

Real-time voorspellen van drukte op treinperrons op basis van actuele vertragingen

Rik Schakenbos

NS Stations¹

Isabel Bevort

NS Stations²

Jan Hoogenraad

Spoorgloren³

Themanummer CVS 2022

[De originele bijdrage voor het CVS](#)

¹ Nederlandse Spoorwegen: E: rik.schakenbos@nsstations.nl

² Nederlandse Spoorwegen: E: isabel.bevort@nsstations.nl

³ Spoorgloren: E: jan.hoogenraad@spoorgloren.nl

1. Inleiding

In 2019 werd op drie treinstations in Nederland (Utrecht Centraal, Amsterdam Zuid, Schiphol Airport) structureel crowd-control op de perrons toegepast vanwege de drukte op het perron, om risico's van potentieel gevaarlijke situaties te mitigeren (zie ook ProRail (2019)). Door fluctuatie in de reizigersaantallen per dag en tijdstip is vooraf niet zo goed te voorspellen wanneer crowd-control precies nodig is, dit gebeurt vaak bij onverwacht hoge piekdrukke. In dit artikel bespreken we onze verkenning of we kort van tevoren (15-30 minuten) kunnen voorspellen wanneer onverwacht hoge piekdrukke optreedt op spoor 5 van Utrecht Centraal (*Figuur 1*).

Bij een succesvolle voorspelling van deze situaties kunnen we crowd-control-medewerkers effectiever inzetten en zijn er mogelijk ook oplossingen in de treindienst die de risico's op de perrons kunnen mitigeren.



Figuur 1: Utrecht spoor 5/7. Spoor 5 (links) heeft minder beschikbare ruimte voor de reiziger dan spoor 7. Hierdoor treedt op spoor 5 grote drukte op.

De grootste veiligheidsrisico's door drukte op de perrons ontstaan over het algemeen net voor een trein stopt, wanneer de trein langs de wachtende instappende reizigers rijdt. Op een "gemiddelde" dag is het niet te druk. Een onverwacht hoog aantal instappers voor een specifieke trein kan verschillende oorzaken hebben:

- Treinenloop: vertraging van een nog te vertrekken trein, opgeheven trein(-en), vertraging of vervroeging van belangrijke overstaprelatie
- Reizigersaantallen: meer dan gemiddeld vanwege lokale omstandigheden of seizoens- of dageffecten.

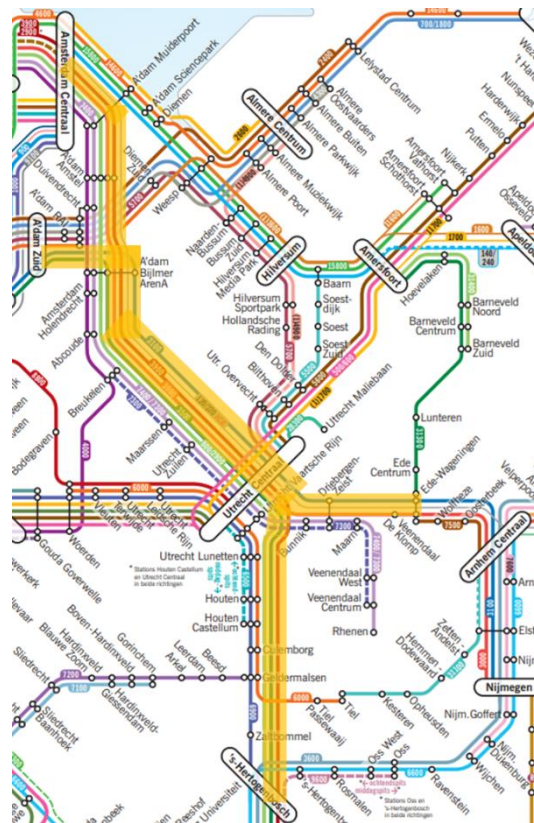
Onze hypothese is dat overmatige drukte grotendeels te verklaren is vanuit de treinenloop. In dit onderzoek richten we ons daar op.

