

Het draadloze Internet of Things: Spectrumimpact en -monitoring



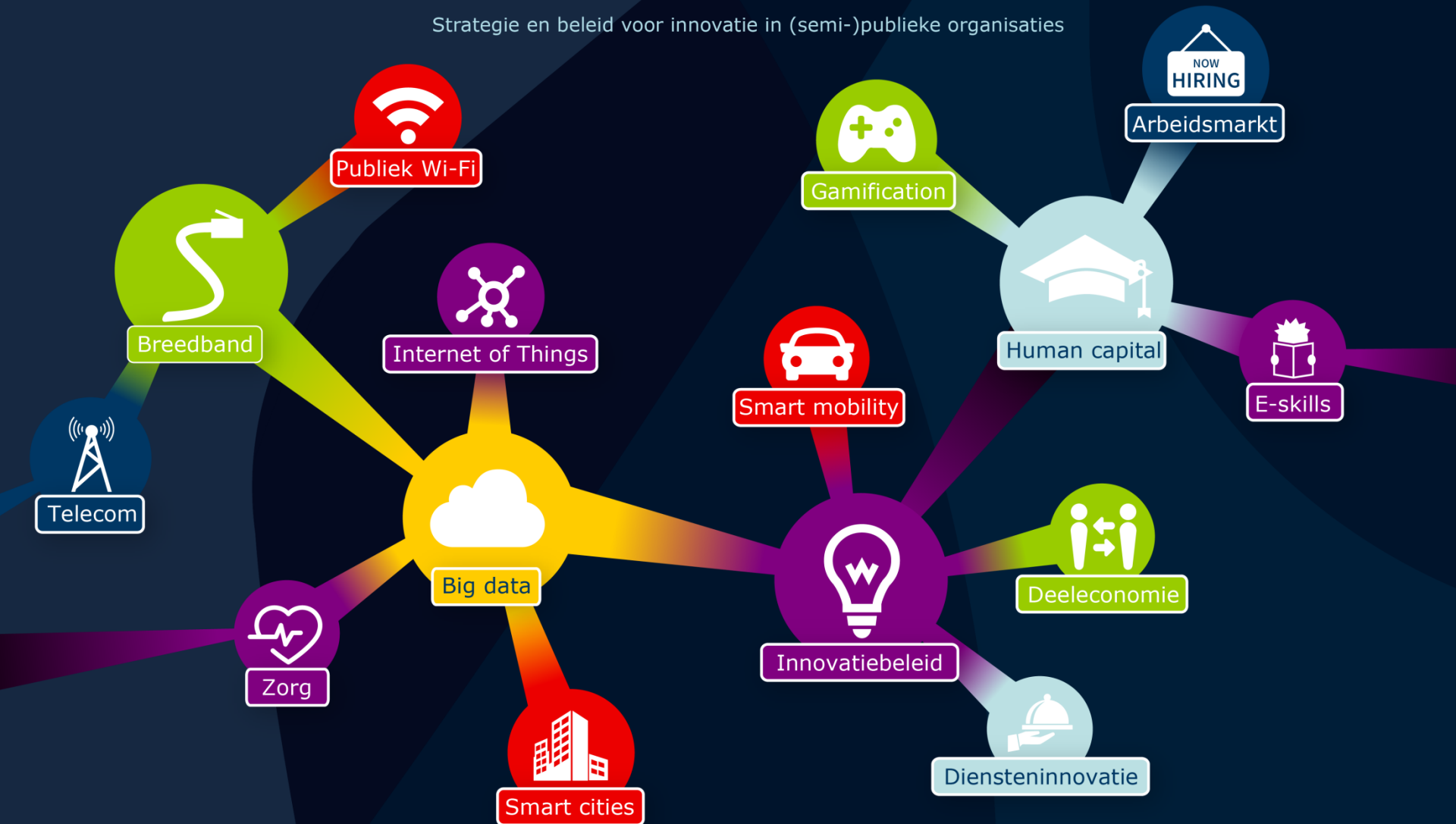
Ir. Tommy van der Vorst

