Vervolganalyses met data Rode Loper

Rapportage onderzoeksresultaten

Gemeente Amsterdam

Monitor the movement

dat. mobility

Vervolganalyses met data Rode Loper

Rapportage onderzoeksresultaten

Datum	20 februari 2016
Kenmerk	ASD013/Pmh/0024.01
Eerste versie	-

dat. mobility

Documentatiepagina

Opdrachtgever(s)	Gemeente Amsterdam
Titel rapport	Vervolganalyses met data Rode Loper Rapportage onderzoeksresultaten
Kenmerk	ASD013/Pmh/0024.01
Datum publicatie	20 februari 2016
Projectteam opdrachtgever(s)	
Projectteam DAT.Mobility	

Inhoudsopgave

Samenvatting

1	**Inleiding**	**1**
1.1	Algemeen	1
1.2	Leeswijzer	2
2	**Data verkenning**	**3**
2.1	De dataset	3
2.2	Dubbele records	3
2.3	Meetstabiliteit van sensoren	4
2.4	Apparaten met grote hoeveelheden metingen en een vaste locatie	5
2.5	Apparaten gelijktijdig zichtbaar op meerdere meetlocaties	6
2.6	Interval tussen uitzenden van wifi-signalen	9
2.7	Signaalsterkte van wifi-metingen	9
3	**Resultaten data cleaning**	**10**
4	**Data analyses**	**12**
4.1	Drukte gerelateerd aan beschikbare ruimte	12
4.1.1	Swarovski Nieuwendijk	14
4.1.2	P&C Kalverstraat	15
4.1.3	Esprit Kalverstraat	16
4.2	Looproutes	17
4.3	Loop- en verblijftijden	19
4.3.1	Traject 1: Kalverstraat	20
4.3.2	Traject 2: Nieuwendijk	21
4.3.3	Traject 3: Rokin	22
4.3.4	Alle trajecten per dag	23
5	**Conclusies en discussie**	**24**
Bijlage 1	**Stabiliteit sensoren**	**27**
Bijlage 2	**Resultaten data cleaning**	**38**
Bijlage 3	**Afwikkelniveaus Fruin**	**43**

Samenvatting

Eind 2014 heeft DAT.Mobility in opdracht van de gemeente Amsterdam het pilot project Rode Loper uitgevoerd waarin onder andere wifi-data is ingezet om de drukte in de Amsterdamse binnenstad te monitoren. Deze wifi-data, verzameld door data partner Bluemark, is in dit project opnieuw ingezet voor een uitgebreide verkenning en diverse aanvullende analyses.

De dataset bevat ruim 255 miljoen wifi-signalen en 4,5 miljoen unieke geanonimiseerde MAC-adressen die zijn gemeten met sensoren op diverse locaties in de binnenstad van Amsterdam. Na een uitgebreide dataverkenning zijn meer dan 182 miljoen irrelevante records verwijderd. Van de ruim 255 miljoen originele records zijn er ruim 72 miljoen toegewezen aan apparaten zonder vaste locatie (28%). De aanvullende analyses hebben veel nieuwe kennis opgeleverd. Zo hebben de meetsensoren en de server gedurende de meetperiode niet optimaal gefunctioneerd. De resultaten tonen aan dat de sensoren regelmatig uren achtereen offline waren. In eventuele toekomstige projecten moet meer aandacht worden besteed aan de stabiliteit van de sensoren en servers.

De verkenning toonde tevens aan dat diverse apparaten met een vaste locatie zoals Sonos muzieksystemen en draadloze printers zichtbaar waren op meerdere nabijgelegen meetlocaties. Veel apparaten blijken een dusdanig groot bereik te hebben waardoor deze gelijktijdig door meerdere sensoren worden gemeten. Dit wordt mede veroorzaakt doordat diverse sensoren te dicht bij elkaar zijn geplaatst. In eventuele vervolgstudies moet meer aandacht worden besteed aan de locaties van de sensoren. Daarnaast is een klein aantal apparaten gelijktijdig geregistreerd op meetlocaties die ver van elkaar liggen als gevolg van verschillende apparaten met roterende MAC-adressen. Door roterende adressen kunnen twee verschillende telefoons gelijktijdig hetzelfde MAC-adres uitzenden.

De resultaten laten zien dat interval tussen het zenden van wifi-signalen kan relatief lang kan zijn. Als gevolg hiervan kan een gebruiker een wifi-sensor passeren zonder gemeten te worden. De dataset bevat daarnaast relatief veel metingen met een zeer zwak signaal. Deze apparaten bevinden zich mogelijk binnenshuis of op grotere afstand van de meetsensor. De signaalsterkte kan potentieel worden gebruikt om niet relevante meetrecords uit te sluiten. We redeneren dat metingen met een sterk signaal afkomstig zijn van apparaten die de meetsensoren op korte afstand passeren. Er zijn echter proefmetingen nodig om dit met zekerheid vast te stellen. We

raden dan ook aan om deze in een eventueel toekomstig project uit te voeren.

In de eerste analyse zijn het aantal passanten bij de meetlocaties Swarovski Nieuwendijk, P&C Kalverstraat en Esprit Kalverstraat gerelateerd aan de beschikbare ruimte en gekwantificeerd met de afwikkelingscapaciteiten van Fruin. De resultaten van de analyse zijn zeer verklaarbare en geloofwaardige intensiteiten door de dag heen. In eventuele toekomstige projecten zou deze methode real-time ingezet kunnen worden om drukte te monitoren. Er dienen echter wel meer referentiemetingen uitgevoerd te worden met telcamera's om per sensor een specifieke ophoogfactor te bepalen.

Vervolgens zijn looproutes in kaart gebracht tussen de verschillende clusters met meetlocaties. Bij een gebrek aan representatieve dagen waarop alle sensoren goed hebben gefunctioneerd is deze analyse uitgevoerd voor de volledige meetperiode waarbij geen onderscheid is gemaakt in verschillende dagen. De looproutes zijn in kaart gebracht tussen de meetclusters Nieuwendijk Noord, Damrak, Dam, Spui, Heiligeweg, V&D en HEMA. De sterkste relatie is aanwezig tussen het cluster op de Damrak Noord en het cluster op de Dam. Daarnaast zijn de routes via de Kalverstraat en het Rokin erg populair. De route Nieuwendijk is minder sterk aanwezig in de resultaten. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat een deel van de passanten de meetpunten ter hoogte van Nieuwendijk Noord niet passeert. We raden aan om middels referentiemetingen te onderzoeken of de meetsterkte kan worden ingezet om alleen apparaten te registreren die daadwerkelijk de sensor op korte afstand passeren.

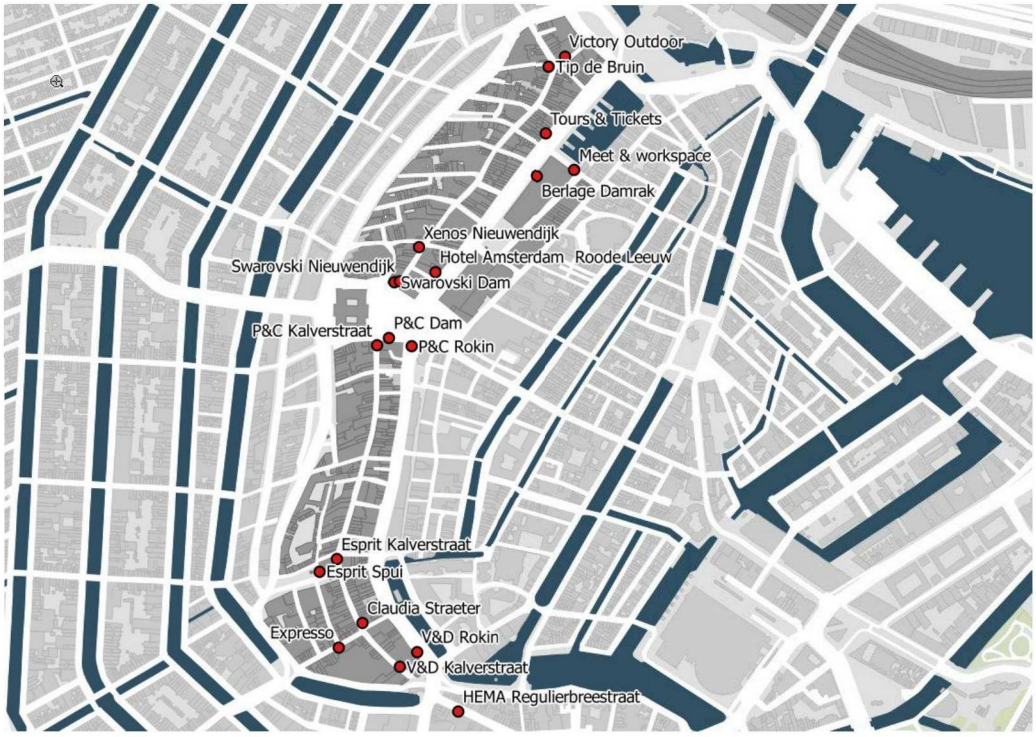
Tot slot zijn de tijden bepaald die voetgangers nodig hadden om de trajecten Kalverstraat, Nieuwendijk en Rokin af te leggen op een drukke donderdag en een drukke zaterdag. Met behulp van de benodigde tijd, de lengte van het traject en een minimaal wandeltempo van 3 km/uur zijn lopers onderscheiden van verblijvers. De resultaten identificeren de winkelstraten Kalverstraat en Nieuwendijk als verblijfslocaties. Er wordt op zaterdag meer tijd gebruikt om deze trajecten af te leggen dan op donderdag. Het Rokin kent naar verhouding minder verblijvers en meer lopers. Men lijkt voor deze route te kiezen om sneller van noord naar zuid of vice versa te reizen.

Dit onderzoeksproject heeft veel nieuwe kennis opgeleverd. Het is echter niet mogelijk om bepaalde karakteristieken en de validiteit van de data te controleren omdat deze reeds is ingewonnen. Bij eventuele toekomstige projecten is het daarom van belang dat er meer aandacht wordt besteed aan de voorbereidingsfase en het testen van de meetopstelling en meetresultaten. Enkele aandachtspunten zijn het uitvoeren van referentiemetingen, de locatiekeuze van de sensoren, de stabiliteit van de meetapparatuur en de inzet van telcamera's om sensor-specifieke ophoogfactoren te bepalen.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Eind 2014 heeft DAT.Mobility in opdracht van de gemeente Amsterdam een pilotproject uitgevoerd waarbij bezoekersstromen in de binnenstad van Amsterdam zijn gemonitord met behulp van verschillende nieuwe meettechnieken. Er zijn in de studie onder andere GSM-data, een App, telcamera's en wifi-data ingezet. De wifi-data is verzameld door data partner Bluemark. In de periode tussen 11 oktober 2014 en 13 december 2014 hebben zij ruim 255 miljoen wifi-signalen geregistreerd in de binnenstad van Amsterdam. Deze wifi-signalen zijn afkomstig van ruim 4,5 miljoen versleutelde MAC-adressen, verdeeld over diverse meetlocaties in de stad. In de onderstaande afbeelding zijn de meetlocaties weergegeven die zijn gebruikt in dit onderzoek.



Na de meetperiode heeft Bluemark de data ingezet om diverse analyses uit te voeren. Zo zijn per meetlocatie het aantal passanten per dag van de week in kaart gebracht en is er een doorstroommatrix opgeleverd. Eind 2015 heeft DAT.Mobility opdracht gekregen om de data in te zetten voor aanvullende analyses.

1.2 Leeswijzer

De eerste stap van deze aanvullende analyses is een uitvoerige verkenning van de data. Doordat de verkenning zaken aan het licht heeft gebracht die niet waren voorzien is dit onderdeel groter dan aanvankelijk aangeboden. De resultaten van deze exercitie zijn gerapporteerd in hoofdstuk 2. Na het verkennen van de dataset is data cleaning toegepast. *Data cleaning* is gedefinieerd als het detecteren en vervolgens corrigeren of verwijderen van onjuiste, irrelevante of niet accurate records in een dataset. De resultaten van deze stap zijn gepresenteerd in hoofdstuk 3.

Met de opgeschoonde dataset zijn een drietal analyses uitgevoerd. Paragraaf 4.1 bevat de resultaten van een analyse waarbij de drukte is gerelateerd aan de beschikbare ruimte. Voor deze analyse zijn de afwikkelingscapaciteiten van Fruin ingezet. In paragraaf 4.2 worden de resultaten van de looproute analyse gepresenteerd en in paragraaf 4.3 zijn loop- en verblijfstijden voor de Kalverstraat, Nieuwendijk en het Rokin opgenomen.

De rapportage wordt afgesloten met een korte conclusie en discussie in hoofdstuk 5.



2 Data verkenning

2.1 De dataset

De door Bluemark opgeleverde dataset met ruwe data bevat ruim 255 miljoen records, gemeten op 19 meetlocaties in de binnenstad van Amsterdam. Elke record bevat de volgende attributen:

Attribuut	Data type	Omschrijving
id	integer	Uniek ID van de meting
sensorid	integer	Uniek ID van de sensor
date_time	timestamp	Datum en tijdstip van meting
user_id	integer	Uniek ID van het apparaat, geanonimiseerd MAC-adres
mean	numeric	Gemiddelde signaalsterkte (dBm) gedurende de meting
maximum	numeric	Maximale signaalsterkte (dBm) gedurende de meting
oui	text	Organizationally Unique Identifier: ID van producent device of chip

2.2 Dubbele records

Een inspectie van de data heeft aangetoond dat diverse records véél meer dan eens zijn opgeslagen in de database. Van de 255.036.749 originele records zijn er 104.809.654 uniek (41%). De niet unieke records hebben verschillende *ID*'s maar delen dezelfde waarden voor *Sensor ID*, *Date Time*, *User ID*, *Mean*, *Max* en *OUI*. Een voorbeeld is gegeven in de onderstaande tabel. Deze specifieke meting komt 311 keer voor in de dataset.

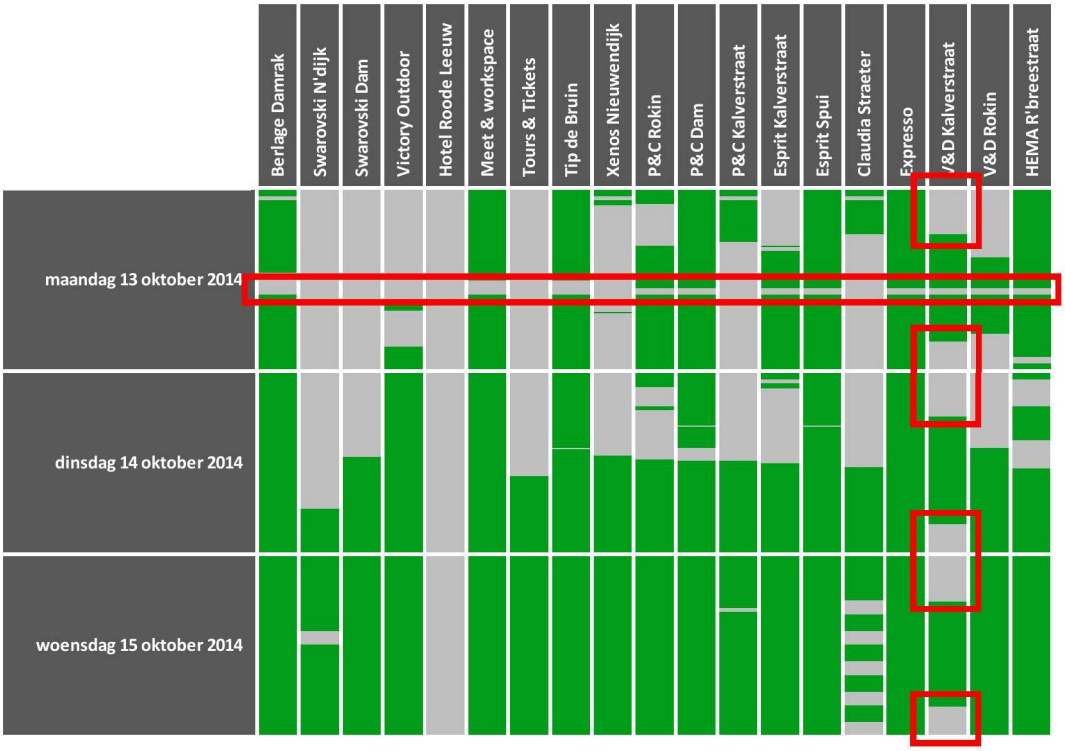
#	ID	Sensor ID	Date Time	User ID	Mean	Max	Nr Packets	OUI
1	267184242	646	2014-11-20 20:52:40	4689301	-75	-75	1	000E58
2	267869916	646	2014-11-20 20:52:40	4689301	-75	-75	1	000E58
…	…	…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…	…	…
311	774606974	646	2014-11-20 20:52:40	4689301	-75	-75	1	000E58

2.3 Meetstabiliteit van sensoren

Naast dubbele records toont de dataset fluctuaties tussen het aantal apparaten dat per dag door sensoren wordt waargenomen. Er zijn meetdagen waarbij sensoren geen enkel apparaat hebben waargenomen. Een mogelijke oorzaak is het onjuist functioneren van de sensoren of de server of het verwerken van de gegevens door Bluemark.

Gezien de grote hoeveelheid wifi-apparaten dat aanwezig is in een binnenstedelijke omgeving mogen we er gerust vanuit gaan dat een sensor minimaal één meting verricht per 10 minuten. Indien een sensor geen meting heeft verricht duidt dit op een niet goed functionerende sensor.

De meetstabiliteit van de sensoren is nader onderzocht door de periode van maandag 13 oktober 2014 tot en met zondag 14 december op te delen in intervallen van 10 minuten. Elke dag kent daardoor 144 intervallen. Vervolgens is er per sensor en per interval bepaald of er ten minste één apparaat is gemeten. In het onderstaande figuur is de meetstabiliteit op maandag 17, dinsdag 18 en woensdag 19 oktober weergegeven. De overige meetdagen zijn opgenomen in bijlage 1. Intervallen waarin metingen zijn verricht zijn gearceerd met een groene kleur. Intervallen zonder metingen (storing) zijn gearceerd met een grijze kleur. De figuren laten veel perioden zien waarbij de sensoren onjuist hebben gefunctioneerd. Ook zijn er perioden zichtbaar waar de server waarschijnlijk offline was (maandag 13 oktober tussen 13:00 en 14:00). Het effect van de openingstijden van V&D is ook terug te zien in de afbeeldingen. De sensoren op deze locaties waren uitgeschakeld buiten winkeltijden.



