frac{2,25 \cdot \#(\text{Or})}{400 \cdot \left( \frac{\#(\text{Or})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Or}}|}{3} \right)} \\
 &= \frac{2,25 \cdot 3810}{400 \cdot \left( \frac{3810}{400} - \frac{|70-75|}{3} \right)} \\
 &\approx 2,73 \quad (\text{in meters})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{Gr}} &= \frac{2,25 \cdot \#(\text{Gr})}{400 \cdot \left( \frac{\#(\text{Gr})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Gr}}|}{3} \right)} \\
 &= \frac{2,25 \cdot 4220}{400 \cdot \left( \frac{4220}{400} - \frac{|75-76|}{3} \right)} \\
 &\approx 2,32 \quad (\text{in meters})
 \end{aligned}$$

We zien dat de hekbreedte volgens onze formule bij de groepen Geel en Oranje stukje bij beetje kleiner zou zijn geworden in de afgelopen drie jaar:

jaar	startvak	hekbreedte
2006	Geel	2,97 meter
	Oranje	2,73 meter
	Groen	2,32 meter
2007	Geel	2,95 meter
	Oranje	2,69 meter
	Groen	2,32 meter
2008	Geel	2,91 meter
	Oranje	2,66 meter
	Groen	2,31 meter

Dat de hekbreedte bij een zekere startgroep kleiner wordt naarmate het aantal lopers binnen die startgroep toeneemt, is niet verwonderlijk. Namelijk:

$$\begin{aligned} \lim_{\#(kleur) \rightarrow \infty} H_{kleur} &= \lim_{\#(kleur) \rightarrow \infty} \frac{2,25 \cdot \#(kleur)}{400 \cdot \left( \frac{\#(kleur)}{D_5} - \frac{|I_{kleur}|}{3} \right)} \\ &=^* \frac{2,25 \cdot D_5}{400} \quad (\text{in meters}) \end{aligned}$$

\*  $I_{kleur}$  is een constante voor de desbetreffende kleur, terwijl  $D_5$  niet noodzakelijk vastligt. (Hoewel we tot nu toe steeds voor  $D_5 = 400$  hebben gekozen.) We zien dat als  $D_5 = 400$  dat dan geldt  $H_{kleur} = 2,25$  meter.

Een kleinere hekbreedte resulteert echter in een kleinere doorstroom, hetgeen weer tot gevolg heeft dat het langer duurt voordat de Groesbeekseweg leeg is. Voor onze oplossing voor het ‘‘Groesbeeksewegprobleem’’ zullen we hier dus rekening mee moeten houden. Meer hierover aan het eind van deze paragraaf.

**Opmerking 3.4.** Tot op heden lijkt de volgende situatie haalbaar en realistisch voor de komende editie van de Zevenheuvelenloop: gedurende de eerste 6 minuten starten Rood en Blauw bij een hekbreedte van 2,90 meter; de gele startgroep rent door datzelfde hek van 2,90 meter breed; het hek wordt verkleind tot 2,65 meter voor de oranje renners; wanneer Groen start wordt het hek op 2,30 meter gezet; iedereen is op tijd weg voor de eerste finishers. Dit klinkt veelbelovend, maar we hebben een niet geheel onbelangrijk praktisch punt over het hoofd gezien: is het namelijk wel haalbaar om het hek binnen enkele seconden 15 centimeter aan weerszijden te verplaatsen tijdens de stortvloed aan renners? Het zou kunnen dat dit te veel is gevraagd van de vrijwilligers die het hek bedienen. Daarom willen we voorstellen om in dit geval het hek in meerdere etappes te versmallen. Dat wil bijvoorbeeld zeggen: eerst 2,90 meter, dan enkele minuten lang 2,80 meter, gevolgd door 2,65 meter, dan 2,40 meter en tot slot 2,30 meter. Dit heeft echter wel tot gevolg dat de doorstroom op het vijf kilometerpunt veranderd. Of deze stijgt dan wel daalt is afhankelijk van het feit of je het hek bijvoorbeeld op 2,80 meter zet ‘in de tijd van 2,90 meter’ of ‘in de tijd van 2,65 meter’. Het hek zou eigenlijk 7 minuten lang op 2,90 meter moeten staan en 5 minuten

op 2,65 meter, maar als je het ook nog op 2,80 meter zet dan zullen er bij de 2,90 meter of bij de 2,65 meter toch wat minuten moeten worden afgehaald. Men zou het zo kunnen regelen dat de doorstroom lager dan 400 komt te liggen (hoger dan 400 is niet wenselijk), maar dan kunnen er binnen dezelfde tijd dus minder lopers wegrekken bij de start. Het is dus wenselijk om met zo min mogelijk ‘tussenetappes’ te werken wat de hekbreedte betreft. Maar de keuze voor deze praktische hobbel ligt bij de organisatie.  $\triangleleft$

### 3.3.4 Tijdsrestrictie

We zetten even een stapje terug naar de tijden die het aantal renners uit een startgroep  $I_{\text{kleur}}$  nodig hebben om te starten. Ter herhaling: deze tijden noteren we met

$$t_{\text{kleur}} = \frac{\#(\text{kleur})}{D_5} - \frac{|I_{\text{kleur}}|}{3} \quad (\text{in minuten})$$