Om het model te ontwikkelen gebruiken we een dataset van ROCKT2 uit 2019. ROCKT2 is een algoritme dat op basis van check-ins/-outs en de gerealiseerde dienstregeling reizigers aan treinen toewijst en op deze manier nauwkeurig het aantal in-/uit-/overstappers per trein per station bepaalt. Een meer gedetailleerde omschrijving van de werking van ROCKT2 is te vinden in van den Heuvel en Hoogenraad (2014). Met deze databron hebben we een dataset samengesteld met

het aantal wachtende instappers per treinnummer per minuut op Utrecht Centraal spoor 5, over geheel 2019.

2. Drukke voorspellen met treinenloop

We zijn het onderzoek exploratief begonnen om een gevoel te krijgen waar de grote uitschieters wat betreft perrondrukke zich bevinden. Hier omschrijven we het model dat daarvoor gevolgd is.



Figuur 2: Treinseries vertrekkend vanaf spoor 5-7 Utrecht Centraal (geel gearceerd).

Op spoor 5-7 van Utrecht Centraal komen treinen aan uit Arnhem Centraal (via Ede-Wageningen) en Eindhoven Centraal (via 's-Hertogenbosch), afwisselend op spoor 5 en spoor 7. De treinen vertrekken daarna naar Amsterdam Zuid / Schiphol Airport of Amsterdam Centraal (

Figuur 2). We zijn in het bijzonder geïnteresseerd in spoor 5 omdat de ruimte daar beperkt is (Figuur 1).

Om het reizigersaanbod op het perron te voorspellen, kijken we naar een voorspelling van het aantal instappers voor een trein. We gebruiken hiervoor het mediaan aantal instappers voor een treinnummer, vlak voor de mediane vertrektijd van deze trein. Immers, onafhankelijk of deze trein uiteindelijk op tijd, te laat, of helemaal niet heeft gereden, het grootste deel van de instappers zal vlak voor de verwachte vertrektijd toch op het perron staan. Ter versimpeling van het model kiezen we ervoor dat 50% van het mediane aantal instappers 6 minuten voor de mediane vertrektijd van de trein op het perron staat, en 100% bij 2 minuten voor de mediane vertrektijd. Daarnaast maken we onderscheid tussen wekdagen en weekenddagen, verder is de aanvoer van reizigers per trein per dag gelijk in het model.

De afvoer van instappers wordt gemodelleerd met de vertrektijd van de trein: zodra een trein vertrekt zijn alle reizigers voor die reisrichting (Amsterdam Zuid of Amsterdam Centraal) van het perron af in ons model.

Ter illustratie twee scenario's met een rekenvoorbeeld:

- Trein 1 richting Amsterdam Centraal heeft een mediane vertrektijd van 08:15 uur en een mediaan aantal instappers van 600
- Trein 2 richting Amsterdam Centraal heeft een mediane vertrektijd van 08:30 uur en een mediaan aantal instappers van 400

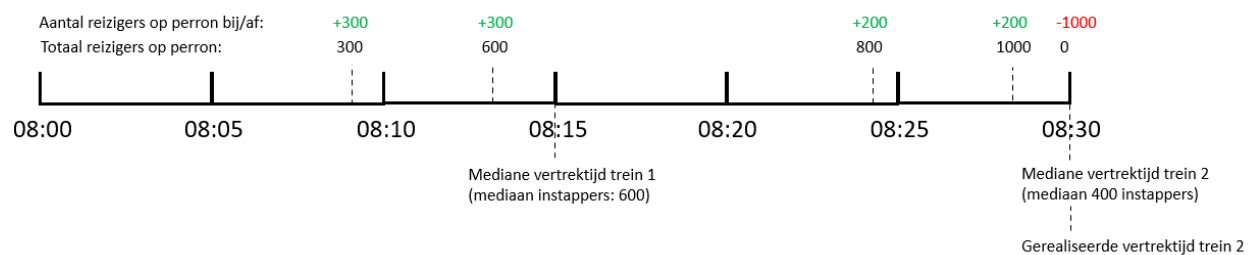
In scenario 1 vervalt trein 1. Trein 2 vertrekt op de mediane vertrektijd, en neemt ook alle instappers van trein 1 mee. In dit geval ziet de modelmatige opbouw op het perron er als volgt uit (Figuur 3):

08:09 (mediaan -6): +50% trein 1 = 300 instappers

08:13 (mediaan -2): +50% trein 1 = 600 instappers

08:24 (mediaan -6): +50% trein 2 = 800 instappers

08:28 (mediaan -2): +50% trein 2 = 1000 instappers



Figuur 3: Tijdslijn van rekenvoorbeeld verloop instappers op perron bij uitgevallen trein.