2.4 Apparaten met grote hoeveelheden metingen en een vaste locatie

Elk record in de dataset bevat een *Organizationally Unique Identifier*, de zogenaamde OUI-code. Met behulp van deze code kan het merk of de producent van het gemeten apparaat worden geïdentificeerd. De OUI-codes worden beheert door het Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Met behulp van de openbaar toegankelijke OUI vertalingstabel hebben we het merk van 95,1% van de records (99.722.217) kunnen vaststellen. Vervolgens hebben we alle meetgegevens geaggregeerd per producent en de hoeveelheid apparaten en metingen onderzocht. De onderstaande tabel toont de top 12 van producenten, gesorteerd naar het gemiddelde aantal metingen per apparaat. Het zijn veelal netwerkapparaten, vaste multimedia systemen en draadloze printers. Deze apparaten zenden over het algemeen veel en krachtige wifi-signalen uit. De metingen houden geen verband met de verplaatsing van een persoon maar zijn afkomstig van apparaten met een vaste locatie.

Producent	Aantal apparaten	Aantal metingen	Gemiddeld aantal metingen / apparaat	Omschrijving
Juniper Networks	7	612.434	87.491	Netwerkapparatuur
Pioneer	1	71.720	71.720	Vast multimediasysteem
D-Link	5	295.690	59.138	Netwerkapparatuur
Trapeze Networks	4	175.741	43.935	Netwerkapparatuur
Xirrus	4	154.466	38.617	Netwerkapparatuur
Sonos	65	1.983.863	30.521	Vast muzieksysteem
Digicube	1	26.063	26.063	Vast multimediasysteem
MMC Technology	29	747.312	25.769	Netwerkapparatuur
LG Innotek	11	283.166	25.742	Diverse toepassingen
Seiko Epson	19	355.707	18.721	Draadloze printers
Canon	51	633.287	12.417	Draadloze printers, camera's etc.
Hewlett Packard	86	1.040.462	12.098	Draadloze printers, laptops etc.

De voorgaande tabel toont een selectie van producenten die voornamelijk wifi-apparaten ontwikkelen met vaste locaties. Er zijn ook veel merken die zowel bewegende als vaste apparaten produceren. Denk bijvoorbeeld aan routers, mediaspelers en telefoons van Apple en Samsung. Voorafgaand aan de analyses is het wenselijk dat zoveel mogelijk apparaten met een vaste locatie uit de dataset worden verwijderd. Apparaten met een vaste locatie zijn over het algemeen over een langere periode gemeten op maximaal één of een aantal dichtbij elkaar gelegen meetlocaties. Door het aantal metingen en de meetlocaties per user ID te berekenen kunnen deze apparaten worden geïdentificeerd. In de onderstaande tabel zijn drie apparaten opgenomen waarbij de karakteristieken duiden op een vaste locatie.

User ID	Metingen	Meetdagen	Meetlocaties	Merk
825147	204724	45	1	Samsung
3361698	215400	46	2	Apple
2804342	60968	61	1	Samsung

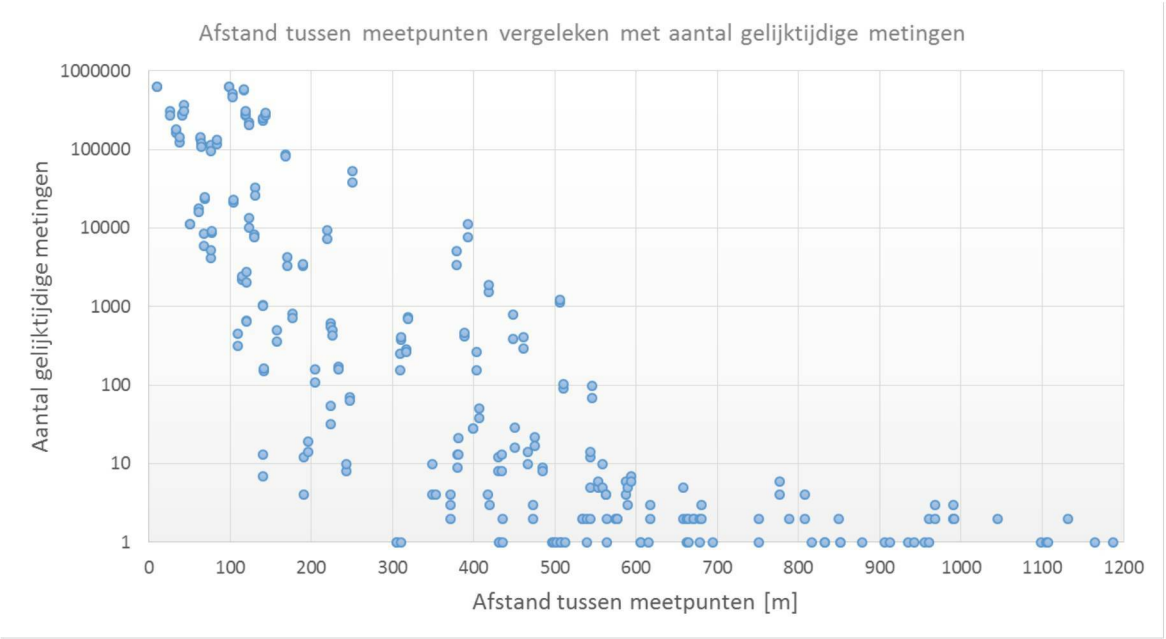
2.5 Apparaten gelijktijdig zichtbaar op meerdere meetlocaties

Door alle wifi-metingen per user te ordenen op basis van datum en tijd kunnen tijdsintervallen worden berekend tussen opvolgende metingen. Het resultaat van deze exercitie toont aan dat de dataset veel records bevat waarbij hetzelfde MAC-adres vrijwel gelijktijdig is geregistreerd op verschillende locaties. Dit is weergegeven in de onderstaande matrix. Gelijktijdige registraties ontstaan zodra meerdere sensoren binnen het bereik van een wifi-apparaat liggen op het moment dat deze een signaal uitzend. Daarnaast zijn er diverse producenten van mobiele telefoons (waaronder Apple) die de unieke identificatie van het apparaat maskeren door een fictief, wisselend MAC-adres uit te zenden. Verschillende apparaten zenden daardoor hetzelfde MAC-adres uit waardoor het kan voorkomen dit adres gelijktijdig wordt geregistreerd op meerdere meetlocaties. De eerste matrix toont het aantal gelijktijdige metingen op twee meetpunten. De tweede matrix toont de afstand tussen de meetpunten in meters. Het valt op dat gelijktijdige metingen vaak voorkomen bij meetpunten die relatief dicht bij elkaar liggen.

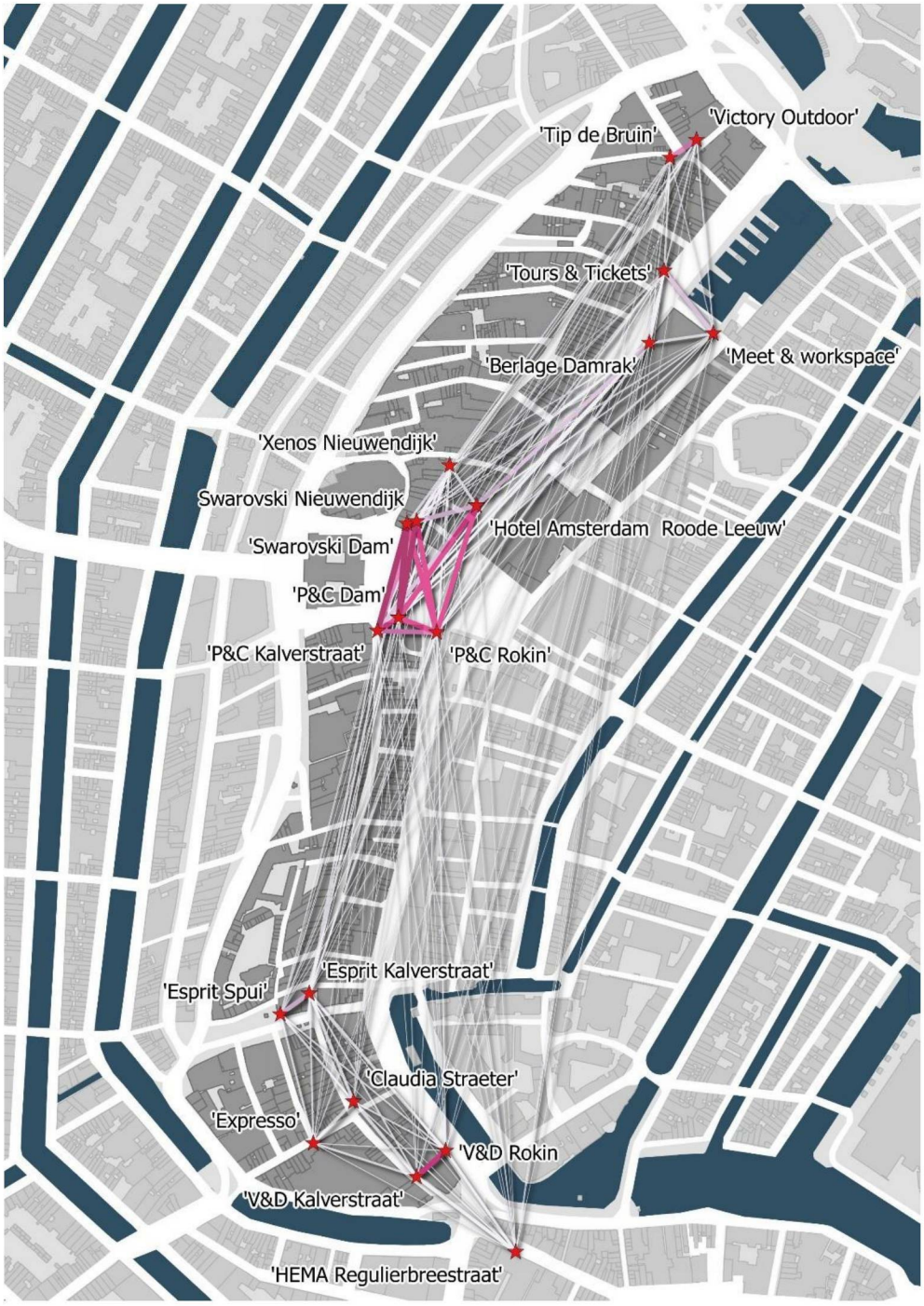
Swarovski Nieuwendijk	Swarovski Dam	Victory Outdoor	Hotel Amsterdam Roode Leeuw	Meet & workspace	Tours & Tickets	Tip de Bruin	Xenos Nieuwendijk	P&C Rokin	P&C Dam	P&C Kalverstraat	Esprit Kalverstraat	Esprit Spui	Claudia Straeter	Expresso	V&D Kalverstraat	V&D Rokin	HEMA Regulierbreestraat	
788	1422	0	90695	14398	17677	33	134	8525	18864	3398	0	6	0	0	1	1	5	Berlage Damrak
	1257166	1	229743	4	5	24	48400	584267	971040	421896	193	3	1	1	0	2	10	Swarovski Nieuwendijk
		2	208752	34	22	39	9380	553644	1257073	1144764	2370	4	0	0	0	3	0	Swarovski Dam
			0	268	314	345483	2	0	13	5	0	0	0	2	0	1	1	Victory Outdoor
				405	553	3	22254	486973	562400	167378	26	2	0	1	0	0	2	Hotel Amsterdam Roode Leeuw
					250641	16	1	20	1174	5	1	2	0	0	1	1	2	Meet & workspace
						1322	2	45	703	17	2	0	1	0	5	1	2	Tours & Tickets
							56	15	8	10	3	2	0	1	1	0	1	Tip de Bruin
								1534	7610	6765	2	2	3	0	3	0	2	Xenos Nieuwendijk
									671345	281890	422	21	1	0	0	168	7	P&C Rokin
										586221	89	3	1	0	8	3	5	P&C Dam
											878	4	1	7	4	11	4	P&C Kalverstraat
												265746	23597	861	1170	16715	14	Esprit Kalverstraat
													4769	2055	86	926	4	Esprit Spui
														33959	44085	774	333	Claudia Straeter
															4645	20	18	Expresso
																558929	58833	V&D Kalverstraat
																	15997	V&D Rokin

Swarovski Nieuwendijk	Swarovski Dam	Victory Outdoor	Hotel Amsterdam Roode Lee	Meet & workspace	Tours & Tickets	Tip de Bruin	Xenos Nieuwendijk	P&C Rokin	P&C Dam	P&C Kalverstraat	Esprit Kalverstraat	Esprit Spui	Claudia Straeter	Expresso	V&D Kalverstraat	V&D Rokin	HEMA Regulierbreestraat	
310	319	220	251	68	77	196	247	379	393	418	774	808	858	915	912	878	968	Berlage Damrak
	10	499	65	371	371	467	69	119	103	123	510	539	615	664	691	664	777	Swarovski Nieuwendijk
		507	76	381	380	475	76	119	99	117	506	534	611	660	688	662	776	Swarovski Dam
			450	205	142	34	431	587	594	617	988	1021	1076	1132	1132	1098	1187	Victory Outdoor
				309	317	420	51	140	144	168	544	575	641	694	710	681	788	Hotel Amsterdam Roode Leeuw
					84	191	311	430	448	473	816	851	894	952	942	906	990	Meet & workspace
						120	305	450	461	485	849	882	935	991	990	955	1045	Tours & Tickets
							399	558	563	587	960	992	1049	1105	1107	1073	1165	Tip de Bruin
								177	170	190	576	606	678	729	751	722	832	Xenos Nieuwendijk
									43	63	404	435	502	554	574	546	658	P&C Rokin
										26	407	436	512	561	589	564	680	P&C Dam
											389	417	497	544	577	553	671	P&C Kalverstraat
												38	123	158	224	220	349	Esprit Kalverstraat
													120	140	224	226	353	Esprit Spui
														61	104	110	234	Claudia Straeter
															115	140	243	Expresso
																41	131	V&D Kalverstraat
																	130	V&D Rokin

In het onderstaande spreidingsdiagram is de afstand tussen twee meetlocaties vergeleken met het aantal gelijktijdige metingen op dezelfde twee locaties. De correlatiecoëfficiënt tussen de afstand en het aantal gelijktijdige metingen is -0,41. Dat de relatie niet sterker is kan worden verklaard door de opstelling van wifi-sensoren en de blokkerende werking van bebouwing in binnenstedelijke omgevingen. Rondom de Dam, een open omgeving, lagen sommige meetsensoren relatief ver van elkaar maar werden toch veel apparaten gelijktijdig gemeten. Op een aantal andere locaties met meer bebouwing was de afstand tussen sensoren hemelsbreed kleiner maar werden er relatief minder gelijktijdige metingen gedaan. Signalen worden op deze locaties geblokkeerd door de aanwezige bebouwing. De gelijktijdige metingen zijn gevisualiseerd op de volgende pagina.

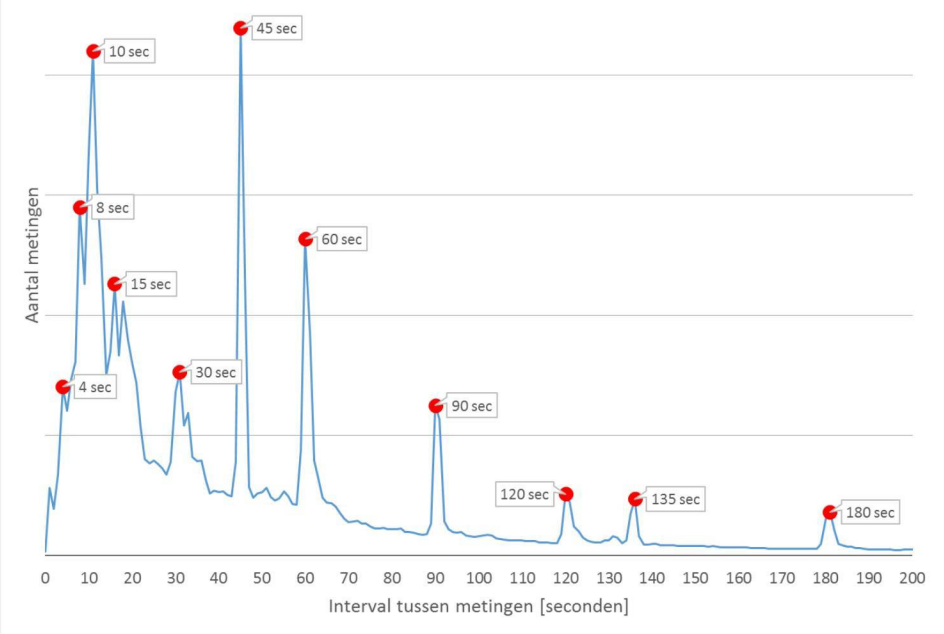


In de onderstaande kaart zijn gelijktijdige metingen gevisualiseerd met behulp van lijnen tussen de betreffende meetpunten. Het valt op dat gelijktijdige metingen voornamelijk optreden op locaties waar meetpunten relatief dichtbij elkaar liggen en er weinig bebouwing aanwezig is die de wifi-signalen blokkeren. Dit effect is met name zichtbaar bij de meetpunten rondom de dam. Daarnaast valt het op dat apparaten vaak gelijktijdig worden gemeten bij meerdere sensoren in grote winkels zoals V&D en Esprit. Gelijktijdige metingen op meetlocaties die ver van elkaar vandaan liggen kunnen worden verklaard door verschillende apparaten met roterende MAC-adressen.