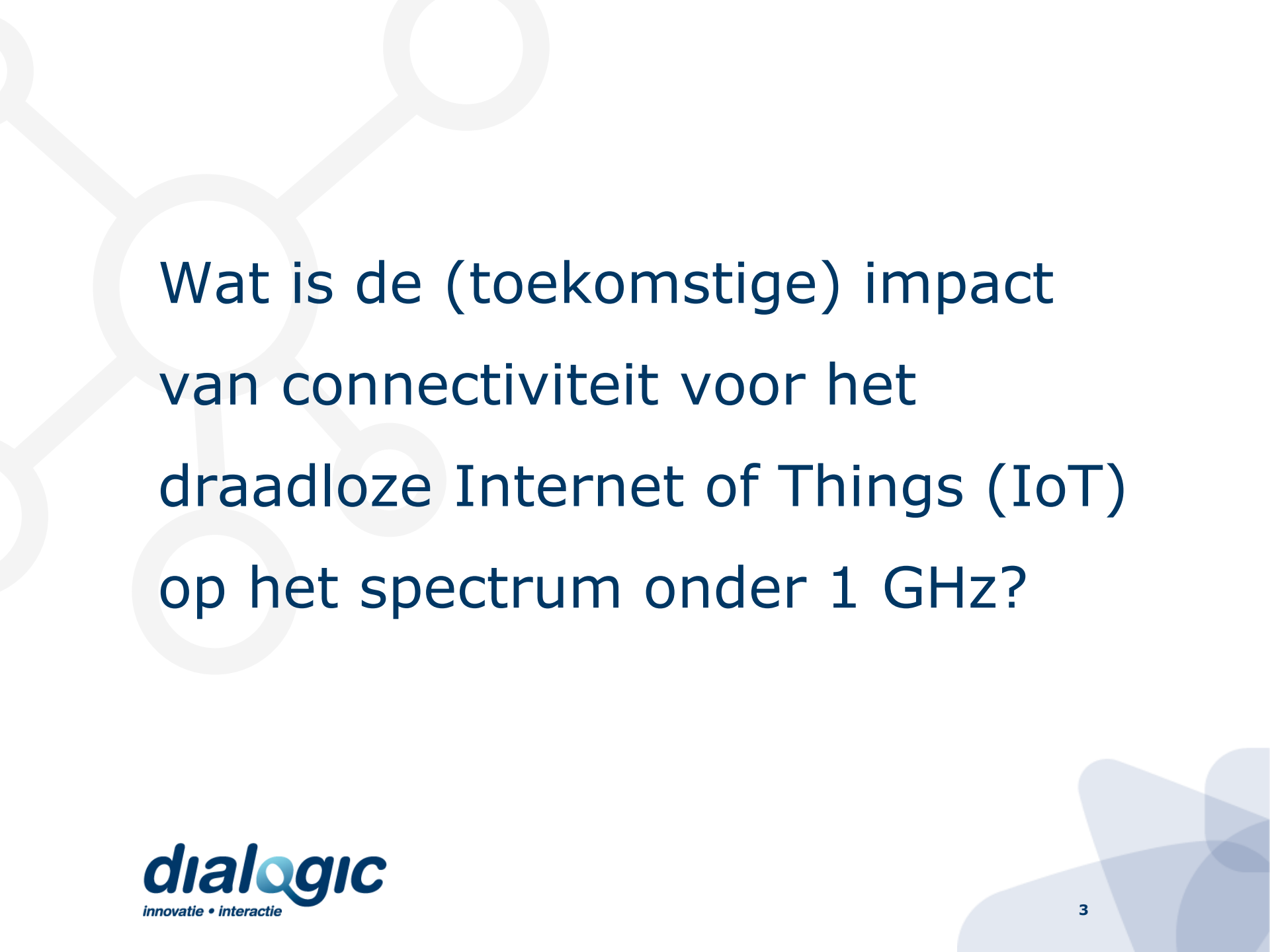
27 september 2016

dialogic

innovatie • interactie

Strategie en beleid voor innovatie in (semi-)publieke organisaties