De totale tijd waarin de startvakken Geel, Oranje en Groen leeggelopen zijn wordt dan:

$$t_{\text{Ge}} + t_{\text{Or}} + t_{\text{Gr}} = \frac{\#(\text{Ge})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Ge}}|}{3} + \frac{\#(\text{Or})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Or}}|}{3} + \frac{\#(\text{Gr})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Gr}}|}{3}$$

Voor de startvakken Rood en Blauw hadden we reeds 6 minuten uitgetrokken; deze tijd moeten we er dus bij op tellen om de tijd te bepalen hoe lang het duurt voordat de Groesbeekseweg leeg is. Deze tijd mag dus niet  $T$ , de tijd waarin de Groesbeekseweg ook daadwerkelijk leeg moet zijn, overtreffen. In wiskundetaal:

$$\begin{aligned} & 6 + t_{\text{Ge}} + t_{\text{Or}} + t_{\text{Gr}} \leq T \\ \implies & 6 + \frac{\#(\text{Ge})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Ge}}|}{3} + \frac{\#(\text{Or})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Or}}|}{3} + \frac{\#(\text{Gr})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Gr}}|}{3} \leq T \\ \stackrel{*}{\implies} & 6 + \frac{\#(\text{Ge+Or+Gr})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Ge+Or+Gr}}|}{3} \leq T \end{aligned}$$

\* Hier komen de opgerekte tijdsintervallen mooi van pas; doordat we de intervallen [63, 69], [70, 74] en [75] hebben omgetoverd tot respectievelijk [63, 70), [70, 75) en [75, 76) kunnen we deze nu handig optellen voor onze restrictie.

**Voorbeeld 3.5.** Met de zojuist gegeven restrictie kunnen we uitrekenen na hoeveel tijd de Groesbeekseweg leeggelopen zou zijn als we voor alle kleurengroepen een doorstroom van 400 renners/minuut op het vijfkilometerpunt aan hadden gehouden. Voor de lopersaantallen van 2006–2008 geldt:

2006:

$$6 + \frac{\#(\text{Ge+Or+Gr})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Ge+Or+Gr}}|}{3} = 6 + \frac{3864 + 3810 + 4220}{400} - \frac{|63 - 76|}{3} \approx 31 \quad (\text{in minuten})$$

2007:

$$6 + \frac{\#(\text{Ge+Or+Gr})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Ge+Or+Gr}}|}{3} = 6 + \frac{3939 + 4091 + 4411}{400} - \frac{|63 - 76|}{3} \approx 33 \quad (\text{in minuten})$$



2008:

$$6 + \frac{\#(\text{Ge}+\text{Or}+\text{Gr})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Ge}+\text{Or}+\text{Gr}}|}{3} = 6 + \frac{4095 + 4366 + 4769}{400} - \frac{|63 - 76|}{3} \approx 35 \quad (\text{in minuten})$$

Met het oog op de snelste tijd ooit gelopen tijdens de Zevenheuvelenloop (Felix Limo (2001), 41.29 minuten) moet dit voldoende zijn.  $\triangleleft$

### 3.3.5 Is er groei mogelijk?

We zullen nu kijken of de restrictie de komende jaren een probleem zal gaan vormen, rekening houdend met de ambities van de organisatie om het deelnemersveld elk jaar met 1000 te vergroten. In Voorbeeld 3.5 zagen we namelijk al dat de tijd die nodig is om de Groesbeekseweg vrij te maken steeds meer wordt. Uitgaande van een gewenste doorstroom van 400 lopers/minuut op het vijf kilometerpunt en de hieruit volgende hekbreedtes had de Groesbeekseweg in 2006 binnen 31 minuten leeg moeten zijn. In 2007 zou dit aantal op 33 minuten liggen en voor vorig jaar gold een tijd van 35 minuten.

Voor de rode en blauwe groep hadden we een tijd afgesproken van 6 minuten. We hadden berekend dat we hier wel een lustrum mee vooruit zouden kunnen, zonder in de problemen te komen. Het totaal aantal renners van de startvakken Geel, Oranje en Groen bedroeg gedurende de laatste edities van de Zevenheuvelenloop respectievelijk 11894 – 12441 – 13230 lopers. Van 2007 op 2008 betekent dit alleen al een stijging van bijna 800 renners, terwijl er ongeveer 1000 lopers extra mee mochten doen. Om niet op onverwachte problemen te stuiten tijdens de start is het dus noodzaak om van het slechtste scenario uit te gaan. We stellen daarom dat alle 1000 nieuwkomers volgend jaar in de gele, oranje of groene groep worden gestopt. Dit geeft dan  $\#(\text{Ge}+\text{Or}+\text{Gr}) = 14230$  lopers. Nu berekenen we weer hoe lang het duurt voordat de hele meute gestart is, net zoals we in Voorbeeld 3.5 hebben gedaan:

$$6 + \frac{\#(\text{Ge}+\text{Or}+\text{Gr})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Ge}+\text{Or}+\text{Gr}}|}{3} = 6 + \frac{14230}{400} - \frac{|63 - 76|}{3} \approx 37 \quad (\text{in minuten})$$

We zien dat er in 2009 theoretisch al een penibele situatie kan ontstaan bij de start, daar 37 minuten al aardig dicht bij de 41-minutengrens ligt.