In scenario 2 rijden beide treinen, maar is trein 1 10 minuten vertraagd. Een deel van de reizigers voor trein 2 zullen met de vertraagde trein 1 mee gaan. De modelmatige opbouw op het perron ziet er als volgt uit (Figuur 2):

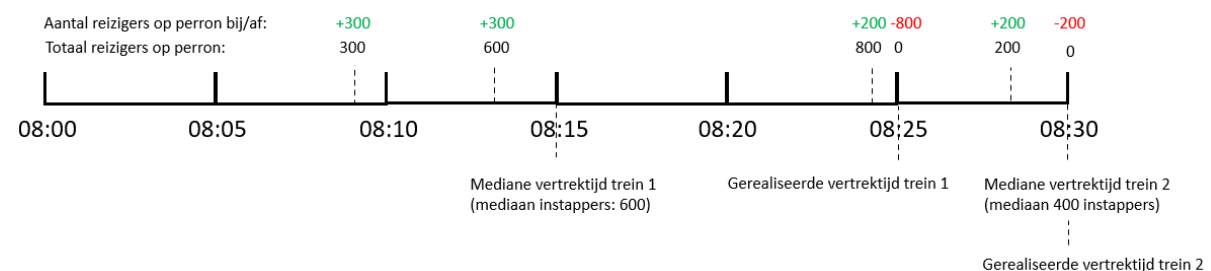
08:09 (mediaan -6): + 50% trein 1 = 300 instappers

08:13 (mediaan -2): + 50% trein 1 = 600 instappers

08:24 (mediaan -6): + (50% trein 2 = 200) = 800 instappers

08:25 (vertrektijd trein 1): 0 instappers

08:28 (mediaan -2): + 50% trein 2 = 200 instappers



Figuur 4: Tijdslijn van rekenvoorbeeld verloop instappers op perron bij vertraagde trein.

3. Resultaten model

Om het hiervoor beschreven model te toetsen vergelijken we de modelresultaten met het daadwerkelijk aantal instappers op het perron (op basis van ROCKT2), op Utrecht Centraal.

Van belang is of zowel het model als de realisatie een “hoge” of “lage” waarde geeft, niet zozeer hoe dicht de realisatiewaarde bij de modelwaarde zit. Het doel is namelijk niet om een exact aantal instappers te voorspellen, maar om te signaleren of de crowd-control operatie vroegtijdig actie kan ondernemen. We definiëren een waarde als “hoog” wanneer dit een van de 30 drukste dagen/momenten in het jaar was. We beoordelen het model op basis van:

- True/False positives: hoge waarde in het model, dan ook hoge waarde in de realisatiedata? Oftewel: krijgt de crowd-control operatie terecht een signaal dat het druk gaat worden?
- True/false negatives: geen hoge waarde in het model, dan ook geen hoge waarde in de realisatiedata? Oftewel: mist het model momenten waarop een signaal richting de crowd-control operatie wel gewenst was?

Op de **20 drukste momenten volgens het model** was het in werkelijkheid in de meeste gevallen ook erg druk. Enkele uitzonderingen zijn feestdagen en momenten waar langere tijd geen trein heeft gereden. Na de top 20 nam de nauwkeurigheid van het model af.

Van de **top 10 drukste momenten volgens de realisatiedata** gaf het model op 1 uitzondering na ook altijd aan dat dit tot een topdrukte moment is. Daarna triggert het model minder vaak terwijl er in de realisatie nog wel drukke momenten voorkomen. Hier kan de waarde waarop getriggerd wordt aangepast worden. Bij de enige uitzondering in de top-10 waarin het model niet triggerde bleek de tijdsgrens van 50% van de reizigers 6 minuten net te scherp was: als we dit op 8 minuten gelegd hadden, was die wel in de top-10 gekomen. We concluderen dat de hoge modelwaardes conform hypothese vrijwel allemaal veroorzaakt worden door vertraagde/uitgevallen treinen.