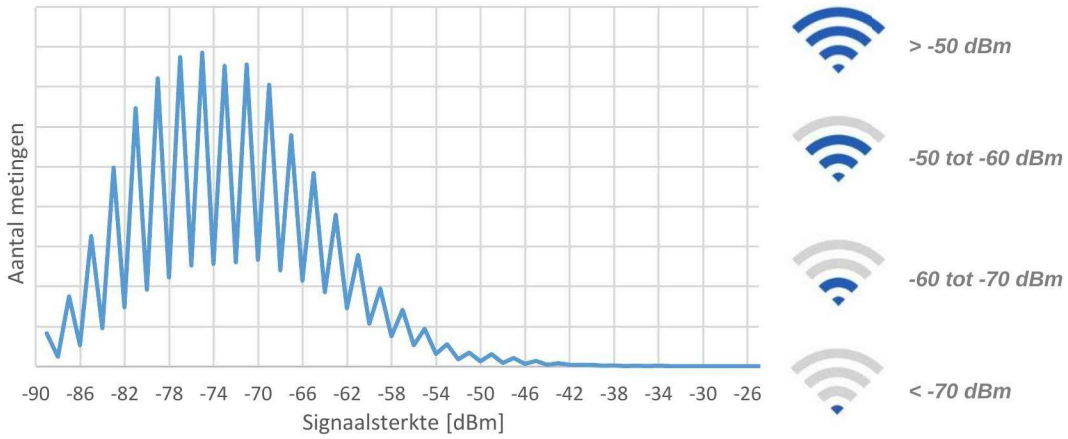
2.6 Interval tussen uitzenden van wifi-signalen

Apparaten zenden niet continue wifi-signalen uit. De duur van de intervallen is nader bestudeerd door per uniek MAC-adres alle wifi-metingen te ordenen op basis van datum en tijd en de interval tussen metingen te berekenen in seconden. Vervolgens is bepaald hoe vaak elke interval voorkomt. De onderstaande grafiek toont de relatieve verhouding van tijdsintervallen tussen metingen van apparaten. Alle intervaltijden die relatief vaak voorkomen zijn gemarkeerd in de grafiek. Doordat de interval tussen het zenden van wifi-signalen relatief lang kan zijn kan het voorkomen dat een gebruiker een wifi-sensor passeert zonder gemeten te worden.



2.7 Signaalsterkte van wifi-metingen

Elke record bevat een gemiddelde signaalsterkte in dBm. De onderstaande grafiek toont de relatieve verhouding van signaalsterktes in de dataset. Hoe hoger de signaalsterkte, hoe sterker het signaal. Het valt op dat de dataset relatief veel metingen bevat met een zeer zwak signaal. Deze apparaten bevinden zich mogelijk binnenshuis of op grotere afstand van de meetsensor.



3 Resultaten data cleaning

Dit hoofdstuk geeft de resultaten van de data cleaning stappen die zijn genomen na het verkennen van de dataset. De tabellen met het aantal records en unieke apparaten, voorafgaand en na de diverse data-cleaning stappen, zijn opgenomen in bijlage 2. De eerste tabel bevat de resultaten per meetdag en de tweede tabel bevat de resultaten per meetlocatie. Bij het verkennen van de data zijn de volgende redenen vastgesteld om records uit te sluiten van de data analyses:

- Dubbele meetrecords (zie paragraaf 2.2)
- Apparaten zonder merk (zie paragraaf 2.4)
- Apparaten met een vaste locatie en veel metingen (zie paragraaf 2.4)
- Apparaten met een roterend MAC-adres (zie paragraaf 2.6)

In de onderstaande tabel zijn het aantal overgebleven apparaten en metingen na elke data cleaning stap opgenomen.

	Metingen		Apparaten	
Ruwe data	255,036,749	100.0%	4,556,829	100.0%
Zonder dubbele metingen	104,809,654	41.1%	4,556,829	100.0%
Zonder vaste apparaten	86,225,382	33.8%	4,535,053	99.5%
Zonder roterende adressen	79,361,482	31.1%	4,504,635	98.9%
Zonder merkloze apparaten	74,291,107	29.1%	2,432,557	53.4%



Na het cleanen van de data zijn per merk het totaal aantal apparaten, het gemiddeld aantal metingen per apparaat, het gemiddeld aantal meetdagen per apparaat en het gemiddeld aantal meetlocaties per apparaat berekend. De meest voorkomende merken in het studiegebied zijn opgenomen in de onderstaande tabel. De merken in de tabel spelen een grote rol in de smartphone wereld en het is zeer aannemelijk dat deze apparaten verband houden met de verplaatsing van een persoon.

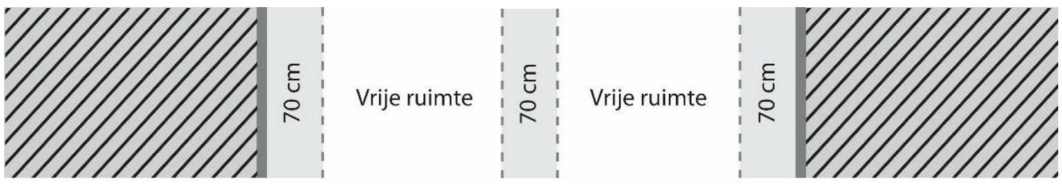
Merk	Aantal apparaten	Metingen (gemiddeld)	Meetdagen (gemiddeld)	Meetlocaties (gemiddeld)
Apple	1.418.258	29,1	2,8	5,5
Samsung	461.047	30,7	2,5	5,5
Murata (wifi-chips Android telefoons)	153.606	33,2	2,7	5,9
HTC	81.265	38,6	2,7	6,0
LG	58.997	43,8	2,7	6,4
Sony Mobile	58.429	27,9	2,6	5,4
Nokia	42.457	12,9	2,1	3,8
Huawei	28.674	33,7	2,4	5,5
Research in Motion (Blackberry)	19.055	31,9	2,5	4,7
Motorola	16.412	46,5	2,7	6,8
Microsoft	12.281	21,9	2,3	5,1

4 Data analyses

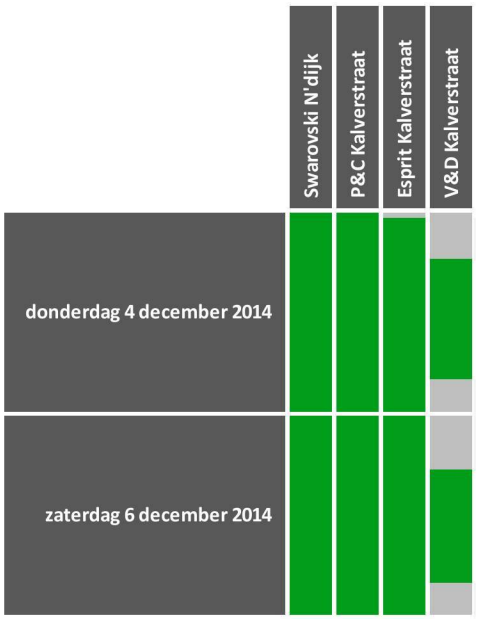
4.1 Drukte gerelateerd aan beschikbare ruimte

Met behulp van wifi-signalen, gekalibreerd met telgegevens verkregen uit camerabeelden, kunnen het aantal passanten per meetlocatie worden ingeschat. Deze informatie kan worden gebruikt om de relatie tussen passanten en tijd te bestuderen. Het gevoel van drukte dat mensen ervaren op deze locaties is afhankelijk van de plaatselijke capaciteit. Zo zal een steeg bij een gelijk aantal passanten eerder als druk worden ervaren dan een brede straat. Dit gevoel van drukte kan worden gekwantificeerd met behulp van de internationaal gehanteerde afwikkelniveaus van Fruin[1]. In bijlage 3 zijn figuren opgenomen waarin de afwikkelniveaus zijn vertaald naar druktebeelden.

Voor loopstromen kan dit op twee manieren: op basis van dichtheid (personen per vierkante meter) of op basis van doorstroming (personen per minuut per meter). Het bepalen van dichtheden met wifi-data is zeer ingewikkeld omdat het wifi-bereik van apparaten sterk kan variëren. Eenvoudiger is het om de wifi-metingen om te rekenen naar het aantal passanten per tijdsinterval en te delen door de beschikbare loopruimte. De beschikbare loopruimte wordt conform de bepalingen van Fruin berekend door de breedte van de straat te verminderen met 3x70 centimeter. 70 centimeter ten opzichte van beide gevels en 70 centimeter tussen de tegengestelde loopstromen. Een schematische weergave is gegeven in de onderstaande afbeelding.



[1] Fruin, J. (1971). Designing for Pedestrians: A Level-of-Service Concept. New York Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners. Highway Research Record, (355).



In paragraaf 2.3 is het onderzoek naar de meetstabiliteit van de sensoren beschreven. Op basis van de resultaten van deze analyse (zie bijlage 1) zijn donderdag 4 december en zaterdag 6 december geselecteerd als meest geschikte dagen voor de analyse. Daarnaast is op basis van deze verkenning de meetlocatie Esprit Kalverstraat boven de V&D Kalverstraat verkozen. De meetsensoren bij warenhuis V&D waren uitgeschakeld buiten winkeltijden. Per geselecteerde meetlocatie is de beschikbare loopruimte vastgesteld door de breedte tussen de gevels te meten en te verminderen met 2,10 meter. De gehanteerde loopruimte per locatie is opgenomen in de onderstaande tabel.

Meetlocatie	Breedte van straat [m]	Beschikbare loopruimte [m]
Swarovski Nieuwendijk	7	4,9
P&C Kalverstraat	8,8	6,7
Esprit Kalverstraat	7,5	5,4

Vervolgens is de set met gecleande wifi-metingen gebruikt om het aantal unieke passanten per 10 minuten vast te stellen voor de geselecteerde data en meetlocaties. De max intensiteit per locatie is bepaald door de max intensiteit per minuut (vastgesteld door Fruin) te vermenigvuldigen met 10 (minuten) en de breedte van de straat ter hoogte van de wifi-sensor. Het aantal passanten per locatie en meetdag is opgehoogd met behulp van het aantal passanten die in 2015 door Bluemark zijn opgeleverd. Bluemark heeft deze aantallen gebaseerd op dezelfde meetdata en opgehoogd met een factor die is verkregen door het aantal wifi-metingen te vergelijken met een telcamera.

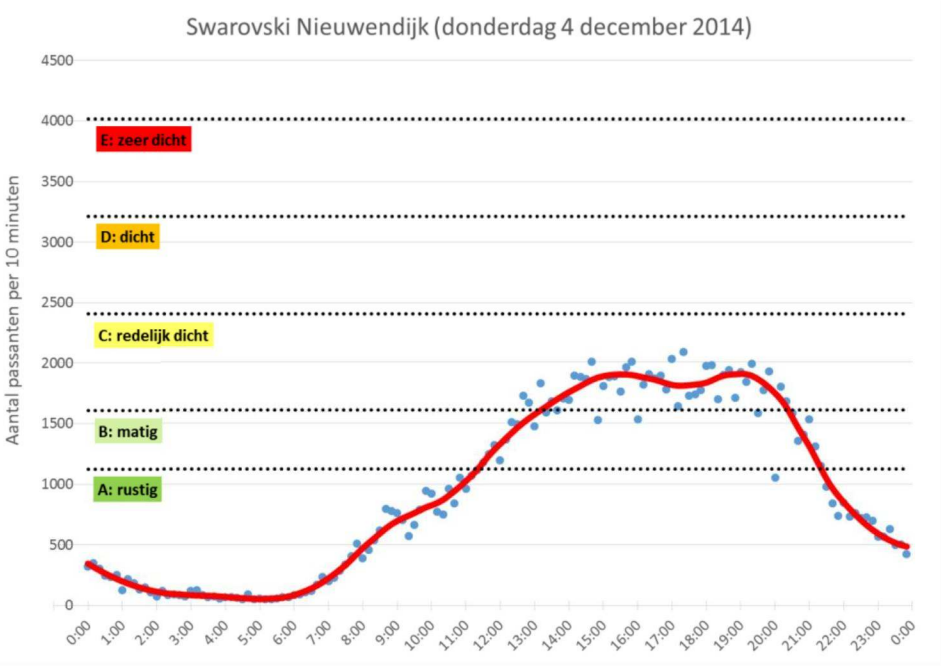
Afwikkelingsniveau		Max intensiteit* per minuut	Max intensiteit* per 10 minuten	Max intensiteit* Swarovski N'dijk per 10 minuten	Max intensiteit* P&C Kalverstraat per 10 minuten	Max intensiteit* Esprit Kalverstraat per 10 minuten
A	rustig	23.0	229.5	1124.6	1537.7	1239.3
B	matig	32.8	327.9	1606.6	2196.7	1770.5
C	redelijk dicht	49.2	491.8	2409.8	3295.1	2655.7
D	dicht	65.6	655.7	3213.1	4393.4	3541.0
E	zeer dicht	82.0	819.7	4016.4	5491.8	4426.2
F	gedrang	> 82	> 819.7	> 4016.4	> 5491.8	> 4426.2

Op de volgende pagina's zijn per meetlocatie het aantal passanten per 10 minuten en de relatieve drukte weergegeven voor donderdag 4 december 2014 en zaterdag 6 december 2014. De resultaten in de grafieken op de volgende pagina's tonen aan dat de 10 minuten intensiteiten sterk schommelen. Dit wordt naar verwachting veroorzaakt door de instabiliteit van de meetsensoren. Met behulp van het LOESS algoritme[2] is een regressie-analyse uitgevoerd om een natuurlijk drukteverloop door de dag te bepalen. Deze verlopen zijn afgebeeld met een rode lijn.

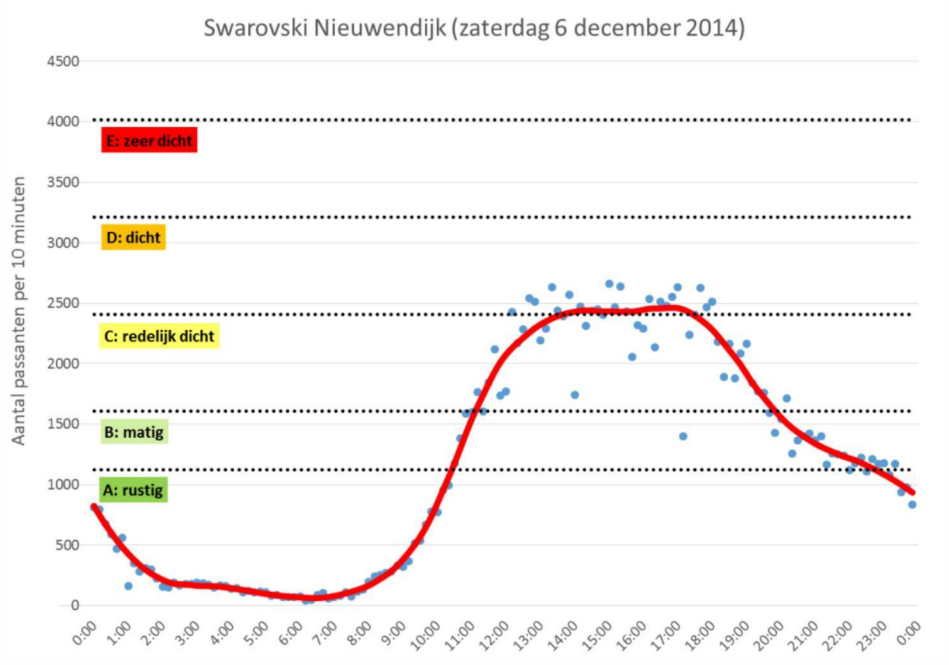
[2] Cleveland, W. S., & Devlin, S. J. (1988). Locally weighted regression: an approach to regression analysis by local fitting. Journal of the American statistical association, 83(403), 596-610.

4.1.1 Swarovski Nieuwendijk

De onderstaande grafieken tonen het drukteverloop nabij meetlocatie Swarovski Nieuwendijk. Op donderdag bouwt de drukte zich geleidelijk op en bereikt haar hoogtepunt rond 15:00 uur. Rond etenstijd is er een kleine dip waarneembaar in de drukte waarna deze weer toeneemt in het begin van de avond. Vanaf 19:30 neemt de drukte af op de Nieuwendijk. Het maximale afwikkelniveau dat wordt bereikt is C: redelijk dicht.

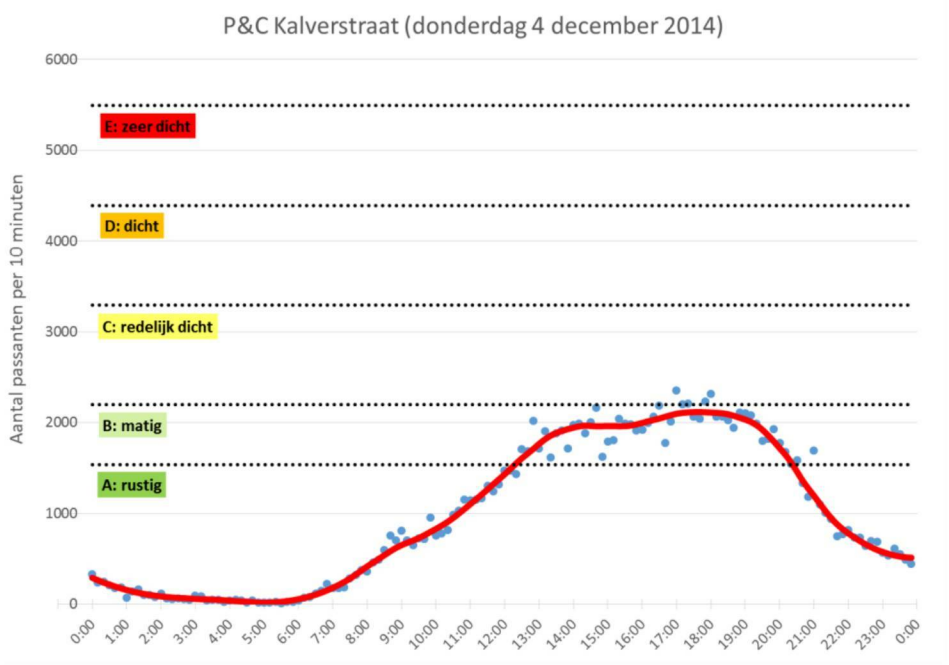


Op zaterdag neemt de drukte sterk toe tussen 10:00 en 12:00. Tussen 13:00 en 17:30 is de drukte op de Nieuwendijk vrij constant. Het maximale afwikkelniveau is D: dicht. Het valt op dat de drukte ’s avonds geleidelijker afneemt dan op donderdag en dat er rond middernacht nog steeds vrij veel mensen het meetpunt passeren.