Het hoofddoel van dit project is om zoveel mogelijk mensen op de Groesbeekseweg te laten starten, zonder dat er problemen ontstaan bij de start/finish of voor de lopers onderweg (denk aan lopersdichtheid). We hebben zojuist gezien dat er, uitgaande van de door ons geopperde formule en doorstroom, komend jaar al een probleem kan ontstaan door de tijdsrestrictie

$$6 + \frac{\#(\text{Ge}+\text{Or}+\text{Gr})}{D_5} - \frac{|I_{\text{Ge}+\text{Or}+\text{Gr}}|}{3} \leq T$$

We bekijken nogmaals bovenstaande restrictie. We willen  $T$  gelijk houden (zeg, 35 minuten), maar tegelijkertijd  $\#(\text{Ge}+\text{Or}+\text{Gr})$  maximaliseren:

$$\max \#(\text{Ge}+\text{Or}+\text{Gr}) = \#(\overline{\text{Ge}} + \overline{\text{Or}} + \overline{\text{Gr}})$$

waarbij  $\#(kleur) \subseteq \#(\overline{kleur})$ .<sup>4</sup> Dit betekent dat  $D_5$  omhoog moet of dat  $|I_{Ge+Or+Gr}|$  groter zal moeten worden. We onderscheiden nu deze twee situaties:

- Als we  $|I_{Ge+Or+Gr}|$  groter maken, dan stijgt  $\#(Ge+Or+Gr)$  automatisch mee naar  $\#(Ge+Or+Gr+Zw^*)$ , waarbij  $Zw^*$  een (klein) deel van de zwarte startgroep (de by-pass) is, omdat de mensen die 76 (en mogelijk meer) minuten over het parcours doen er nu ook bijkomen. Maar dit houdt in dat er nauwelijks tot geen ruimte meer over is voor nieuwe/extra mensen. En dit willen we juist wel.
- Als we  $D_5$  groter maken dan 400, dan hebben de lopers te weinig ruimte om te rennen; 2,5  $m^2$  wegoppervlak per renner (ontstaan door de keuze voor 400 lopers/minuut) is ongeveer het minimum.

Het gevolg van het feit dat we én  $D_5$ , én  $|I_{Ge+Or+Gr}|$  niet groter kunnen maken, is dat (een deel van) Groen in de toekomst opgeofferd zal moeten worden voor meer renners voor Geel en Oranje:

$$\#(Ge+Or+Gr) = \#(\overline{Ge} + \overline{Or} + Gr^*)$$

waarbij  $\#(kleur) \subseteq \#(\overline{kleur})$  en  $\#(Gr^*) \subset \#(Gr)$  (mogelijk zelfs  $\#(Gr^*) = 0$ ).

### 3.3.6 De Zevenheuvelenloop in de nabije toekomst

De komende jaren zal het evenenement met circa 1000 deelnemers per jaar groeien, zo is de verwachting. Dit is de groei van de afgelopen jaren en dit wordt geprobeerd door te zetten. De afgelopen jaren kwamen er van de 1000 deelnemers zo'n 500-800 in de kleurengroepen. Als schatting voor de komende jaren houden we 800 lopers aan.

Zodra het aantal starters in de kleurengroepen (op de Groesbeekseweg) geoptimaliseerd is, dus zodra het maximum aantal personen bepaald is waarbij geen pieken in de lopersdoorstroom zullen optreden op de rest van het parcours, ligt dit aantal vast zolang het interval van de snelheden gelijk blijft (en de snelheden binnen deze intervallen homogeen verdeeld blijven). Zodra er 800 personen extra bijkomen met een opgegeven tijd van minstens 75 minuten, zullen er mensen van uit de groene groep naar de by-pass moeten, want meer mensen dan het eerder berekende maximum kunnen er niet op de Groesbeekseweg starten (althans, als pieken in de lopersdoorstroom dienen te worden vermeden). Dit betekent dat op den duur het gehele interval van 'de snelste tijd' tot 'de minimale tijd om in de groene groep te mogen starten' kleiner wordt, aangenomen dat die snelste tijd niet significant af zal gaan wijken.<sup>5</sup> In feite kijken we trouwens alleen naar Geel, Oranje en Groen, dus het gaat om het interval 'de snelste tijd in Geel' tot 'de minimale tijd om in Groen te mogen starten'. Als dit interval kleiner wordt, is een direct gevolg daarvan dat de spreiding, die in de eerste 5 kilometer op zal treden, kleiner wordt dan voorheen. Kortom, het aantal starters per minuut ligt lager en er kunnen in totaal dus minder personen starten van de Groesbeekseweg.

<sup>4</sup>Merk op dat we opnieuw geen rekening houden met de groei van Rood en Blauw, omdat we deze al hebben ingecalculleerd in de 6 (minuten) in het linkerlid van de ongelijkheid.

<sup>5</sup>Wat we hier duidelijk willen maken is dat de lopers die er 75 minuten over doen, dus de huidige groene groep, in de toekomst naar de by-pass zullen moeten worden verplaatst. Startvak Groen blijft wel bestaan, maar krijgt een ander tijdsinterval, net zoals alle andere tijdsintervallen ook aangepast moeten worden. Zo kan het voorkomen dat een loper die dit jaar in Oranje rent over een paar jaar in Groen rent, ondanks dat hij nog altijd dezelfde tijd loopt.