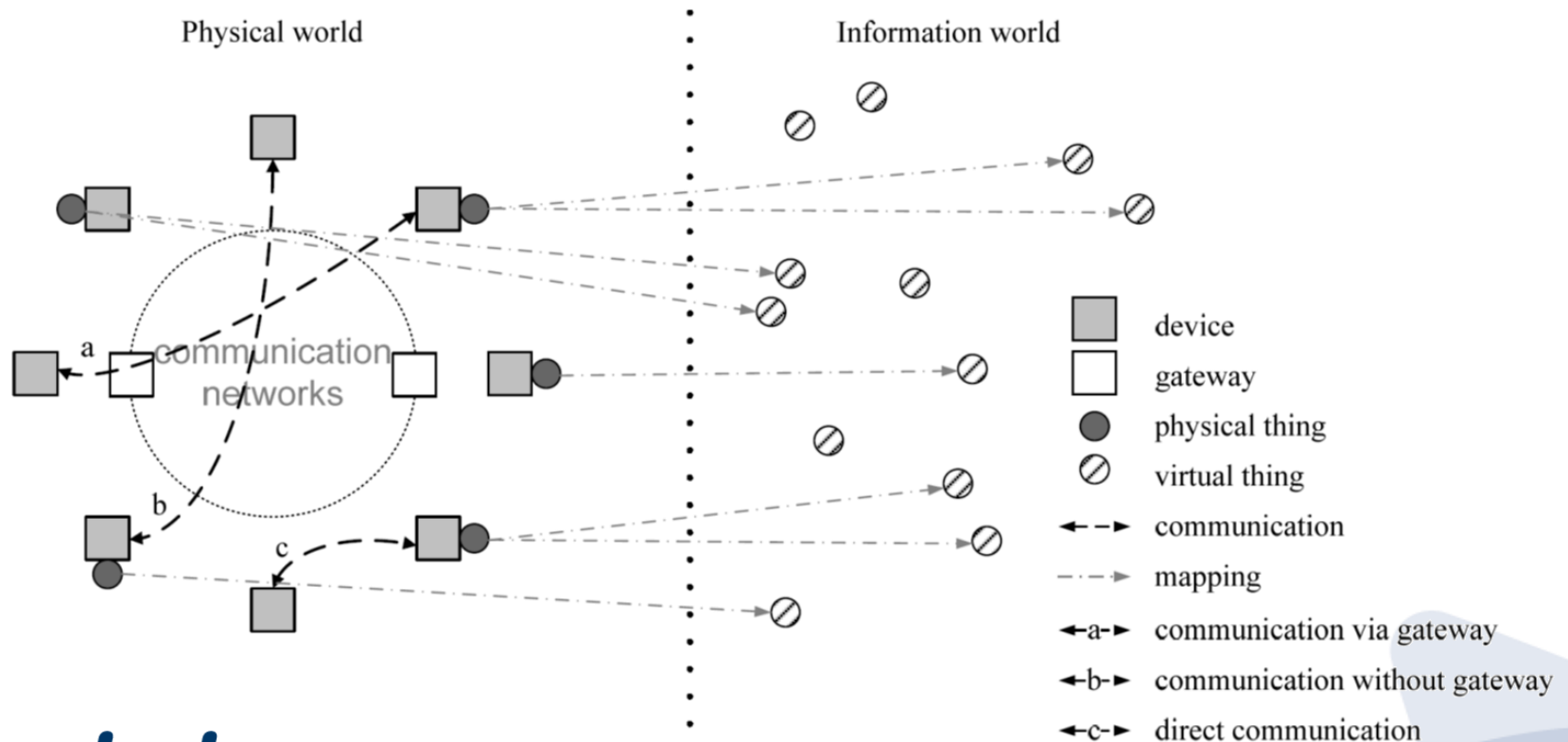




Wat is de (toekomstige) impact van connectiviteit voor het draadloze Internet of Things (IoT) op het spectrum onder 1 GHz?