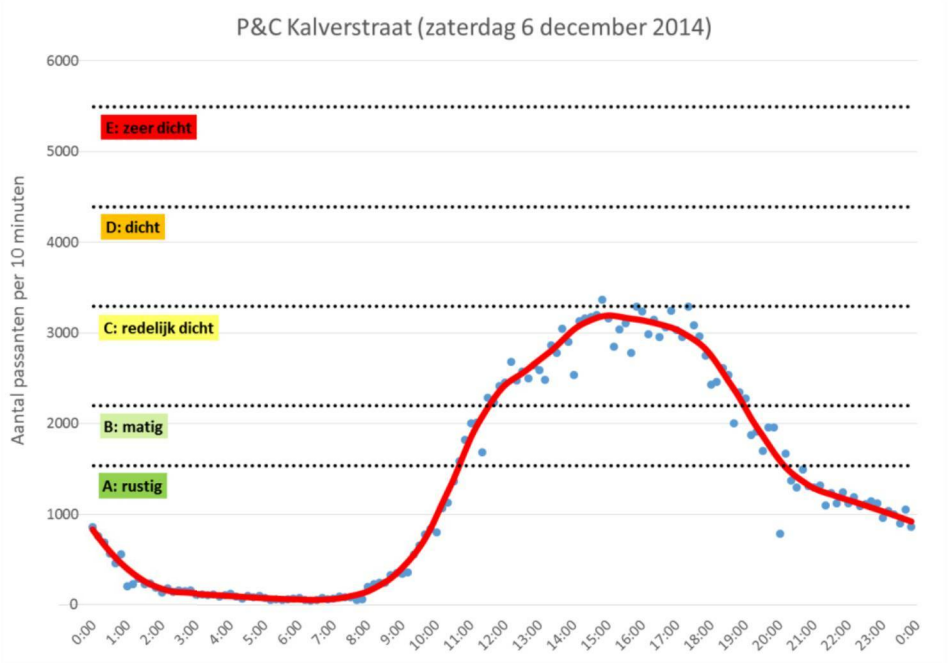


4.1.2 P&C Kalverstraat

De onderstaande grafieken tonen het drukteverloop nabij meetlocatie P&C Kalverstraat, gelegen in het noordelijke deel van de winkelstraat. Deze locatie heeft meer beschikbare loopruimte dan de Nieuwendijk. De drukteopbouw op donderdag is ook op deze locatie geleidelijk. Rond 13:30 ligt het afwikkelniveau op niveau B: matig druk. Deze neemt tot 19:30 geleidelijk toe tot niveau C: redelijk druk. Vanaf 19:30 neemt de drukte af op de Kalverstraat.

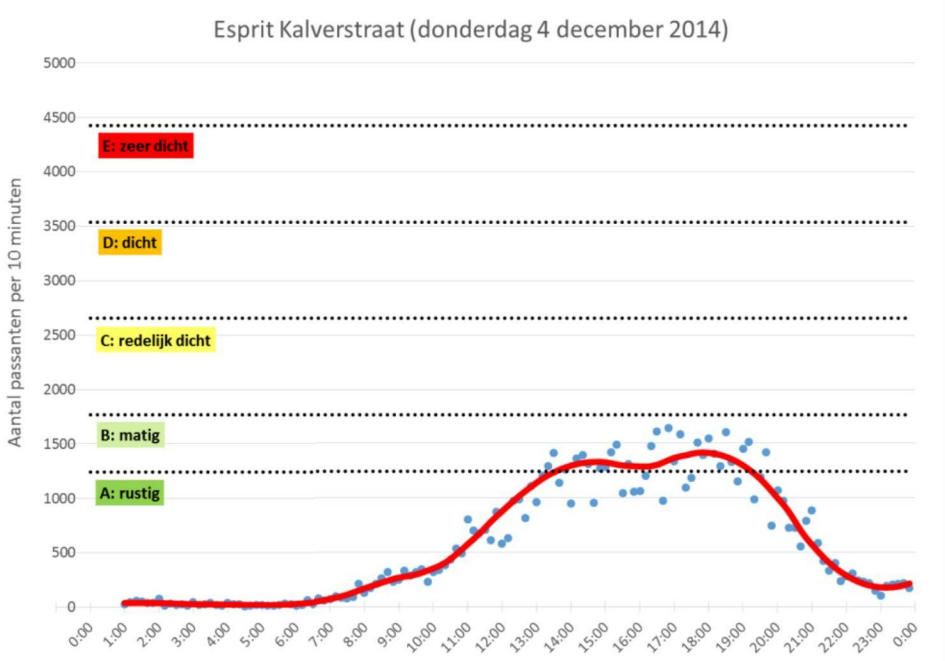


Het zaterdagse drukteverloop op de Kalverstraat lijkt sterk op het drukteverloop op de Nieuwendijk. In tegenstelling tot de Nieuwendijk is op de Kalverstraat echter een piek waarneembaar rond 15:00 uur. De maximale drukte ligt op deze locatie tussen niveau C: redelijk dicht en niveau D: dicht.

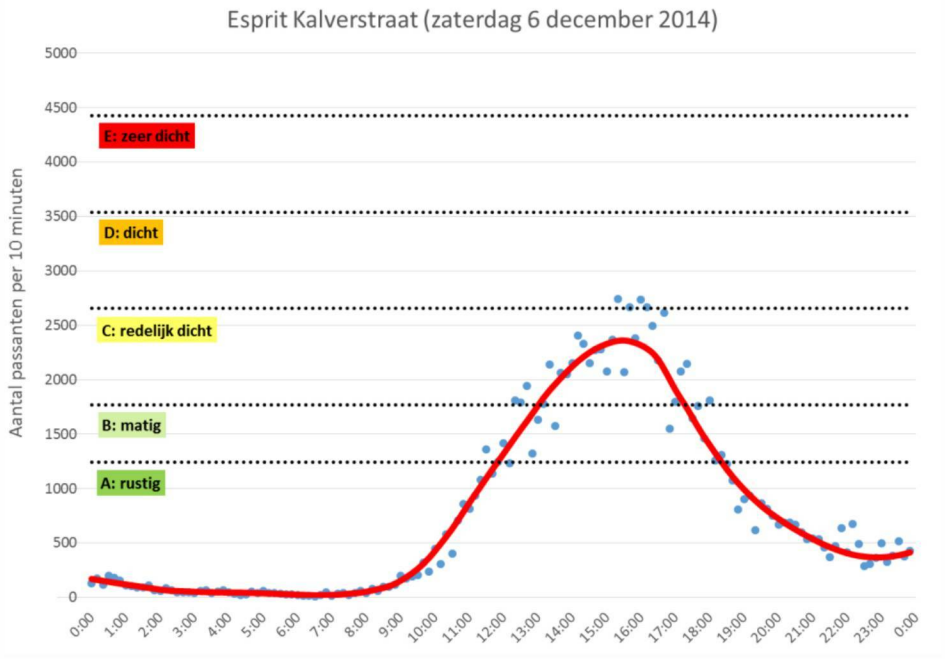


4.1.3 Esprit Kalverstraat

De wifi-metingen tonen aan dat het zuidelijke deel van de Kalverstraat (ter hoogte van Esprit) rustiger is dan het noordelijke deel van de Kalverstraat (ter hoogte van P&C). Dit terwijl deze locatie minder beschikbare loopruimte heeft dan het noordelijke deel van de winkelstraat. Het drukteverloop op donderdag heeft hetzelfde profiel als de locaties Nieuwendijk en Kalverstraat Noord maar bereikt een maximaal afwikkelniveau D: matig.



Het drukteverloop op zaterdag toont opvallend gelijkmatige stijging tussen 10:00 en 14:00 waarna de maximale drukte (afwikkelniveau C: redelijk dicht) wordt bereikt rond 15:30. Vervolgens neemt de drukte vrij gelijkmatig af.



4.2 Looproutes

Paragraaf 2.3 en bijlage 1 hebben de instabiliteit van de meetsensoren inzichtelijk gemaakt. Deze instabiliteit maakt het gecompliceerd om routes tussen sensoren in kaart te brengen. Hier moeten immers alle sensoren voor functioneren. Daarnaast hebben we in paragraaf 2.5 beschreven dat apparaten regelmatig tegelijk zichtbaar zijn op meerdere nabijgelegen meetlocaties. Een voorbeeld is een wandelaar op de Dam die gelijktijdig wordt waargenomen op de meetpunten Swarovski Nieuwendijk en P&C Dam terwijl die niet vanuit de Nieuwendijk naar de Kalverstraat loopt. Dit zorgt ervoor dat alle looproutes met nabijgelegen meetsensoren oververtegenwoordigd zullen zijn in de resultaten. Dit is geïllustreerd in de onderstaande afbeelding (links). Om dit effect te mitigeren hebben we alle nabijgelegen meetsensoren geclusterd. De clusters zijn weergegeven in de onderstaande afbeelding (rechts).



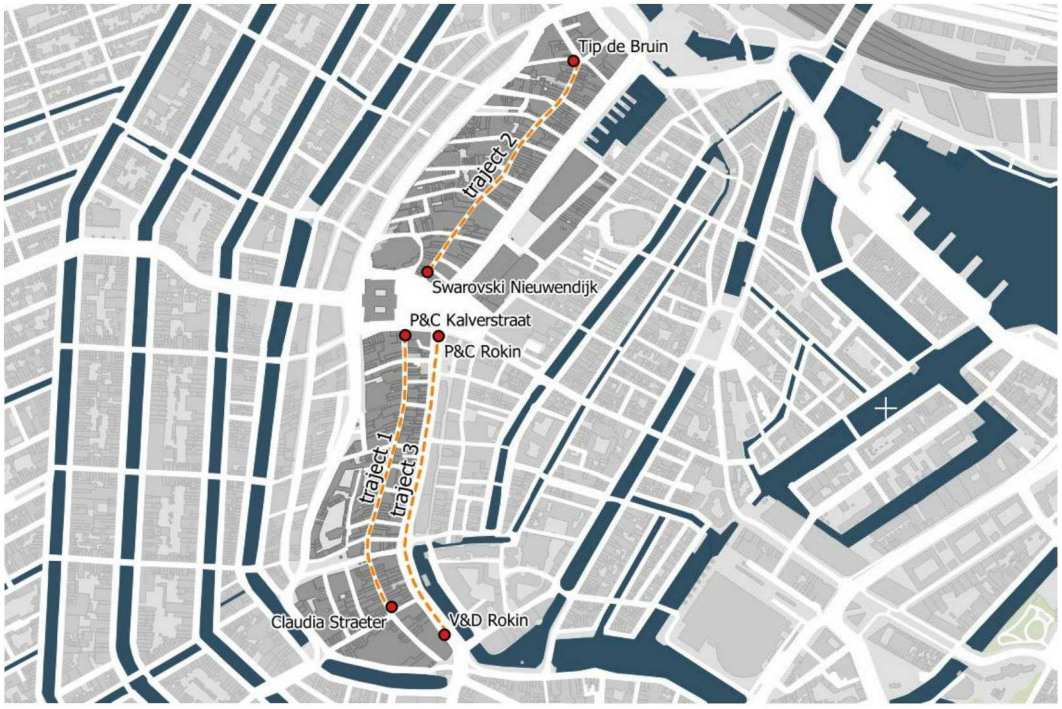
Omdat het lastig is om een representatieve dag te vinden waarop alle sensoren goed hebben gefunctioneerd hebben we deze analyse uitgevoerd voor de volledige meetperiode en geen onderscheid gemaakt in verschillende dagen en locaties. De looproutes zijn gepresenteerd op de volgende pagina.

De onderstaande kaart toont de looproutes tussen de meetclusters Nieuwendijk Noord, Damrak, Dam, Spui, Heiligeweg, V&D en HEMA. De sterkste relatie is aanwezig tussen het cluster op de Damrak en het cluster op de Dam. Daarnaast zijn de routes via de Kalverstraat en het Rokin erg populair. De route Nieuwendijk is minder sterk aanwezig in de resultaten. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat een deel van de passanten de meetpunten ter hoogte van Nieuwendijk Noord niet passeert.

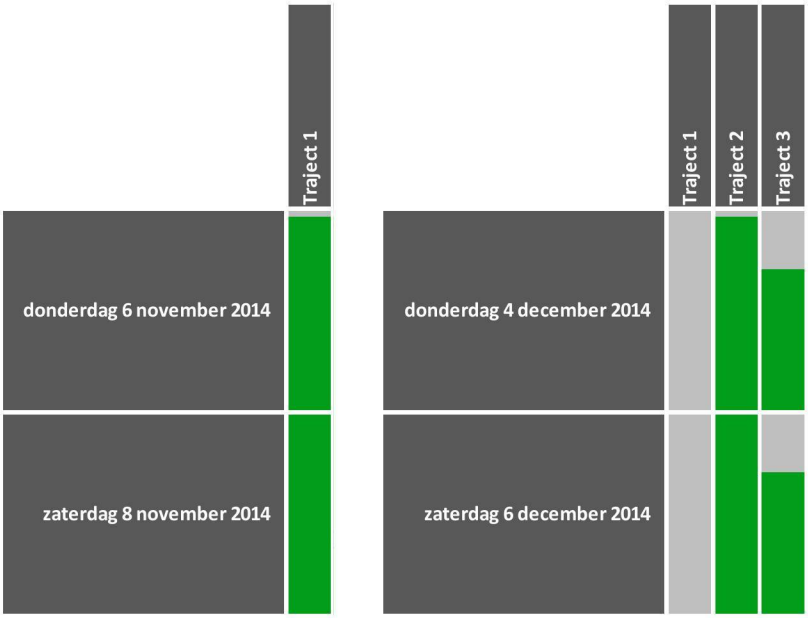


4.3 Loop- en verblijftijden

Deze paragraaf behandelt de tijden voor het afleggen van de trajecten Kalverstraat (traject 1), Nieuwendijk (traject 2) en Rokin (traject 3). De trajecten zijn afgebeeld in de onderstaande kaart.

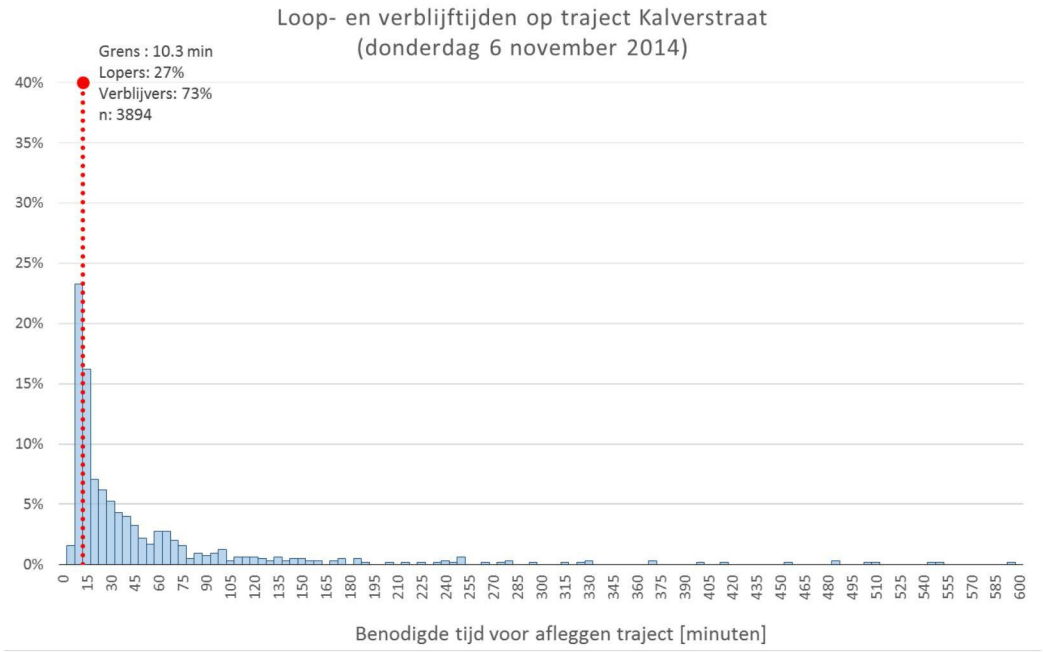


De meetstabiliteit van de sensoren is wederom gebruikt om geschikte dagen te selecteren. Er zijn geen dagen beschikbaar waarop alle benodigde meetsensoren de volledige dag gefunctioneerd hebben. Daarom is de analyse voor traject 1 uitgevoerd voor donderdag 6 en zaterdag 8 november 2014 en de analyse voor traject 2 en 3 voor donderdag 4 en zaterdag 6 december 2014.

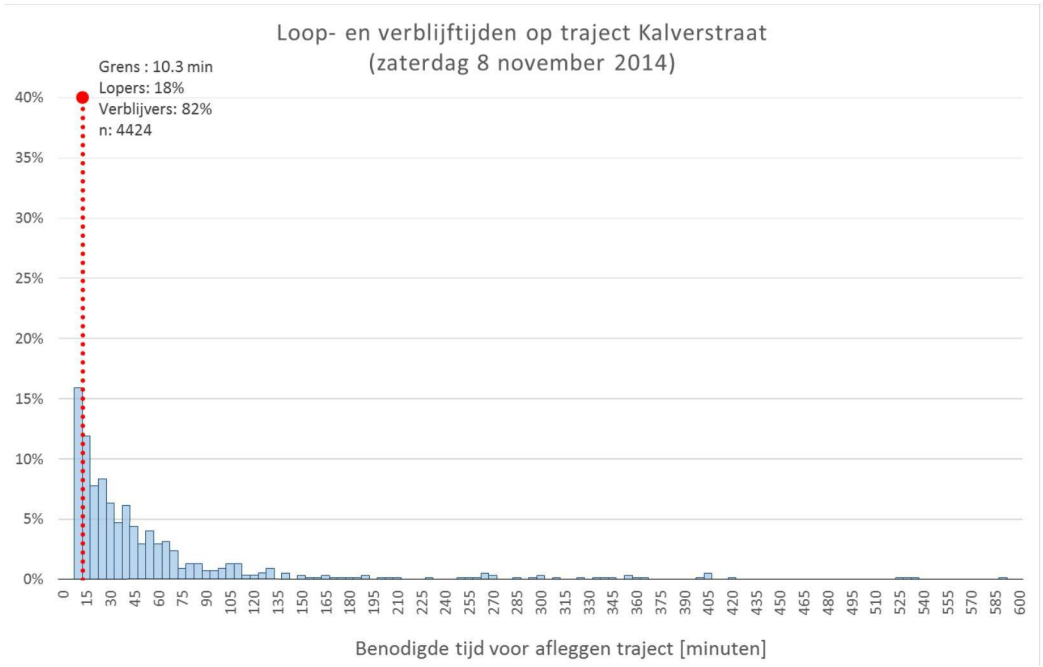


4.3.1 Traject 1: Kalverstraat

De lengte van dit traject is 515 meter. Op basis van een minimaal wandeltempo van 3 km/uur is de grens tussen lopers en verblijvers gesteld op 10,3 minuten. De passanten die de route afleggen binnen deze tijd kunnen worden beschouwd als lopers terwijl passanten die er langer over doen kunnen worden beschouwd als verblijvers. Het valt op dat dit traject relatief veel verblijvers kent. Dit wordt hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door het bezoeken van winkels.