Dit is dus een behoorlijk tegenstrijdige conclusie: als de organisatie van de Zevenheuvelenloop het deelnemerstotaal wil laten groeien dan zal het aantal mensen dat kan starten op de Groesbeekseweg naar verloop van tijd moeten dalen! Hoeveel personen er exact minder kunnen starten op de Groesbeekseweg valt te berekenen door opnieuw het algoritme te volgen, maar dan met andere intervallen.

De keuze voor de manier waarop de kloof tussen “alle 75-minutenrenners” en “geen enkele 75-minutenrenner” op de Groesbeekseweg moet worden gedicht ligt bij de organisatie van de Zevenheuvelenloop. Een optie is om het aantal lopers op de Groesbeekseweg de komende jaren ongeveer gelijk te houden en een aantal groene lopers te verwijderen dat gelijk is aan het overschot aan renners op de Groesbeekseweg (het aantal bij Groen dus gewoon afkappen). Hoe deze minder gelukkige renners bepaald worden kan bijvoorbeeld door loting gebeuren.

## 4 Conclusies

### *Oplossing 1*

De eerste oplossing is duidelijk: verplaats de finish naar een andere locatie. Het is een rigoreuze oplossing met zowel grote voor- als nadelen. Het grote voordeel is dat de Groesbeekseweg niet leeg hoeft te zijn binnen een bepaalde tijd  $T$  (plusminus 35-40 minuten). Het gunstige gevolg hiervan is dat iedereen op de Groesbeekseweg kan starten. Er zitten ook twee flinke nadelen aan deze oplossing. Ten eerste moet het parcours precies 15 kilometer lang zijn. Met de finish op een andere plaats moet de route nog steeds precies 15 kilometer zijn. Tevens moet er genoeg ruimte zijn om alle finishers op te vangen. Dit creëert weer organisatorische problemen, want zo'n nieuwe opzet zou goedkeuring moeten krijgen van de gemeente. Ten tweede is alles vanuit historisch oogpunt gecentreerd rond het begin van de Groesbeekseweg, vlak bij het Keizer Karelplein en Centraal Station Nijmegen. Kortom, voor deze oplossing zal er door de organisatie flink wat gewikt en gewogen moeten worden.

### *Oplossing 2*

De tweede oplossing is ook kort en bondig: houd de hekbreedte – en dus de doorstroom van lopers – zodanig klein dat alles zonder risico verloopt. Hiermee wordt bedoeld dat de Groesbeekseweg gegarandeerd op tijd leeg is voordat de eerste finishers terug zijn en dat elke loper onderweg voldoende ruimte heeft om te rennen. Het grote nadeel van deze oplossing is natuurlijk dat er maar een zeer beperkte hoeveelheid mensen kan starten op de Groesbeekseweg en dat het merendeel in de by-pass zal moeten beginnen. Tevens is de vraag waar deze veilige grens voor de hekbreedte gesteld moet worden. Dit is een optimalisatieprobleem dat leidt tot de derde oplossing.

### *Oplossing 3*

De grootste 'bottleneck' in het parcours is precies na 5 kilometer, daar waar de Nijmeegsebaan overgaat op de Derdebaan. Uit onze schattingen en berekeningen blijkt dat een doorstroom van 400 personen per minuut op deze 4,5 meter brede Derdebaan tot een zeer aannemelijke lopersdichtheid leidt; bij deze doorstroom heeft elke loper namelijk ruim 2,5 vierkante meter ruimte om te rennen. Een grotere doorstroom heeft een kleinere lopersdichtheid tot gevolg en dit is onzes inziens niet wenselijk, terwijl er bij een lagere doorstroom minder lopers op de Groesbeekseweg kunnen starten. Er mag dus gezegd worden dat een doorstroom van 400 personen per minuut op het vijf kilometerpunt zo goed als optimaal is.

Voor de startgroepen Rood en Blauw zullen we er van uitgaan dat een tijdsbestek van 6 minuten voldoende is om alle rode en blauwe renners de komende jaren te laten starten. Voor de startvakken Geel, Oranje en Groen hebben we een formule opgesteld. Aan de hand van deze formule kunnen we bij een gewenste doorstroom op het vijf kilometerpunt de hekbreedte bij de start berekenen. Bij het opstellen van deze formule zijn we uitgegaan van een perfecte situatie. Deze aannames zijn: elke loper staat in het *juiste vak* en loopt met *constante snelheid* exact de door hem/haar opgegeven tijd. Vertroebeling van de startvakken wordt onder deze aannames uitgesloten. Doordat er in elke startvak mensen zitten die harder lopen dan anderen, zal er binnen zo'n startvak wel spreiding optreden. Deze spreiding in acht genomen hebbende is de volgende formule opgesteld (zie hoofdstuk 3 voor de notaties):

$$H_{\text{kleur}} = \frac{2,25 \cdot \#(\text{kleur})}{400 \cdot \left( \frac{\#(\text{kleur})}{D_5} - \frac{|I_{\text{kleur}}|}{3} \right)} \quad (\text{in meters})$$

Om deze formule te gebruiken zal de organisatie van de Zevenheuvelenloop een gewenste doorstroom op het vijf kilometerpunt moeten kiezen en het aantal (opgegeven) renners (dat jaarlijks zal verschillen) tezamen met de lengte van het tijdsinterval invullen. Dan zal er voor de desbetreffende kleurengroep een hekbreedte uit de formule rollen.