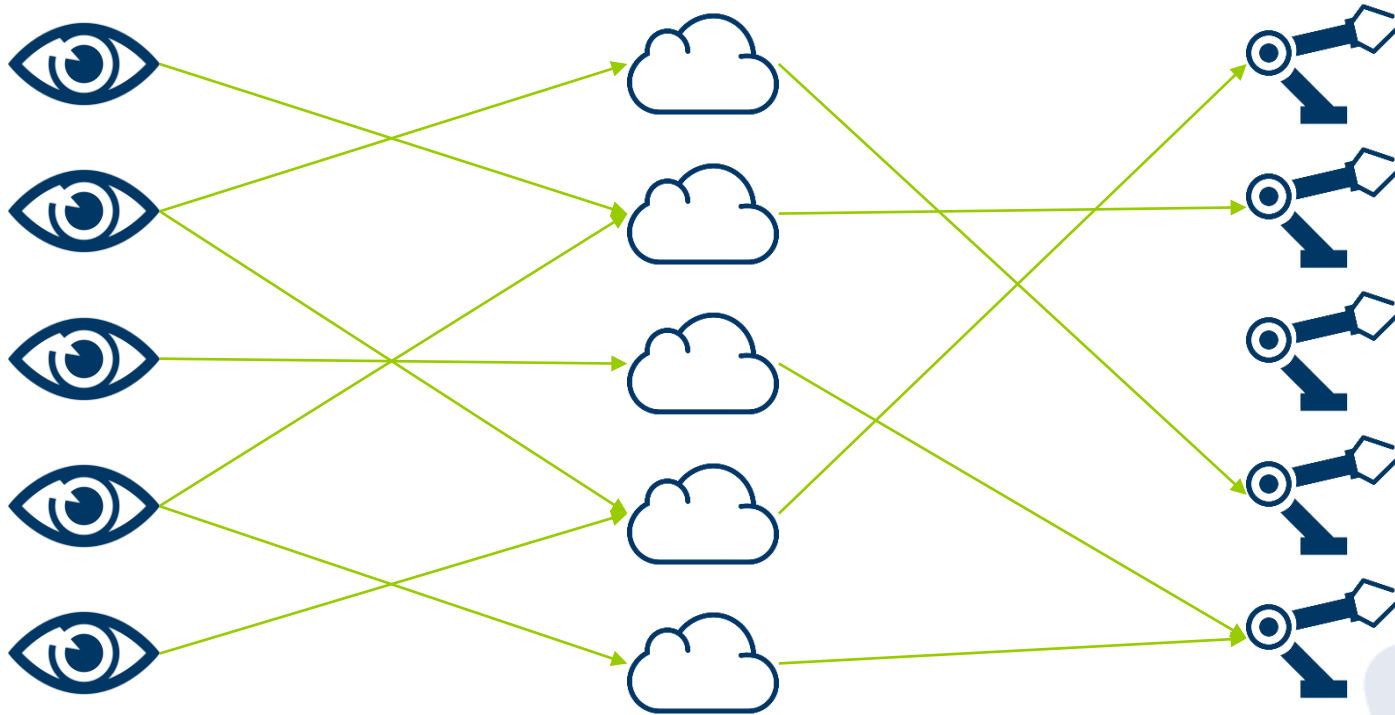
Internet of Things volgens ITU

Meer en meer fysieke 'dingen' worden gerepresenteerd in een virtuele 'informatiewereld' (aka: het internet).