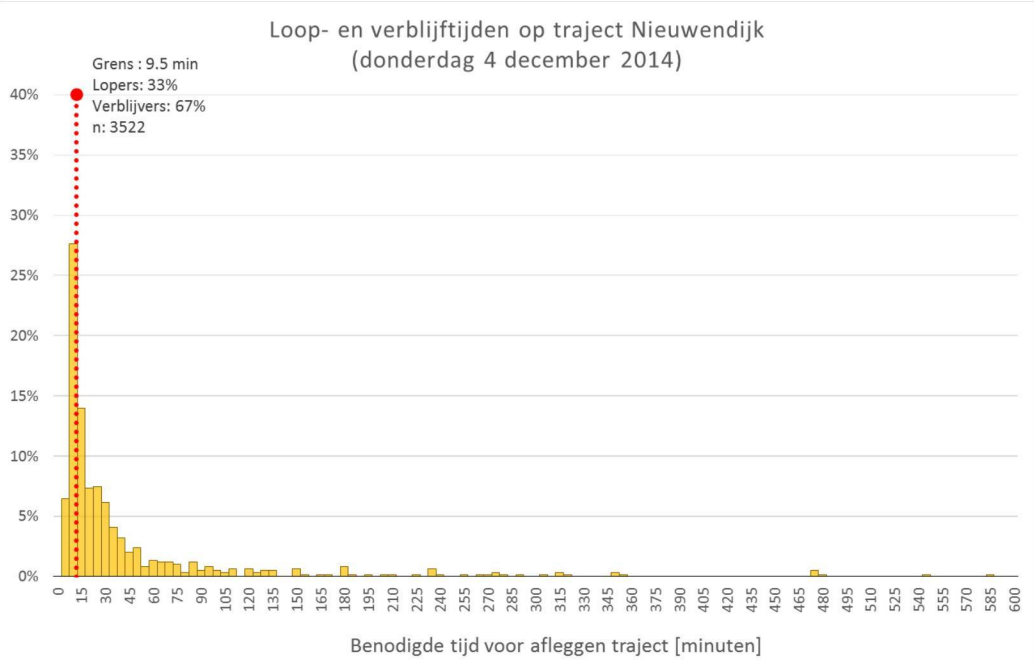


Op zaterdag kost het afleggen van dit traject aanzienlijk meer tijd dan op donderdag. Maar liefst 82% van de passanten is geclassificeerd als verblijver. Dit kan enerzijds worden verklaard door de drukte op zaterdag en anderzijds door het grotere aandeel winkelbezoekers.

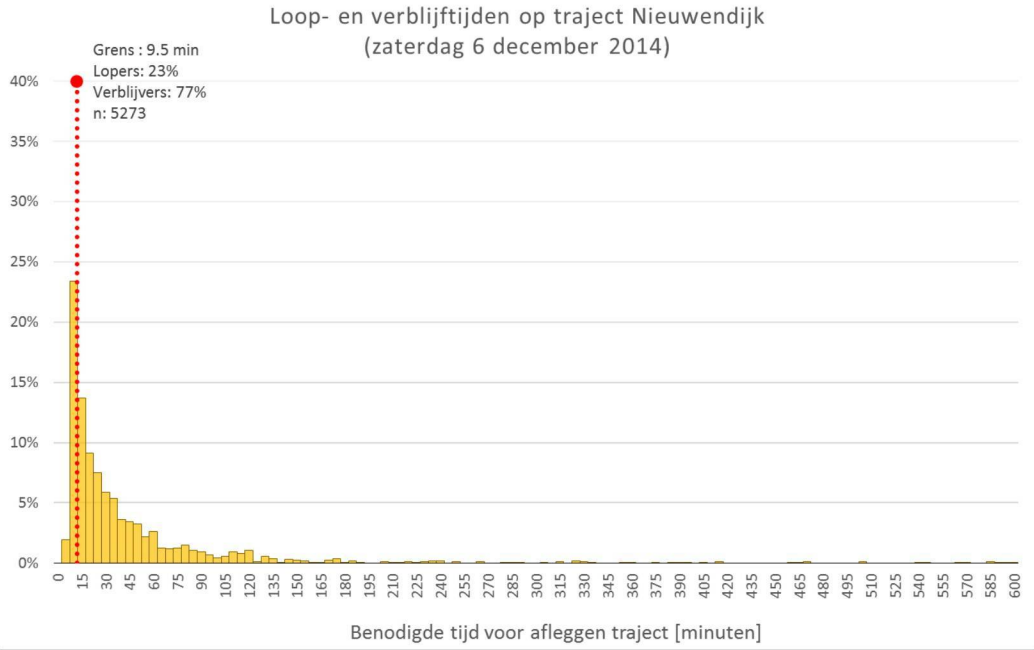


4.3.2 Traject 2: Nieuwendijk

De lengte van dit traject is 475 meter en de grens tussen lopers en verblijvers is gesteld op 9,5 minuten. Ten opzichte van de Kalverstraat kent het traject Nieuwendijk relatief meer lopers en minder verblijvers. Het percentage verblijvers (67%) op donderdag toont echter aan dat het ook hier gaat om een druk traject met verblijfsfuncties.

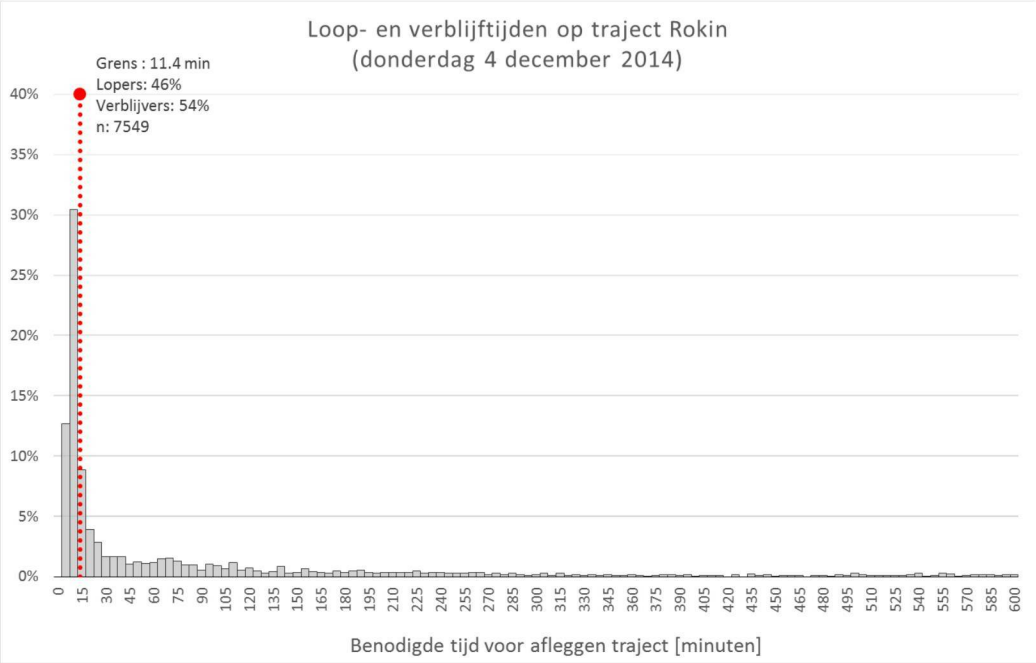


Net als op het traject Kalverstraat kent dit traject op zaterdag relatief meer verblijvers dan op donderdag, veroorzaakt door de drukte op de route en het doel van de passanten.

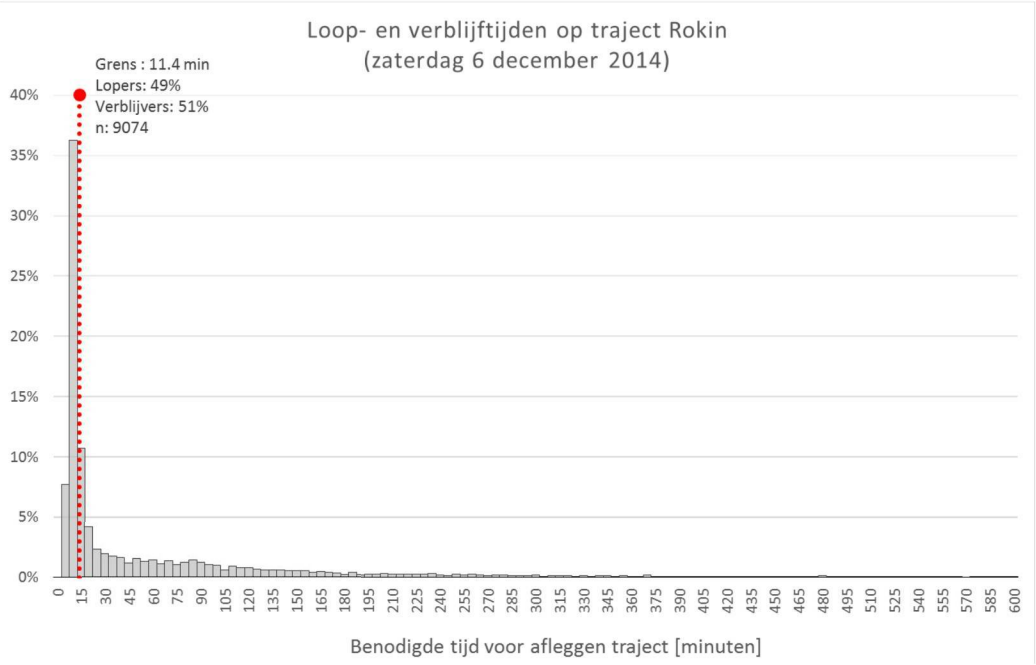


4.3.3 Traject 3: Rokin

De lengte van dit traject is 570 meter en de grens tussen lopers en verblijvers is gesteld op 11,4 minuten. Ten opzichte van de winkelstraten Kalverstraat en Nieuwendijk kent het Rokin relatief meer lopers en minder verblijvers.

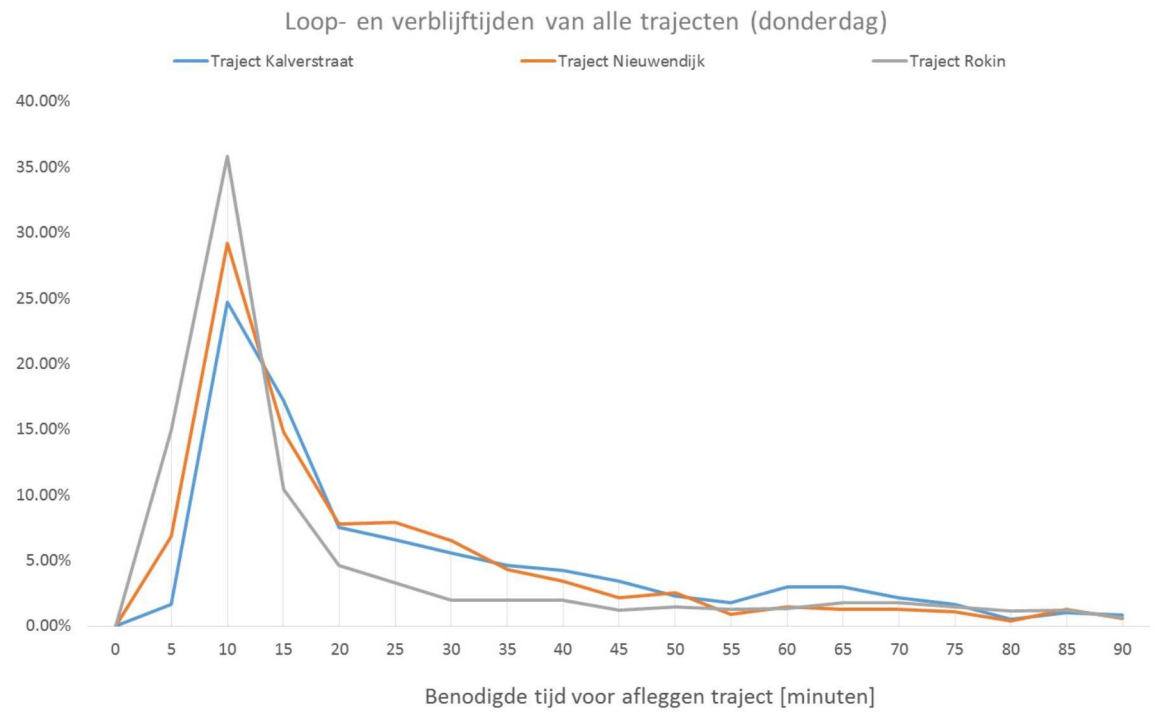


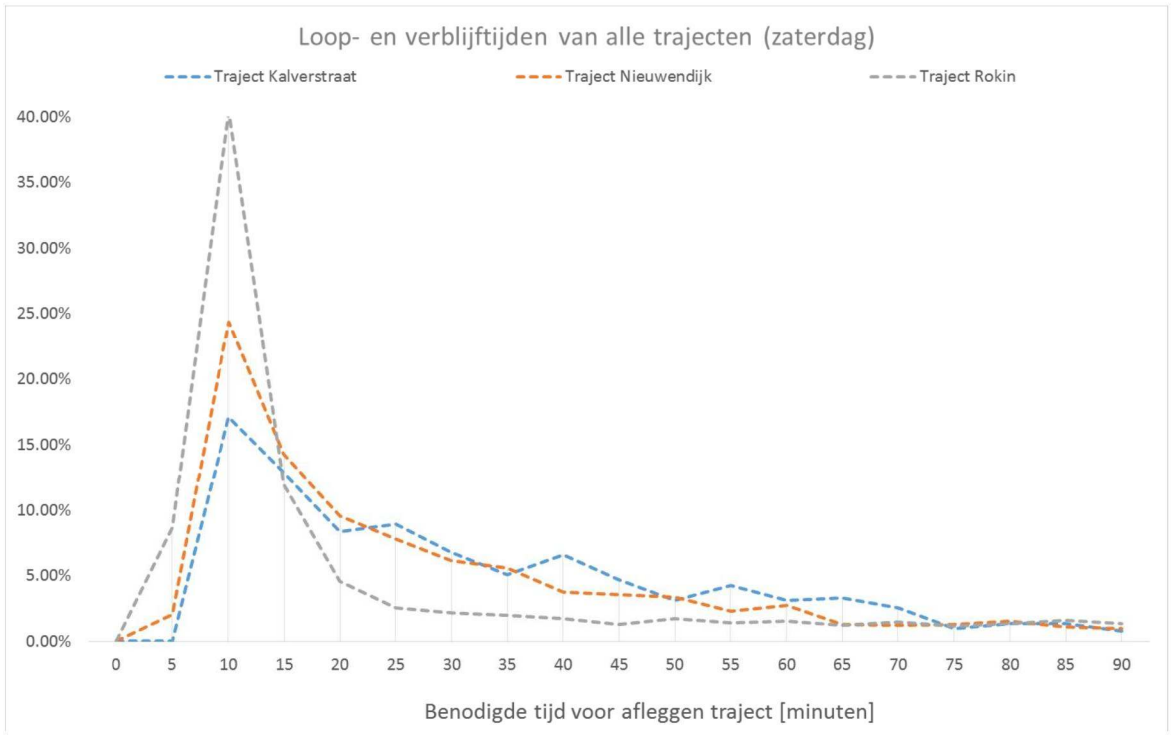
Het valt op dat het aantal lopers op zaterdag hoger ligt dan op donderdag. Dit in tegenstelling tot de winkelstraten Kalverstraat en Nieuwendijk waar het tegenovergestelde patroon zichtbaar is. Dit wordt mogelijk verklaard doordat meer mensen de drukke Kalverstraat mijden om snel door te kunnen lopen via het Rokin.



4.3.4 Alle trajecten per dag

Tot slot zijn de trajecttijden per dag met elkaar vergeleken en weergegeven in de onderstaande grafieken. Deze tonen nogmaals aan dat personen over het algemeen minder lang verblijven op het Rokin dan op de Kalverstraat en Nieuwendijk.





5 Conclusies en discussie

In opdracht van de gemeente Amsterdam heeft DAT.Mobility een uitgebreide verkenning en aanvullende analyses uitgevoerd met de wifi-data die in 2014 is verzameld door data partner Bluemark. De dataset bevat ruim 255 miljoen wifi-signalen en 4,5 miljoen unieke geanonimiseerde MAC-adressen die zijn gemeten met sensoren op diverse locaties in de binnenstad van Amsterdam. Na een uitgebreide dataverkenning zijn meer dan 182 miljoen irrelevante records verwijderd. Van de ruim 255 miljoen originele records zijn er ruim 72 miljoen toegewezen aan apparaten zonder vaste locatie (28%).

De verkenning van de data heeft aangetoond dat de meetsensoren en de server gedurende de meetperiode regelmatig uren achtereen offline waren. In eventuele toekomstige projecten moet meer aandacht worden besteed aan de stabiliteit van de sensoren en servers. Daarnaast blijken veel apparaten een dusdanig groot bereik te hebben waardoor deze gelijktijdig door meerdere sensoren worden gemeten. Dit wordt mede veroorzaakt doordat diverse sensoren dicht bij elkaar zijn geplaatst. Gelijktijdige metingen komen ook voor bij sensoren met grote onderlinge afstand als gevolg van apparaten een roterend MAC-adres. Door roterende adressen kan het voorkomen dat twee verschillende telefoons hetzelfde MAC-adres uitzenden op hetzelfde tijdstip. De verkenning toonde ook aan dat de interval tussen het zenden van wifi-signalen relatief lang kan zijn. Het kan daardoor voorkomen dat een gebruiker een wifi-sensor passeert zonder gemeten te worden. Tot slot bevat de dataset relatief veel metingen met een zeer zwak signaal. Deze apparaten bevinden zich mogelijk binnenshuis of op grotere afstand van de meetsensor.

In de eerste analyse zijn het aantal passanten bij de meetlocaties Swarovski Nieuwendijk, P&C Kalverstraat en Esprit Kalverstraat gerelateerd aan de beschikbare ruimte en gekwantificeerd met de afwikkelingscapaciteiten van Fruin. De resultaten van de analyse zijn zeer verklaarbare en geloofwaardige intensiteiten door de dag heen. In eventuele toekomstige projecten zou deze methode real-time ingezet kunnen worden om drukte te monitoren. Er dienen echter wel meer referentiemetingen uitgevoerd te worden met telcamera’s om per sensor een specifieke ophoogfactor te bepalen.