Houd rekening met de tijdsrestrictie. Bij het kiezen van de gewenste doorstroom en de opgegeven lopersaantallen van Geel, Oranje en Groen dient rekening te worden gehouden met de tijd  $T$  waarbinnen de Groesbeekseweg geleegd moet zijn. Vermoedelijk zal deze  $T$  snel worden overschreden de komende jaren. Vandaar ons volgende advies.

#### *Advies aan de organisatie van de Zevenheuvelenloop*

Er zullen, door de gewenste groei van de organisatie, de komende jaren meer snelle mensen op de Groesbeekseweg starten. Dit heeft tot gevolg dat er minder spreiding onderweg zal optreden, waardoor er minder mensen kunnen starten op de Groesbeekseweg. Deze paradox – een groei van het deelnemersaantal leidt tot minder mensen op de Groesbeekseweg – dwingt ons het volgende advies te geven omtrent de start van de Zevenheuvelenloop gedurende de komende jaren.

Werk de komende, zeg, vijf jaar met de door ons voorgeschreven formule en zorg ervoor dat het niet langer dan ongeveer 35 minuten duurt voordat alle lopers gestart zijn. Waarschijnlijk kunnen hierdoor niet alle renners uit Rood, Blauw, Geel, Oranje en Groen op de Groesbeekseweg meer starten. Stel daarom van tevoren een duidelijke, harde grens aan het aantal mensen dat mag starten op de Groesbeekseweg (bijvoorbeeld 17000 lopers) en pas een loting toe op de groene lopers. Met andere woorden: de eerste vier kleurengroepen kunnen gewoon starten op de Groesbeekseweg, maar van Groen kan er slechts een beperkt deel starten op de Groesbeekseweg. De rest van Groen zal in de by-pass moeten starten.

Na deze vijf jaar zal het aantal lopers in Geel en Oranje inmiddels dusdanig gegroeid zijn dat alle 75-minutenrenners (op dit moment startvak Groen) naar de by-pass gestuurd kunnen en moeten worden. Eventueel kan er binnen Geel en Oranje iets met de tijdsintervallen geschoven worden, zodat er toch weer vijf kleurengroepen ontstaan (maar ditmaal tot en met 74 minuten in plaats van 75).

Over een jaar of tien zal het deelnemersveld dusdanig groot zijn dat ongeveer tweederde van alle renners in de by-pass zal moeten starten. Dan is het misschien wel het overwegen waard om de finish op een andere plek te hebben dan de start...

De keuze is aan de organisatie.

## 5 Bijlage B: Overleg 23 maart 2009

Onze kennismaking met Maarten Krol en Wim Meijer, twee bestuursleden van de Zevenheuvelenloop, vond plaats op 23 maart 2009. Onder leiding van dhr. Landsman en onder het genot van een natje werden we in café Blixem te Nijmegen op de hoogte gesteld van de details omtrent de Zevenheuvelenloop.

AANWEZIG:

Maarten Krol	maarten.krol@zevenheuvelenloop.nl
Wim Meijer	wim.meijer@inter.nl.net
Klaas Landsman	landsman@math.ru.nl
Anna Kiriliouk	a.kiriliouk@math.ru.nl
Kris Schoorl	k.schoorl@student.science.ru.nl
Tjapko Struik	struik@math.ru.nl
Tim Verheijen	timverheijen@student.ru.nl

Ter voorbereiding op het gesprek hadden we van tevoren een lijstje opgesteld met prangende vragen waarvan we graag het antwoord zouden willen weten, opdat we daadwerkelijk aan de slag zouden kunnen gaan met ons project.

### Vragen

1. Wat zijn de opgegeven looptijden?
2. Wat zijn de werkelijke looptijden?
3. Wat zijn de doorlooptijden per kilometer?
4. Wat is de breedte van de weg (met name bij de start)?
5. Wat is het aantal deelnemers per startgroep en in hoeverre mogen we dit aanpassen?
6. Wat zijn de starttijden van de groepen?
7. Waarom is de grootte van de opening van het hek bij de start precies 2,25 meter?
8. Wat zijn de maten van de weg in de by-pass?
9. Hoe is de toegang en doorstroom tót de startvakken?
10. Wat is de vollooptijd van de startvakken en hoe is de verdeling ten opzichte van de tijd hiervan?

Op de volgende pagina's volgt een opsomming van de door Maarten en Wim verkregen antwoorden op bovengenoemde vragen. De nummers verwijzen naar de vraag waarmee ze in verband staan.