Voor het handelingsperspectief van de crowd-control-operatie willen we dit ook al 15-30 minuten van tevoren kunnen voorspellen. Voor de 10 drukste momenten volgens het model kijken we of de vertragingen die de drukte veroorzaakten al op 's-Hertogenbosch en/of Ede-Wageningen aanwezig waren. Vanaf daar is de reistijd naar Utrecht Centraal namelijk nog 22-27 minuten (Tabel 1).

Tabel 1: Verklaring voor drukte Utrecht Centraal beredeneerd vanuit vertrektijden 's-Hertogenbosch en Ede-Wageningen.

Datum	Tijdstip	Wachtenden	Wachtenden	Verklaring
		model	ROCKT2	
7-11-2019	9:09	7170	2302	Treinen niet vertrokken vanuit 's-Hertogenbosch en Ede-Wageningen
21-6-2019	8:26	5648	1607	Geen verklaring vanuit vertrektijden 's-Hertogenbosch en Ede-Wageningen
30-5-2019	8:06	2637	208	Hemelvaart
4-11-2019	8:26	2517	2546	Intercity richting Schiphol Airport (3524) niet vertrokken uit 's-Hertogenbosch
16-9-2019	8:09	2445	2861	Treinen uit Ede-Wageningen niet vertrokken
3-10-2019	8:39	2215	979	Treinnummer 3122 een kwartier te laat vertrokken vanuit Ede-Wageningen
18-10-2019	7:56	2085	1468	Geen verklaring vanuit vertrektijden 's-Hertogenbosch en Ede-Wageningen
16-6-2019	18:06	2061	847	Intercities niet vertrokken uit 's-Hertogenbosch
2-4-2019	8:47	1959	1667	Intercities niet vertrokken uit Ede-Wageningen, treinen vertraagd vertrokken uit 's-Hertogenbosch
16-5-2019	8:39	1950	1280	Treinnummer 3122 een kwartier te laat vertrokken vanuit Ede-Wageningen
15-4-2019	8:23	1949	1621	Treinnummer 3522 niet vertrokken uit 's-Hertogenbosch

We zien dat op 8 van deze 10 drukste momenten (Hemelvaart uitgezonderd) de trein al in 's-Hertogenbosch en/of Ede-Wageningen vertraagd was. Dit kan dus 15-30 minuten van tevoren aan de crowd-control-operatie worden gecommuniceerd waardoor zij handelingsperspectief hebben.

Er zijn weinig echt drukke dagen over die niet door de treindienst waren veroorzaakt. We zien wel dat er rustige dagen zijn waar, ondanks een verstoring in de treindienst, de drukte op spoor 5 toch niet over limiet gaat.

4. Handelingsperspectief

Met dit model kunnen wij een handelingsperspectief geven aan de crowd-control-operatie op spoor 5 van Utrecht Centraal, waar zij binnen 15-30 minuten gericht kan handelen bij onverwacht hoge piekdrukke op het perron. Het biedt ook mogelijkheden voor flexibele inzet van het crowd-controlteam over verschillende perrons, wanneer er op meerdere perrons crowd-control gewenst is. Mogelijk kan er ook in de treindienst gehandeld worden door treinen met veel wachtende instappers naar spoor 7 te verplaatsen, waar meer ruimte is en het risico op gevaarlijke situaties veel kleiner is. Daarnaast kan deze methode ook toegepast worden op andere treinstations in Nederland waar crowd-control wordt toegepast.

Referenties

ProRail (2019). [Meer ruimte voor de reiziger](#). *ProRail*. URL bezocht op 14 juli 2022.

Van den Heuvel, J.P.A. & Hoogenraad, J.H. (2014) 'Monitoring the performance of the pedestrian transfer function of train stations using automatic fare collection, *Transportation Research Procedia* 2, pp. 642 - 650