Vervolgens zijn looproutes in kaart gebracht tussen verschillende clusters met meetlocaties. Bij een gebrek aan representatieve dagen waarop alle sensoren goed hebben gefunctioneerd is deze

analyse uitgevoerd voor de volledige meetperiode waarbij geen onderscheid is gemaakt in verschillende dagen. De looproutes zijn in kaart gebracht tussen de meetclusters Nieuwendijk Noord, Damrak, Dam, Spui, Heiligeweg, V&D en HEMA. De sterkste relatie is aanwezig tussen het cluster op de Damrak Noord en het cluster op de Dam. Daarnaast zijn de routes via de Kalverstraat en het Rokin erg populair. De route Nieuwendijk is minder sterk aanwezig in de resultaten. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat een deel van de passanten de meetpunten ter hoogte van Nieuwendijk Noord niet passeert. We raden aan om de sensoren strategischer te positioneren op looproutes en middels referentiemetingen te onderzoeken of de meetsterkte kan worden ingezet om alleen apparaten te registreren die sensoren op korte afstand passeren.

Tot slot zijn de tijden bepaald die voetgangers nodig hadden om de trajecten Kalverstraat, Nieuwendijk en Rokin af te leggen op een drukke donderdag en een drukke zaterdag. Met behulp van de benodigde tijd, de lengte van het traject en een minimaal wandeltempo van 3 km/uur zijn lopers onderscheiden van verblijvers. De resultaten identificeren de winkelstraten Kalverstraat en Nieuwendijk als een verblijfslocatie. Er wordt op zaterdag meer tijd gebruikt om het traject af te leggen dan op donderdag. Het Rokin kent naar verhouding minder verblijvers en meer lopers. Men lijkt voor deze route te kiezen om sneller van noord naar zuid of visa versa te reizen.

Dit aanvullende verkenning en analyses hebben veel nieuwe kennis opgeleverd. Het is echter niet mogelijk om bepaalde karakteristieken en de validiteit van de data te controleren omdat deze reeds is ingewonnen. Bij eventuele toekomstige projecten is het daarom van belang dat er meer aandacht wordt besteed aan de voorbereidingsfase en het testen van de meetopstelling en meetresultaten. Enkele aandachtspunten zijn hieronder nader toegelicht.

Stabiliteit meetsensoren en server
Binnen het pilot project *Rode Loper* werd aanzienlijk meer data verzameld dan oorspronkelijk was voorzien. De heeft de stabiliteit van de sensoren en de server beïnvloed. Daarnaast zijn diverse sensoren afgeschakeld doordat winkeliers de stroom uitschakelden na openingstijden. In eventuele toekomstige projecten moet meer aandacht worden besteed aan de stabiliteit van de sensoren en servers.

Referentiemetingen
We raden aan om uitvoerige referentiemetingen uit te voeren tijdens de meetperiode. Een mogelijke werkwijze is om een persoon met een GPS tracker en wifi-apparaten (waarvan het MAC-adres bekend) uit te rusten en langs de sensoren te laten bewegen. De metingen kunnen antwoord geven op vragen zoals:

- Worden alle passerende apparaten geregistreerd?
- Vanaf welke afstand worden apparaten geregistreerd?
- Wat is de signaalsterkte van passerende apparaten?
- Wat is de interval waarop de wifi-apparaten signalen versturen?

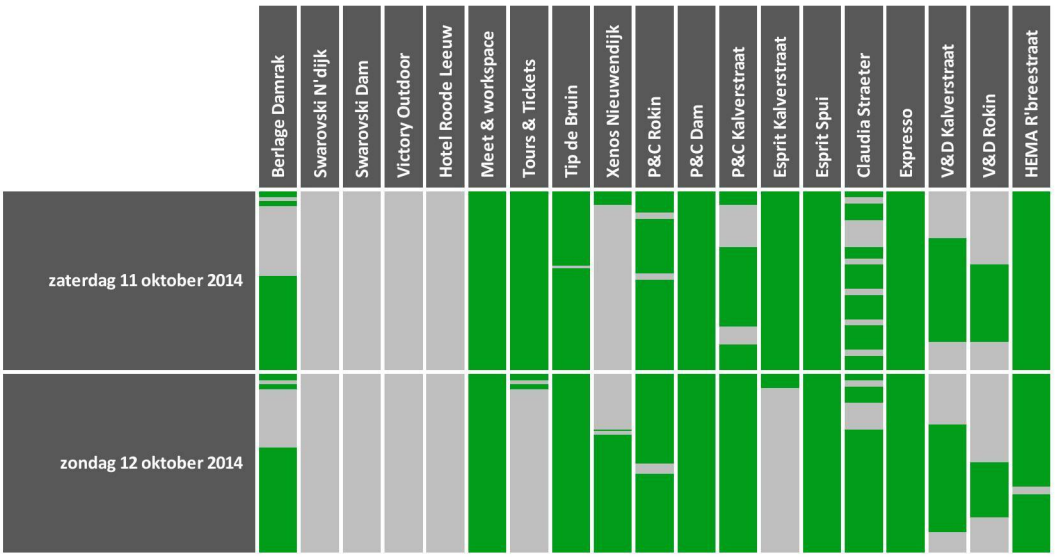
Signaalsterkte
De signaalsterkte kan potentieel worden gebruikt om niet relevante meetrecords uit te sluiten. We redeneren dat metingen met een sterk signaal afkomstig zijn van apparaten die de meetsensoren op korte afstand passeren. Op basis van de bovengenoemde referentiemetingen kan worden onderzocht of de signaalsterkte kan worden ingezet om enkel apparaten te registreren die de sensor op nabije afstand passeren. Een extra data cleaning stap.

Locaties sensoren
In vervolgstudies moet meer aandacht worden besteed aan de locaties van de sensoren. Binnen het project Rode Loper zijn veel sensoren op korte afstand van elkaar geplaatst. In de praktijk meten deze vaak dezelfde apparaten.

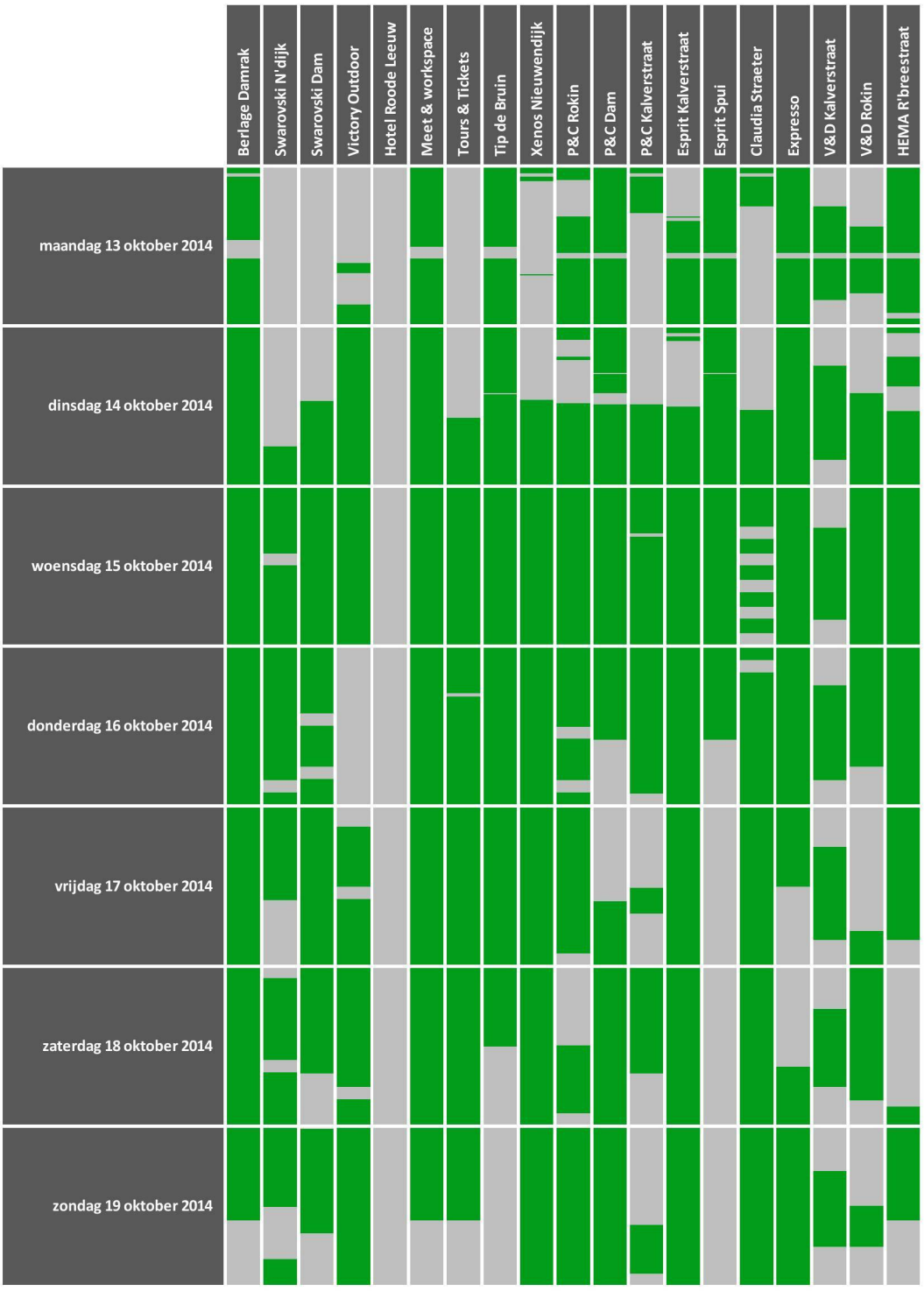
Sensorafhankelijke ophoogfactoren
De locatie en opstelling van de sensor heeft grote invloed op het totaal aantal metingen. Wij adviseren om met behulp van telcamera's sensor-specifieke ophoogfactoren te bepalen.