**Antwoorden**

- 7 De opening van het hek was eerst 4 meter. Dit is steeds verder versmald, totdat er nauwelijks klachten waren over drukte om je heen tijdens het lopen. Bij een opening van 2,25 meter worden er 400 mensen per minuut doorgelaten. De breedte van de opening wordt tijdens het starten bijgestuurd als dit aantal afwijkt. Het bijsturen gaat in enkele centimeters. Die smalle opening is het ‘zandlopermodel’. Het aantal mensen dat voorbij de start gaat wordt automatisch geteld doordat iedereen een chip draagt.
- 4 De breedte van de weg vlak voor de start is dus 2,25 meter, dankzij het zandlopermodel. Daarna is de breedte circa 8 meter. De precieze maten zullen we zelf op moeten meten.
- 8 Ook de maten bij de start van de by-pass moeten we zelf meten, maar ook hier geldt dat de breedte van de weg meestal zo’n 8 meter is. Echter, op het traject van 100-600 meter wordt slechts de halve wegbreedte gebruikt.
- 5 Het aantal deelnemers (en startvakken) op de Groesbeekseweg is beperkt omdat de start na 30-35 minuten weer vrij moet zijn. Na 40 minuten finishen namelijk de eerste deelnemers. De start en finish zijn op dezelfde plaats, maar wel in tegengestelde richting. Na die 30-35 minuten zullen alleen nog mensen vanuit de by-pass starten (op dit moment is dat gedurende circa 20 minuten). De eerste 100 meter van het by-passparcours is afwijkend van het kleurengroepenparcours. Van 100-600 meter (parcours voor iedereen) is de weg in twee helften gescheiden. De eerste 30 minuten worden beide helften gebruikt voor vertrekkende deelnemers. Daarna wordt één helft gebruikt voor finishende deelnemers.
- 1 Een reden om een valse of te optimistische starttijd op te geven, is om te mogen starten op de Groesbeekseweg (in een kleurengroep dus). Hier kunnen slechts 12000-14000 deelnemers starten (bij een doorstroom van 400 deelnemers per minuut en dus een hekopening van 2,25 meter). Het criterium is exact gezien 30 minuten en door de doorstroom variabel te houden is het aantal startende deelnemers op de Groesbeekseweg nog niet vastgelegd.
- 1 De opgegeven looptijd van de deelnemers in de rode groep wordt gecontroleerd, de rest niet. Er zijn wel gegevens van de laatste jaren, maar we moeten er rekening mee houden dat het erg veel werk is om die controle uit te voeren. In de rode groep starten zo’n 300 deelnemers.
- 2 Vergelijken met de werkelijke looptijd is voor een deel mogelijk, maar circa 40 procent doet pas voor de eerste of tweede maal mee.
- 2 Werkelijke looptijden van voorgaande jaren zijn lang niet altijd realistisch: mensen kunnen getraind hebben, in een traag gezelschap lopen, licht geblesseerd zijn; dit kan het jaar erop anders zijn.
- 5 Het aantal ingeschreven deelnemers in totaal was vorig jaar zo’n 30.000. De opkomst ligt echter de laatste jaren rond de 80 procent.
- 5 Het aantal starters per groep kan afwijken van hoe je zelf indeelt. Eén reden hiervoor is het niet op komen dagen van mensen, een andere reden is dat mensen (al dan niet moedwillig) in het verkeerde vak starten. Controle hiervan is in lichte mate mogelijk, maar ingrijpen kost veel tijd. Het is een massaevenement, dus ingrijpen voor dergelijke kleine zaken is niet wenselijk. De uitvoering van de groepsindeling is dus foutvriendelijk.

- 9 Toegang tot de kleurenvakken is alleen mogelijk via de zijstraten. De zijkanten van die vakken zijn afgesloten met hoge hekken. Bij de by-pass is dit flexibeler; daar zijn de hekken laag. De deelnemers komen vanaf de voorkant en (onder andere) daardoor starten er veel mensen van by-passgroep 2 en 3 in by-passgroep 1.
- 5 Achter de groene startgroep zit de garderobe. Deze ruimte is dus wel functioneel, maar er valt in te verschuiven.
- 1 Inschrijvingen gebeuren vaak in groepen. Die groepen willen tegelijk starten en geven dus allemaal dezelfde starttijd op, ook als een deel veel trager (of sneller) is.
- 6 De openingstijden van de groepen staan aangegeven op het formulier met de route. Die tijden verkorten zal zeer waarschijnlijk tot effect hebben dat er zich rijen gaan vormen vóór de startvakken. Dergelijke opstoppingen wil de organisatie voorkomen.
- 9 Na de start van alle kleurengroepen wordt het groene startvak afgebroken. Het oranje vak tot aan de start wordt gebruikt als uitlooptraject bij de finish.
- 5 Jaarlijks doen er zo'n 1000 deelnemers mee. Het is ook een wens van de organisatie om te blijven groeien, het is namelijk fijn om elk jaar een recordaantal deelnemers te hebben.
- 5 Pas na de sluiting van de inschrijving (circa een maand voor het evenement) wordt de indeling van groepen bepaald.
- 5 Een probleem bij groepen indelen is dat er vaak ronde tijden worden opgegeven. Vooral de scheiding van de groene groep en de by-pass gaat langzamerhand een probleem opleveren. Er is een erg grote groep die een starttijd van 75 minuten opgeeft. De vraag is dan hoe je een scheiding maakt.
- 9 Er zijn mogelijkheden om de start en finishlocatie niet hetzelfde meer te laten zijn. Dit gaat mogelijk ten koste van de sfeer, maar de optie is reëel. De Wedren, aan de Prins Bernhardstraat, is al eerder als startlocatie geopperd. Echter, om het parcours niet met zichzelf te laten kruisen, zal de andere kant op gelopen moeten worden. Dit zal enige weerstand opleveren, maar is geen reden om de optie te negeren.
- 9 Het is organisatorisch gezien lastig om de start- en finishlocatie op twee verschillende plekken te laten zijn.
- 9 De parkeergarages bij het Keizer Karel Plein fungeren als omkleedplaatsen. Dit logistieke deel moet ook intact blijven of meerverschuiven als de startlocatie wijzigt. De laatste jaren konden bovendien minder mensen tegelijk in de parkeergarages in verband met veiligheidsregels. De gemeente en brandweer controleren dit. Gelukkig kleedt niet iedereen zich tegelijk om; de piek ligt net voor de loop. Het veranderen van de openingstijden van de startgroepen kan een probleem opleveren om mensen kwijt te kunnen (om zich om te kleden).
- 9 De mensen verden vroeger over de garages verdeeld naar oppervlakte van de garages. Tegenwoordig let men meer op veiligheid, waarbij gedacht kan worden aan de breedte van de deuren van de garages. (Deze zijn namelijk overal even breed.) Denk eraan dat men de deelnemers ook in de garages kwijt moet kunnen.