Bijlage 1 Stabiliteit sensoren

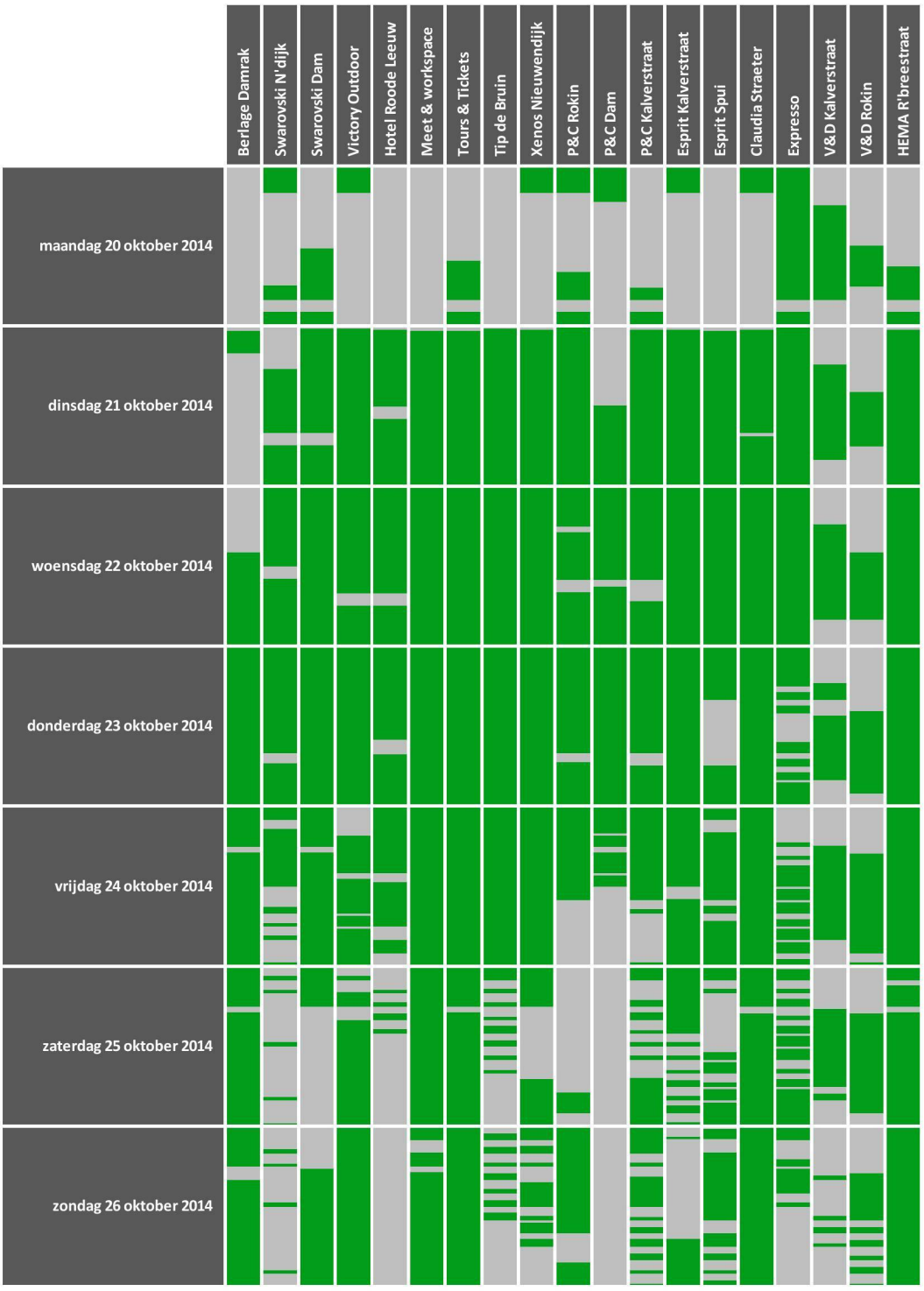
Meetstabiliteit week 41, 2014



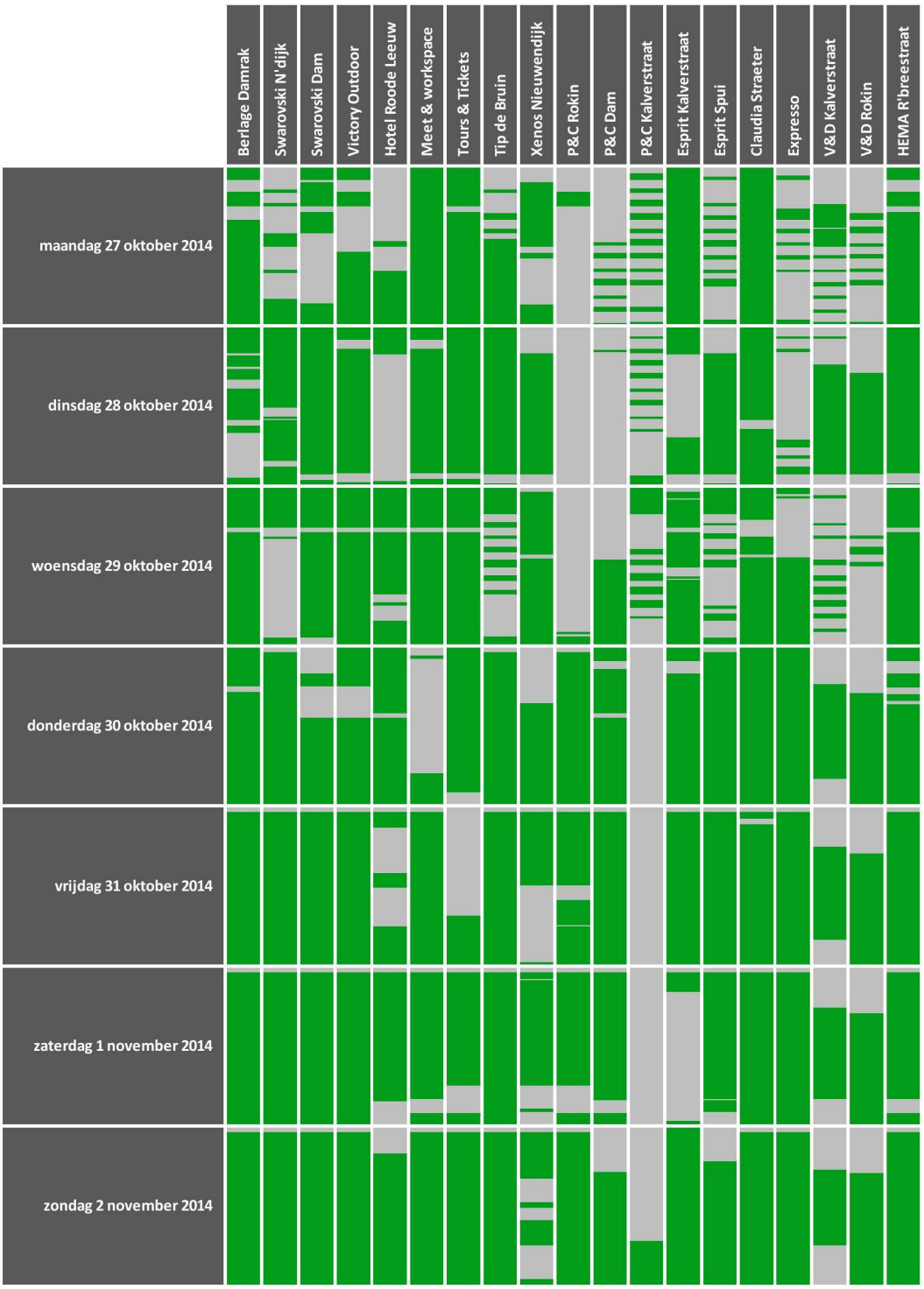
Meetstabiliteit week 42, 2014



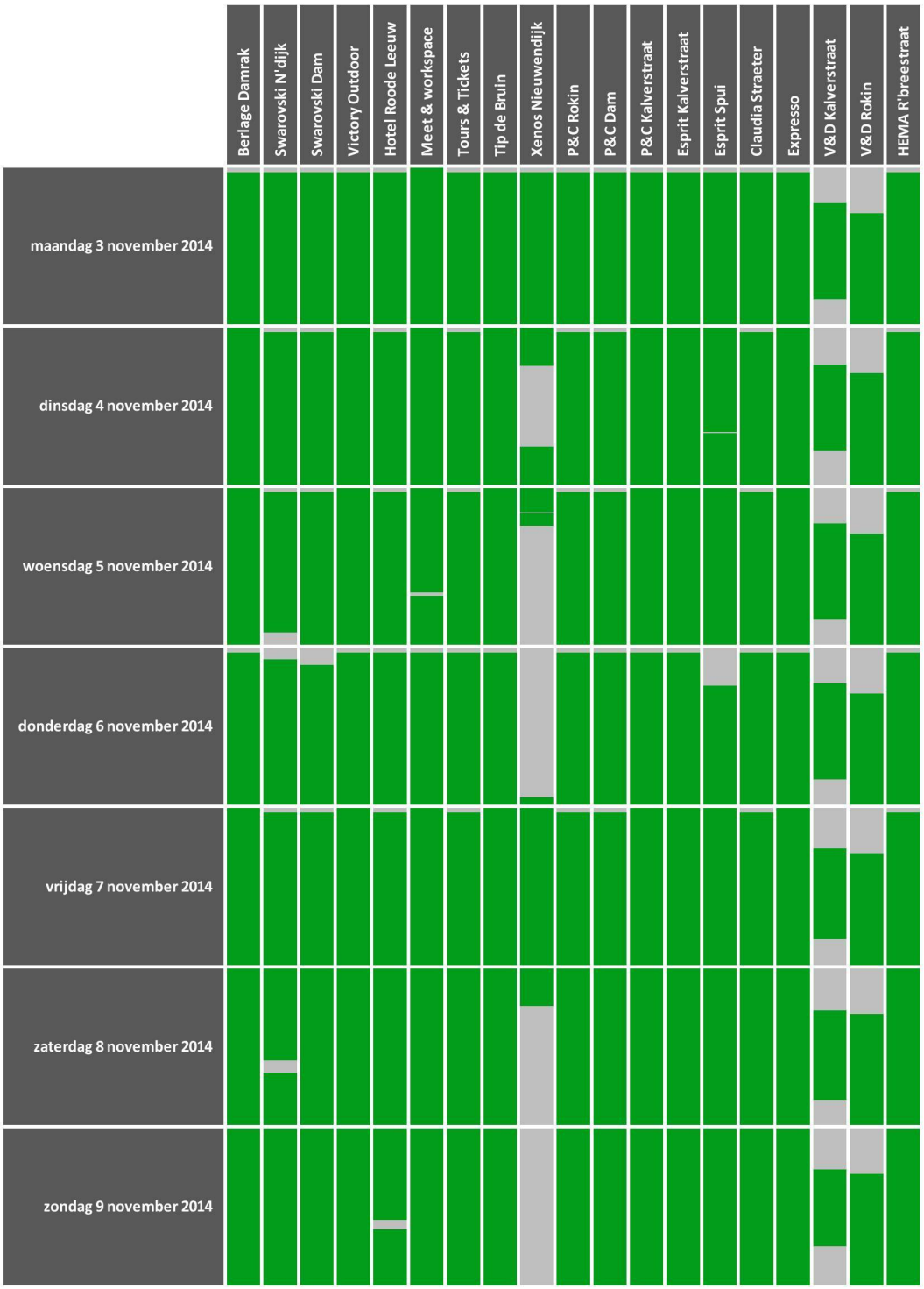
Meetstabiliteit week 43, 2014



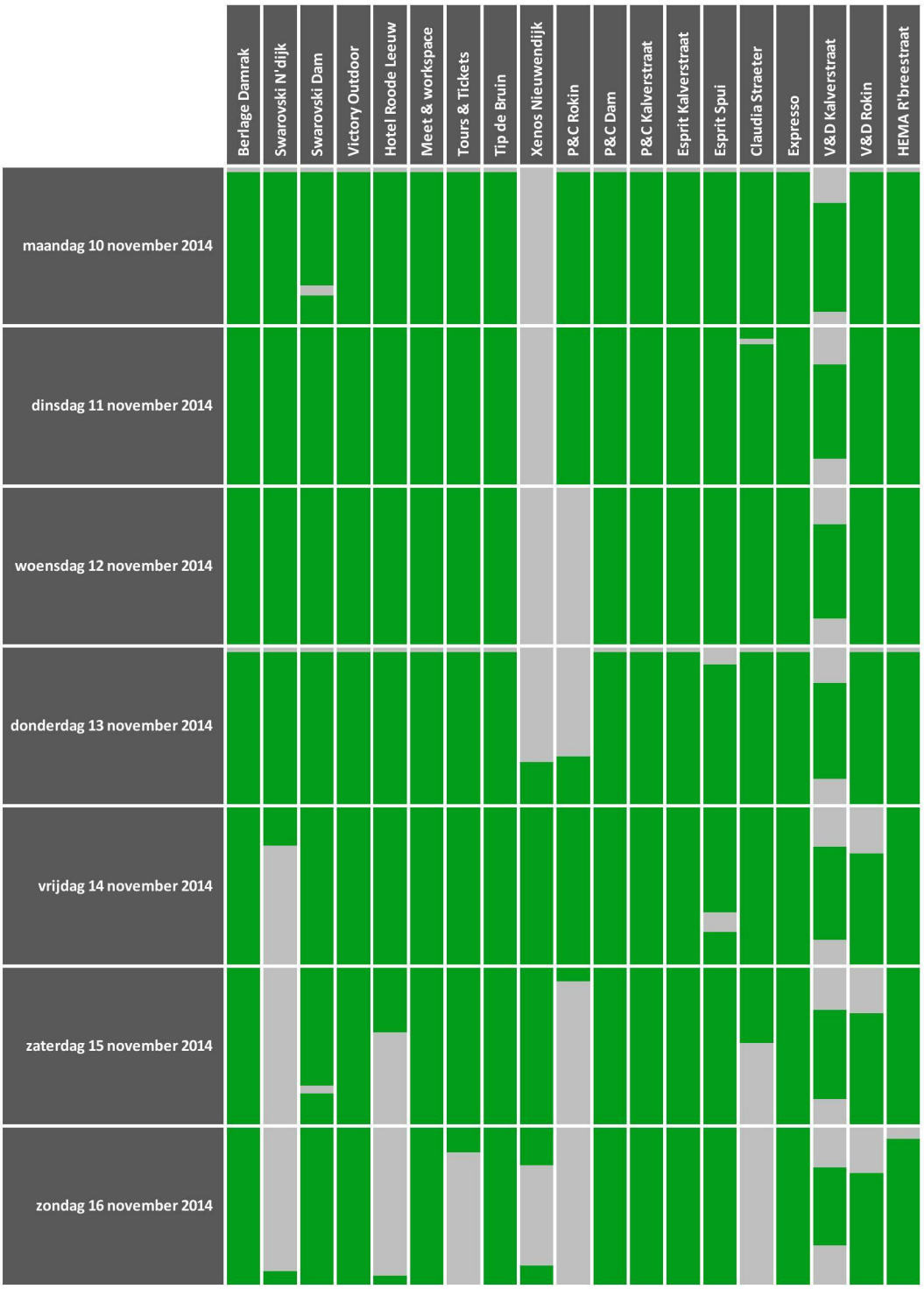
Meetstabiliteit week 44, 2014



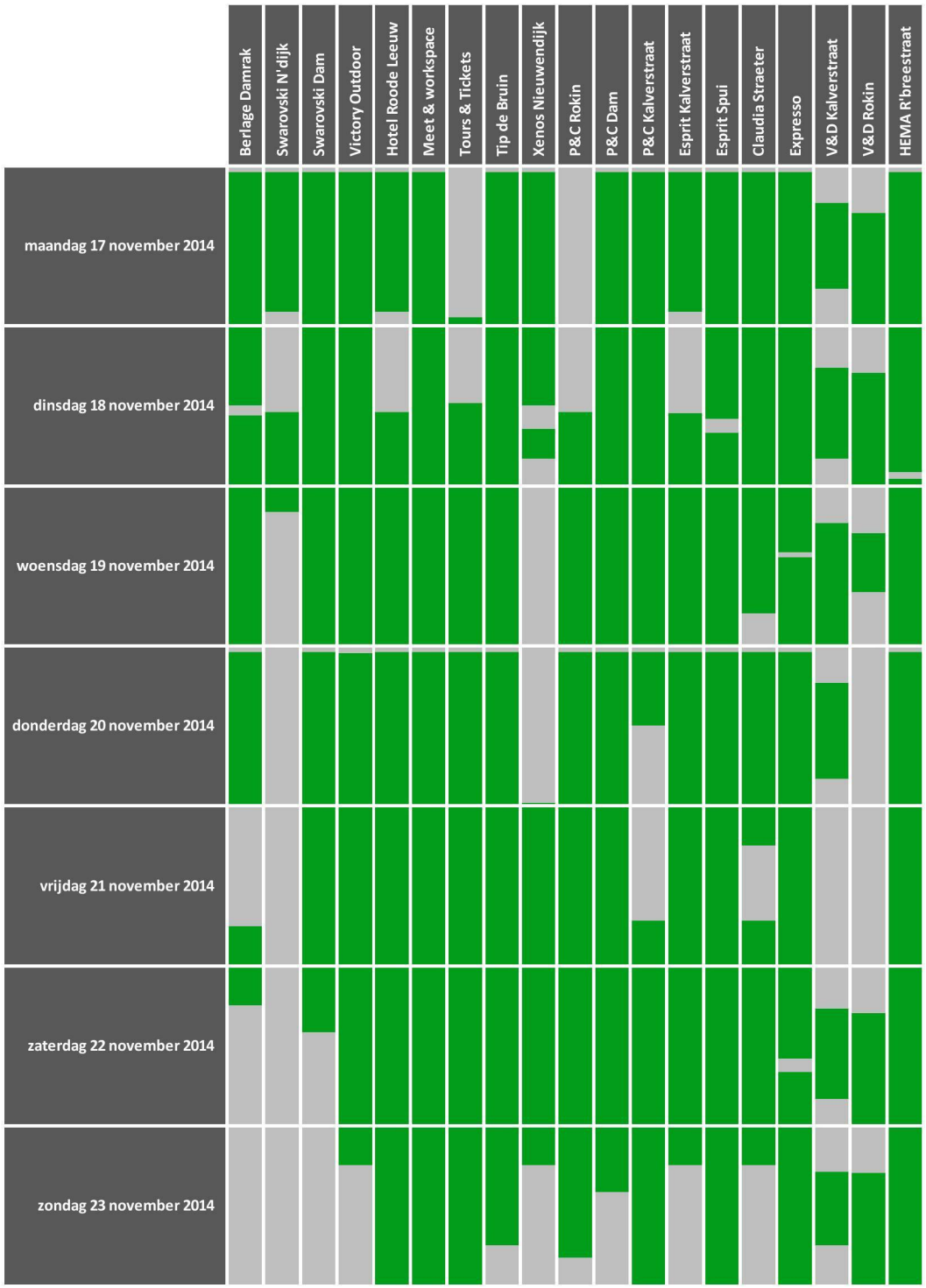
Meetstabiliteit week 45, 2014



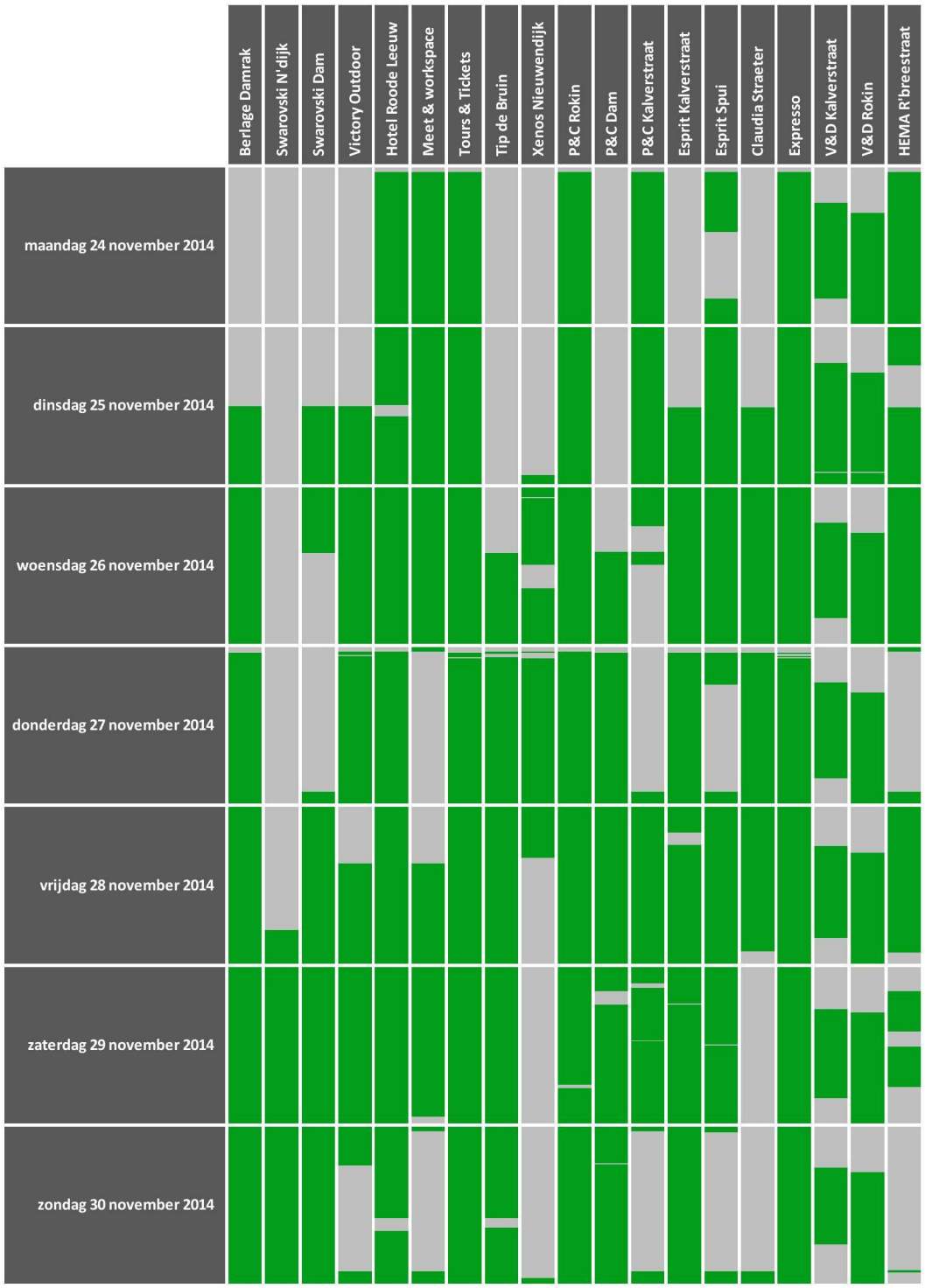
Meetstabiliteit week 46, 2014



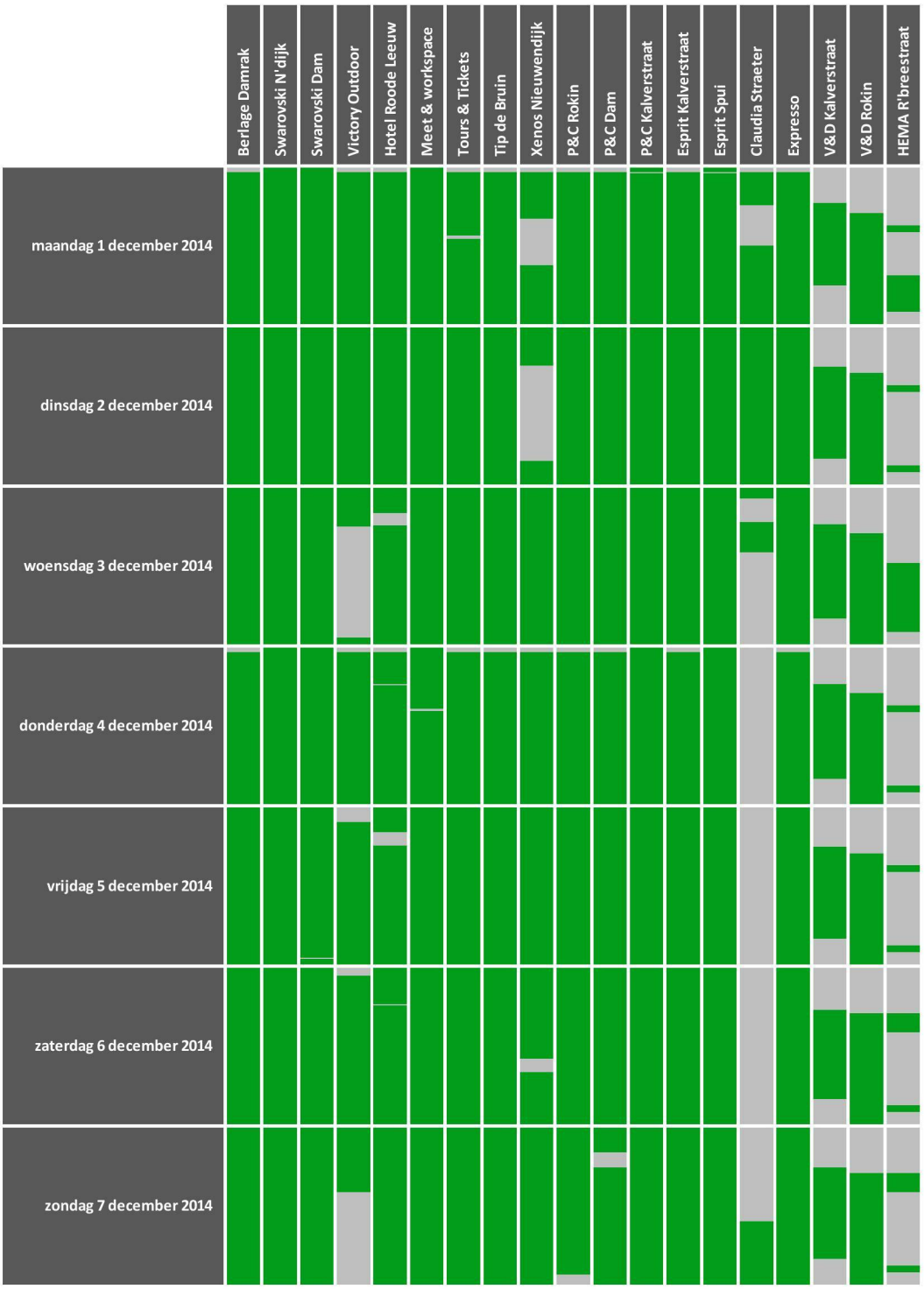
Meetstabiliteit week 47, 2014



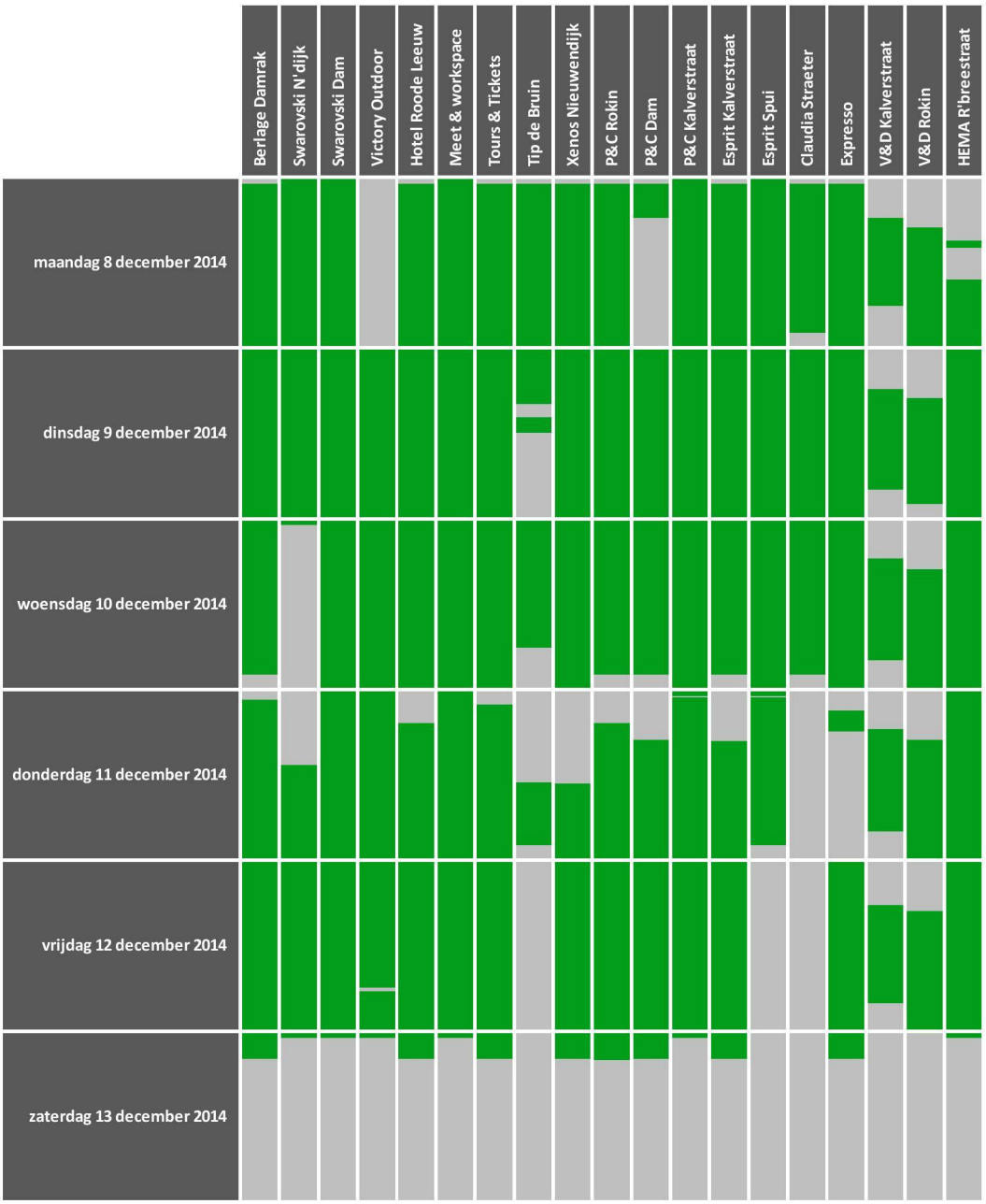
Meetstabiliteit week 48, 2014



Meetstabiliteit week 49, 2014



Meetstabiliteit week 50, 2014



Bijlage 2 Resultaten data cleaning

De onderstaande tabel toont het aantal records en unieke apparaten per meetdag na de diverse data-cleaning stappen.

Dag	Datum	Ruwe records	Unieke records	Unieke apparaten	Records vaste apparaten	Vaste apparaten	Records roterende apparaten	Roterende apparaten	Records na data-cleaning	Unieke apparaten na data-cleaning
zaterdag	11-10-2014	1,189,337	1,189,335	147,378	186,738	28,855	43,688	2,685	958,909	115,838
zondag	12-10-2014	984,154	984,151	123,252	162,766	22,819	46,219	2,698	775,166	97,735
maandag	13-10-2014	699,003	699,003	93,648	132,213	15,706	41,220	2,880	525,570	75,062
dinsdag	14-10-2014	2,297,067	1,565,683	229,801	248,866	36,630	85,482	5,466	1,231,335	187,705
woensdag	15-10-2014	3,271,237	2,043,689	278,930	367,139	47,847	107,702	6,075	1,568,848	225,008
donderdag	16-10-2014	2,394,094	1,352,910	177,444	252,093	31,825	67,689	4,202	1,033,128	141,417
vrijdag	17-10-2014	1,614,118	1,205,623	149,133	215,061	29,420	64,631	3,808	925,931	115,905
zaterdag	18-10-2014	1,397,496	1,288,371	161,768	201,354	34,465	56,650	3,323	1,030,367	123,980
zondag	19-10-2014	1,039,499	998,079	116,618	180,647	24,376	47,530	2,742	769,902	89,500
maandag	20-10-2014	387,401	385,611	72,584	73,175	10,624	14,495	1,904	297,941	60,056
dinsdag	21-10-2014	1,181,593	1,165,099	109,862	253,452	22,292	45,989	2,848	865,658	84,722
woensdag	22-10-2014	1,373,087	1,373,084	121,032	276,874	25,318	73,274	3,316	1,022,936	92,398
donderdag	23-10-2014	1,779,300	1,779,285	193,663	313,905	37,242	91,993	4,666	1,373,387	151,755
vrijdag	24-10-2014	1,270,957	1,270,944	165,433	252,488	32,653	59,811	3,717	958,645	129,063
zaterdag	25-10-2014	919,196	919,196	147,616	165,671	30,045	31,527	2,847	721,998	114,724
zondag	26-10-2014	918,932	918,930	125,033	179,860	26,993	40,939	2,682	698,131	95,358
maandag	27-10-2014	843,331	841,970	98,239	193,371	19,979	47,360	2,842	601,239	75,418
dinsdag	28-10-2014	1,220,994	1,220,967	112,433	315,602	23,172	57,529	3,157	847,836	86,104
woensdag	29-10-2014	1,525,530	1,525,339	111,595	405,739	24,650	90,175	3,328	1,029,425	83,617
donderdag	30-10-2014	2,433,892	2,367,812	173,911	535,077	39,849	155,919	4,899	1,676,816	129,163
vrijdag	31-10-2014	2,103,218	2,103,109	151,018	442,159	36,801	131,478	3,968	1,529,472	110,249
zaterdag	1-11-2014	2,378,205	2,378,151	180,932	456,150	46,642	130,824	3,768	1,791,177	130,522
zondag	2-11-2014	6,585,455	2,282,098	163,319	503,076	43,176	152,461	4,487	1,626,561	115,656
maandag	3-11-2014	2,354,196	1,863,354	112,165	536,832	29,055	146,089	3,851	1,180,433	79,259
dinsdag	4-11-2014	2,057,535	1,912,567	114,995	521,987	28,539	139,383	3,825	1,251,197	82,631
woensdag	5-11-2014	1,967,911	1,967,873	120,940	512,530	29,674	144,356	3,935	1,310,987	87,331

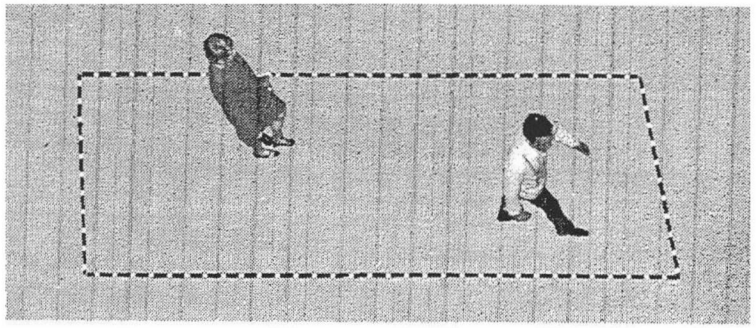
donderdag	6-11-2014	2,389,788	2,141,813	137,354	503,025	34,268	156,188	4,290	1,482,600	98,796
vrijdag	7-11-2014	14,062,202	2,351,892	208,633	630,942	47,891	148,797	5,780	1,572,153	154,962
zaterdag	8-11-2014	3,357,289	2,251,461	181,104	493,438	51,666	122,622	3,886	1,635,401	125,552
zondag	9-11-2014	2,429,012	2,428,968	161,836	518,370	48,630	155,786	3,821	1,754,812	109,385
maandag	10-11-2014	7,485,475	2,133,292	151,652	546,215	39,434	154,028	4,623	1,433,049	107,595
dinsdag	11-11-2014	19,558,425	2,323,750	201,377	579,013	45,241	182,786	6,121	1,561,951	150,015
woensdag	12-11-2014	3,439,190	1,795,835	120,196	470,829	29,929	135,044	4,097	1,189,962	86,170
donderdag	13-11-2014	1,995,477	1,985,467	132,467	470,674	33,440	152,450	4,247	1,362,343	94,780
vrijdag	14-11-2014	2,311,237	2,090,039	151,138	492,961	41,755	155,827	4,491	1,441,251	104,892
zaterdag	15-11-2014	2,192,654	1,869,513	161,867	410,061	47,244	124,970	4,159	1,334,482	110,464
zondag	16-11-2014	1,366,908	1,341,692	122,424	293,110	34,489	105,406	3,869	943,176	84,066
maandag	17-11-2014	1,644,499	1,644,462	111,290	425,747	30,319	137,258	3,948	1,081,457	77,023
dinsdag	18-11-2014	1,489,293	1,488,734	110,088	402,600	28,521	109,731	3,833	976,403	77,734
woensdag	19-11-2014	1,573,058	1,573,027	113,744	441,534	29,632	123,609	3,813	1,007,884	80,299
donderdag	20-11-2014	3,878,006	1,591,990	132,227	396,951	33,896	102,436	3,880	1,092,603	94,451
vrijdag	21-11-2014	40,668,509	1,626,682	142,301	379,369	39,097	93,855	3,684	1,153,458	99,520
zaterdag	22-11-2014	29,504,347	2,099,855	187,217	436,714	56,740	89,525	3,373	1,573,616	127,104
zondag	23-11-2014	5,151,101	1,340,936	141,878	300,612	39,232	57,222	2,831	983,102	99,815
maandag	24-11-2014	5,890,526	986,583	105,805	246,894	26,169	51,420	2,995	688,269	76,641
dinsdag	25-11-2014	10,170,646	1,320,711	118,075	330,990	30,732	76,471	3,412	913,250	83,931
woensdag	26-11-2014	5,231,268	1,400,417	115,357	376,444	30,619	97,963	3,608	926,010	81,130
donderdag	27-11-2014	1,691,580	1,403,442	124,803	326,073	33,246	93,159	3,815	984,210	87,742
vrijdag	28-11-2014	3,617,812	2,015,789	163,814	430,188	47,749	133,466	4,259	1,452,135	111,806
zaterdag	29-11-2014	7,405,272	2,238,222	202,318	410,515	64,166	133,898	4,443	1,693,809	133,709
zondag	30-11-2014	2,629,234	1,555,968	132,079	315,925	41,490	121,404	3,499	1,118,639	87,090
maandag	1-12-2014	3,087,137	1,511,084	109,482	391,265	32,688	125,468	3,858	994,351	72,936
dinsdag	2-12-2014	2,369,850	1,685,279	113,721	461,926	32,731	139,689	3,973	1,083,664	77,017
woensdag	3-12-2014	2,109,569	1,637,517	116,287	417,738	33,361	148,758	4,020	1,071,021	78,906
donderdag	4-12-2014	2,249,118	1,906,514	137,633	405,300	40,458	155,703	4,310	1,345,511	92,865
vrijdag	5-12-2014	2,459,231	2,076,021	149,694	431,251	47,279	163,933	4,314	1,480,837	98,101

zaterdag	6-12-2014	2,858,999	2,351,357	183,970	399,543	64,924	147,349	3,983	1,804,465	115,063
zondag	7-12-2014	2,353,100	2,030,278	141,988	430,580	50,796	165,190	3,703	1,434,508	87,489
maandag	8-12-2014	1,788,959	1,619,329	117,174	427,216	37,160	136,909	3,659	1,055,204	76,355
dinsdag	9-12-2014	2,705,784	1,890,122	121,391	483,197	36,755	161,976	3,937	1,244,949	80,699
woensdag	10-12-2014	1,834,975	1,736,503	127,297	448,628	37,622	124,831	3,801	1,163,044	85,874
donderdag	11-12-2014	1,847,663	1,800,566	135,117	384,003	41,152	135,711	3,830	1,280,852	90,135
vrijdag	12-12-2014	1,914,245	1,851,714	140,990	427,729	43,913	117,341	3,613	1,306,644	93,464
zaterdag	13-12-2014	138,573	110,597	13,141	32,252	3,304	11,308	620	67,037	9,217
Totaal		*255,036,749*	*104,809,654*						*74,291,107*	

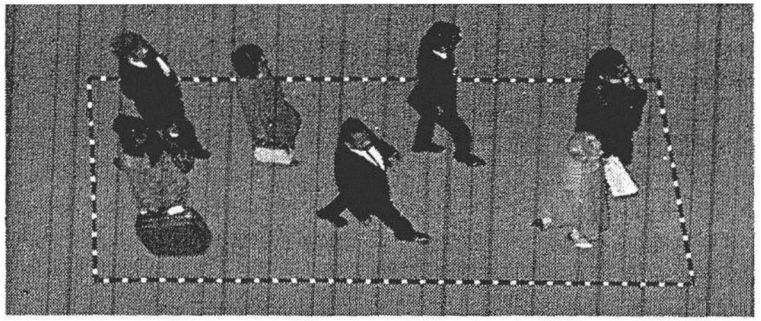
De onderstaande tabel toont het aantal records en unieke apparaten per meetlocatie na de diverse data-cleaning stappen.

Sensor	Omschrijving locatie	Ruwe records	Unieke records	Unieke devices	Vaste device records	Vaste devices	Roterende device records	Roterende devices	Gecleande records	Gecleande unieke devices
627	Berlage Damrak	9,899,744	6,603,469	1,062,147	1,860,846	188,651	715,174	28,564	4,027,449	844,932
629	Swarovski Nieuwendijk	10,245,494	7,626,817	1,114,197	1,246,921	212,055	520,584	23,342	5,859,312	878,800
630	Swarovski Dam	21,030,780	7,969,556	1,309,952	1,317,915	257,156	559,748	25,621	6,091,893	1,027,175
631	Victory Outdoor	31,627,813	5,299,010	557,250	1,173,044	127,015	227,287	12,323	3,898,679	417,912
633	Hotel Amsterdam Roode Leeuw	11,968,718	11,120,177	1,360,959	2,251,363	339,985	1,050,733	25,710	7,818,081	995,264
634	Meet & workspace	11,557,661	3,749,897	721,979	1,202,356	138,233	316,613	20,924	2,230,928	562,822
635	Tours & Tickets	6,110,727	4,508,494	835,103	1,924,189	144,387	271,603	20,837	2,312,702	669,879
636	Tip de Bruin	6,348,270	2,029,291	439,346	397,480	77,235	120,348	10,556	1,511,463	351,555
637	Xenos Nieuwendijk	11,788,858	2,376,219	433,328	809,450	65,630	126,954	11,071	1,439,815	356,627
638	P&C Rokin	10,939,434	9,987,640	1,520,372	1,829,806	321,153	732,952	27,014	7,424,882	1,172,205
639	P&C Dam	25,336,535	6,686,755	1,234,338	937,006	245,205	574,288	28,624	5,175,461	960,509
642	P&C Kalverstraat	16,374,438	7,182,695	1,391,031	1,169,767	284,998	469,551	25,478	5,543,377	1,080,555
644	Esprit Kalverstraat	17,521,884	4,912,470	989,172	806,284	179,677	241,984	18,487	3,864,202	791,008
645	Esprit Spui	6,891,855	3,407,337	593,390	994,347	97,632	133,020	12,610	2,279,970	483,148
646	Claudia Straeter	20,189,026	2,899,663	509,491	1,551,756	75,703	68,284	9,699	1,279,623	424,089
647	Expresso	2,829,073	2,679,053	513,554	800,796	88,087	87,293	10,129	1,790,964	415,338
648	V&D Kalverstraat	5,759,019	5,737,581	843,309	1,277,899	144,885	183,119	13,882	4,276,563	684,542
649	V&D Rokin	5,456,727	5,456,459	993,623	739,633	174,538	260,474	17,215	4,456,352	801,870
651	HEMA Regulierbreestraat	23,160,693	4,577,071	627,143	1,363,789	102,974	203,891	12,612	3,009,391	511,557
Totaal		*255,036,749*	*104,809,654*						*74,291,107*	

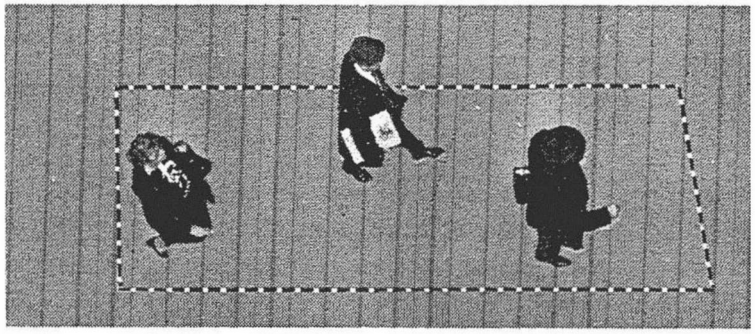
Bijlage 3 Afwikkelniveaus Fruin



Level of Service A



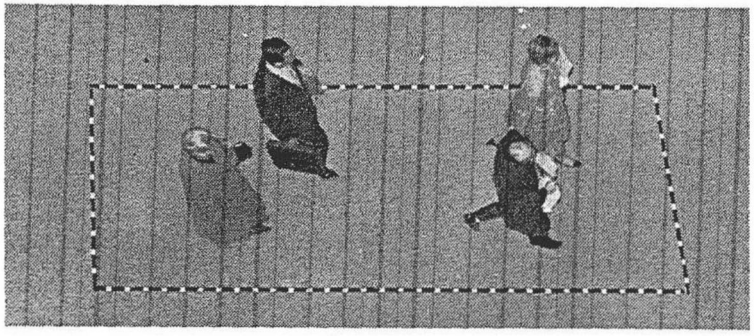
Level of Service D



Level of Service B



Level of Service E



Level of Service C



Level of Service F

Postal address
PO Box 161
7400 AD Deventer
The Netherlands

Visiting address
Snipperlingsdijk 4
7417 BJ Deventer
The Netherlands

Contact
t. +31 (0)570 666 111
e. info@dat.nl
w. www.dat.nl

IBAN NL18 RABO 0118 2270 17
CC 27103813
VAT 006245079B01
- a Goudappel company -