- 10 Circa 80 procent voegt zich pas de laatste 10 minuten tot de eigen startgroep.
- 10 Is het mogelijk, en zo ja rendabel, om de openingstijden van de startvakken te verkorten? Immers, de vakken zouden theoretisch dan binnen een kortere tijd moeten worden gevuld, zodat de lopers niet zo lang kou vatten. Dit is niet echt wenselijk. De mensen die ruim voor de start al in hun startvak klaarstaan vinden dit over het algemeen niet echt storend, omdat ze er zelf voor gekozen hebben. Bovendien krijg je een opeenhoping van lopers vóór de startvakken wanneer zij allemaal hun vak binnen willen.
- 4 Bij de finish moet voldoende ruimte zijn om de deelnemers te kunnen laten finishen. Daarom is pas na 600 meter de uitgifte van medailles en een drankje. Ingewikkelde uitgiftes moeten worden voorkomen, want dat kan opstoppingen geven, ook met de buffer van 600 meter.
- 2 Ook wanneer er een indicatie is van de werkelijke looptijd van deelnemers, kunnen ze soms in een te hoge groep worden geplaatst. Potentiële prijswinnaars (in hun eigen categorie) worden namelijk vooraan geplaatst. De reden is dat voor de prijzen wordt gekeken naar tijd van binnenkomst (dus verschil tussen startschot en passeren finish) en niet naar de nettotijd (gemeten door de chip). Op die manier prijzen uitreiken is normaal bij hardlopen en zal niet worden aangepast. Het bijhouden van de nettotijd is voor de deelnemer een extra service, zodat je voor jezelf weet hoe snel je het parcours kunt lopen.
- 5 Het doel van de startvakken en het zandlopermodel is om de deelnemers minder drukte te laten ervaren. We willen dus het aantal lopers per oppervlakte laag houden en het aantal passeerbewegingen minimaliseren.
- 5 Vervuiling van de startgroepen (dus lopers die niet even hard lopen tegelijk laten starten) kan snelle spreiding opleveren, wat minder drukte geeft. Of dit een echt oplossing is, is te betwijfelen.
- 5 Met de spreiding van de drukte mogen geen gaten in het ‘lint’ vallen. Dan is het voor vrijwilligers moeilijk om de weg vrij te houden van mensen die de weg over willen steken.
- 5 Als na 30 minuten nog niet iedereen van de Groesbeekseweg gestart is, gaan de hekken verder open. Dit geeft een piek in de lopersdoorstroom op het parcours. Bovendien zullen bij het laatste deel van de groene groep ook nog de snelsten van de by-pass aansluiten en mogelijk in willen halen.
- 5 In de kleurengroepen is de dichtheid in de startvakken zo’n 4 deelnemers per vierkante meter, in de blauwe en rode groep iets lager.
- 3 Op drie plaatsen in het parcours wordt het aantal passanten geregistreerd. Op basis daarvan kunnen we een schatting van de doorlooptijd per kilometer bepalen.
- 7 Opstoppingen (verhogingen van de lopersdoorstroom) in het parcours zijn er niet veel, maar dit willen wij toch zelf vaststellen. Dit kan door fysiek het parcours langs te gaan. Mogelijk moet op bepaalde tijdstippen de opening van het hek daartoe worden verkleind.
- 9 Bij aanpassingen van start en finish moeten we rekening houden met nevenactiviteiten. Deze worden qua tijd ruim om de loop heen gepland, om ieder risico weg te nemen dat het parcours niet tijdig vrij is.

- 5 Is het mogelijk om andere (zij)straten te gebruiken voor de start? (Met andere woorden: mag er met de startvakken geschoven worden?)  
Ja, over het algemeen wel. Er is gedacht om een nabijgelegen grasveld te gebruiken voor de start, maar men is niet positief ingesteld over dit voorstel. Andere zijstraten zouden wel gebruikt kunnen worden voor de startgroepen, hoewel het de vraag is of het verschuiven van de startvakken het probleem oplost dat er 12000 mensen binnen 35 minuten weg moeten zijn. Waarschijnlijk moet er de komende jaren sowieso hier en daar een extra straat worden gebruikt vanwege de groei van de by-pass.
- 4 Er zijn door de jaren heen drie wezenlijke veranderingen doorgevoerd bij de Zevenheuvelenloop:
1. Invoering van de chip: deze persoonlijke chip meet de nettolooptijd van een deelnemer en voorkomt dat er niet al (veel) tijd is verstreken voordat de loper daadwerkelijk gestart is.
  2. Zandloperstart: het creëren van een bottleneck bij de start zorgt ervoor dat het “lint” van lopende deelnemers wordt uitgerekt en dat er dus meer loopruimte en meer inhaal-mogelijkheden zijn.
  3. By-pass: er zijn extra startvakken gecreëerd om meer mensen te kunnen laten lopen.
- 5 De ideale loopsituatie is een situatie mét vervuiling binnen de startgroepen. Wanneer alle groepen namelijk perfect zijn ingedeeld op looptijd, dan ontstaan er ongewenste gaten tussen de groepen.
- 5 Bij het bedenken en het zoeken naar een oplossing moeten we ons niet zozeer laten leiden door normen en waarden, maar des te meer door theoretische mogelijkheden.
- 4 Zijn er grote knelpunten en/of opstoppingen onderweg? Nee. De weg is bij de Derde Baan(?) het smalst, maar echt grote problemen levert dit niet op.
- 7 Is het een optie om één hek, ter breedte van 2,25 meter, in het midden van de weg te splitsen in twee hekken ter breedte van, zeg, 1,25-1,50 meter links en rechts van de weg, zodat er twee “slingers” ontstaan in plaats van één? Dit heeft weinig nut, omdat de deelnemers zich binnen de 15 meter die tussen het hek (de hekken) en de start liggen al over de hele weg hebben verdeeld. In dit opzicht is het nemen van twee hekken niet efficiënter dan het gebruiken van slechts een hek.

## Doelen

- Het maken van een optimale indeling van deelnemers in startgroepen (onder andere: verplaats je de groep van 75 minuten opgegeven looptijd naar de by-pass?).
- Bepaal een optimale doorstroom van de lopers. Dit kan per tijdstip verschillen. Op zo min mogelijk plaatsen wil je een piek in de lopersdoorstroom aantreffen.

## Gewenste gegevens

*te verkrijgen bij de organisatie van de Zevenheuvelenloop*

- Aantal deelnemers van de afgelopen jaren en de gewenste groei ervan.
- Lopersdoorstromingen.
- Aantal passeerbewegingen en locaties waar zich pieken in de lopersdoorstroom voordoen.
- Bekende punten in het parcours waar de lopersdoorstroom groot is, eventueel met korte verklaring (als die bekend is).
- Opgegeven tijden van de afgelopen jaren.
- Werkelijke looptijden van deelnemers van de afgelopen jaren.
- Indicatie van de oppervlakte van de startvakken (meten we zelf ook nog na).
- Indelingen van de startgroepen van de afgelopen jaren.
- Aantal geregisteerde passanten op de drie meetpunten in het parcours.
- Capaciteit en snelheid bij omkleedplaatsen (in parkeergarages) en bij de garderobe.
- De openings- en sluitingstijden van de startvakken.
- De starttijden van alle groepen.

## 6 Bijlage C: Overleg 22 april 2009

Op 22 april hielden we een brainstormsessie, waarin we onze hoofddoelen nog eens concreet hebben opgesteld.

AANWEZIG:

Anna Kiriliouk  
Tjapko Struik  
Tim Verheijen

### Doelen:

- Doorstroom aanpassen (naar beneden), met als doel opstoppingen (als gevolg van een versmaling van de weg) uit te bannen of op zijn minst te laten afnemen. Helemaal geen opstoppingen in de route zorgt voor minder ergernis, maar daardoor moeten er meer mensen van de kleurengroep Groen naar de by-pass. Het aantal mensen in de kleurengroep iets groter houden kan ten koste gaan van enkele kleine opstoppingen. Daartoe moeten we het aantal opstoppingen nagaan en vooral ook in welke mate het opstopt (dus hoe smal de weg is). Het aanpassen van de doorstroom kan door het hek bij de start minder ver open te zetten. Hoeveel verder het dicht moet, kunnen we bepalen door naar voorgaande jaargangen te kijken. Waarschijnlijk is dit lineair, maar dit moeten we wel controleren.
- Opties van startgroepen opsommen:
  1. Start op Groesbeekseweg en finish op Prins Bernhardstraat. Dan kun je de kleurengroepen uitbreiden met zijstraten omdat de finish niet tijdig vrij hoeft te zijn.
  2. Start op de Prins Bernhardstraat en finish op de Groesbeekseweg. De route moet dan worden omgedraaid om de route niet zichzelf te laten doorkruisen.
  3. Groene groep (gedeeltelijk) naar de by-pass plaatsen om reductie van de dichtheid op te vangen. Dit kan ondervangen worden door de start van de by-pass officiëler te maken (minder rommelig, waardoor die mensen serieuzer worden genomen).
- Indelen naar aanleiding van opgegeven tijd. Bij een indelingssysteem rekening houden met opgeven van dezelfde tijd (door meerdere mensen) en dat mensen zich in een groep op (willen) geven.