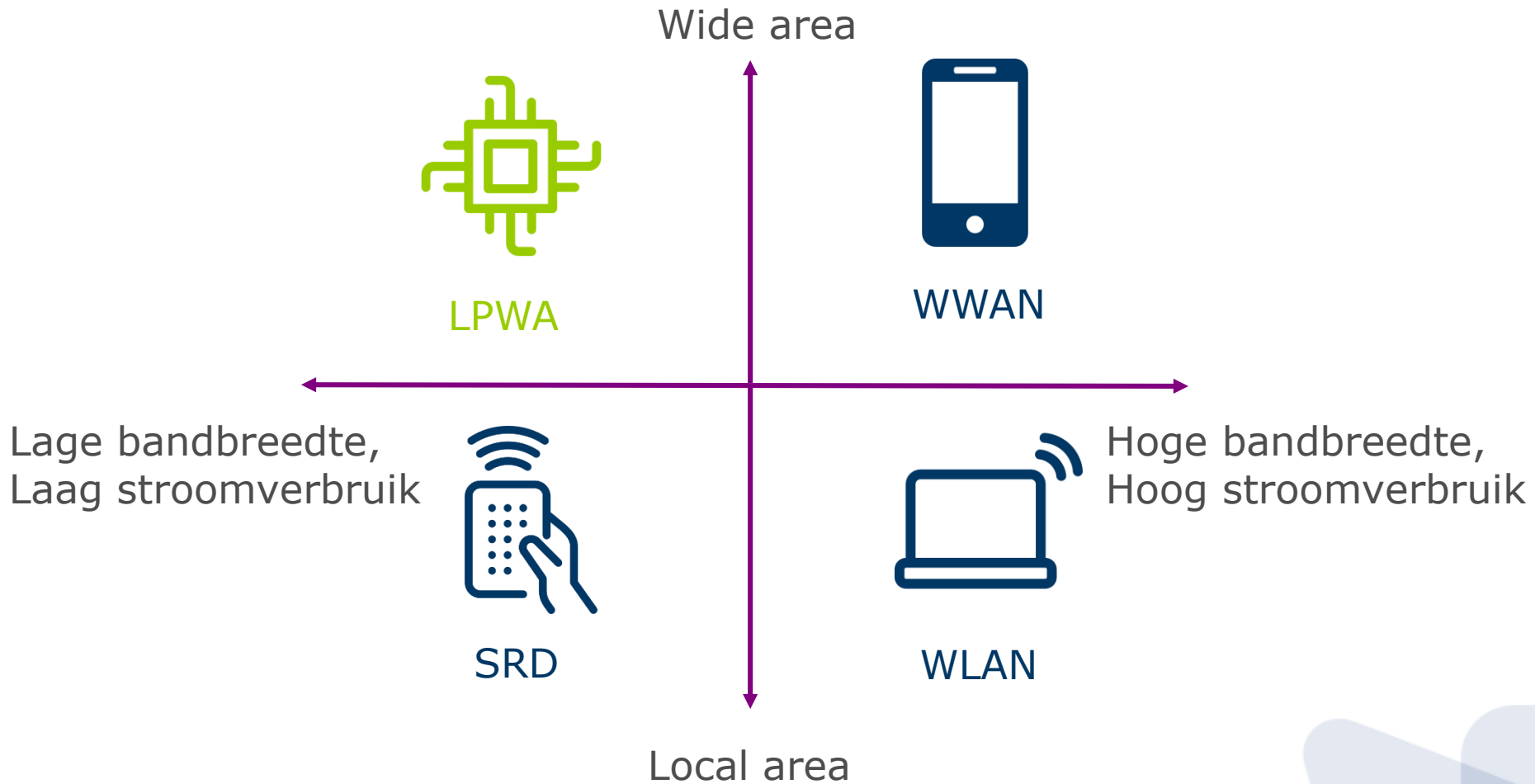


Internet of Things: waarom?

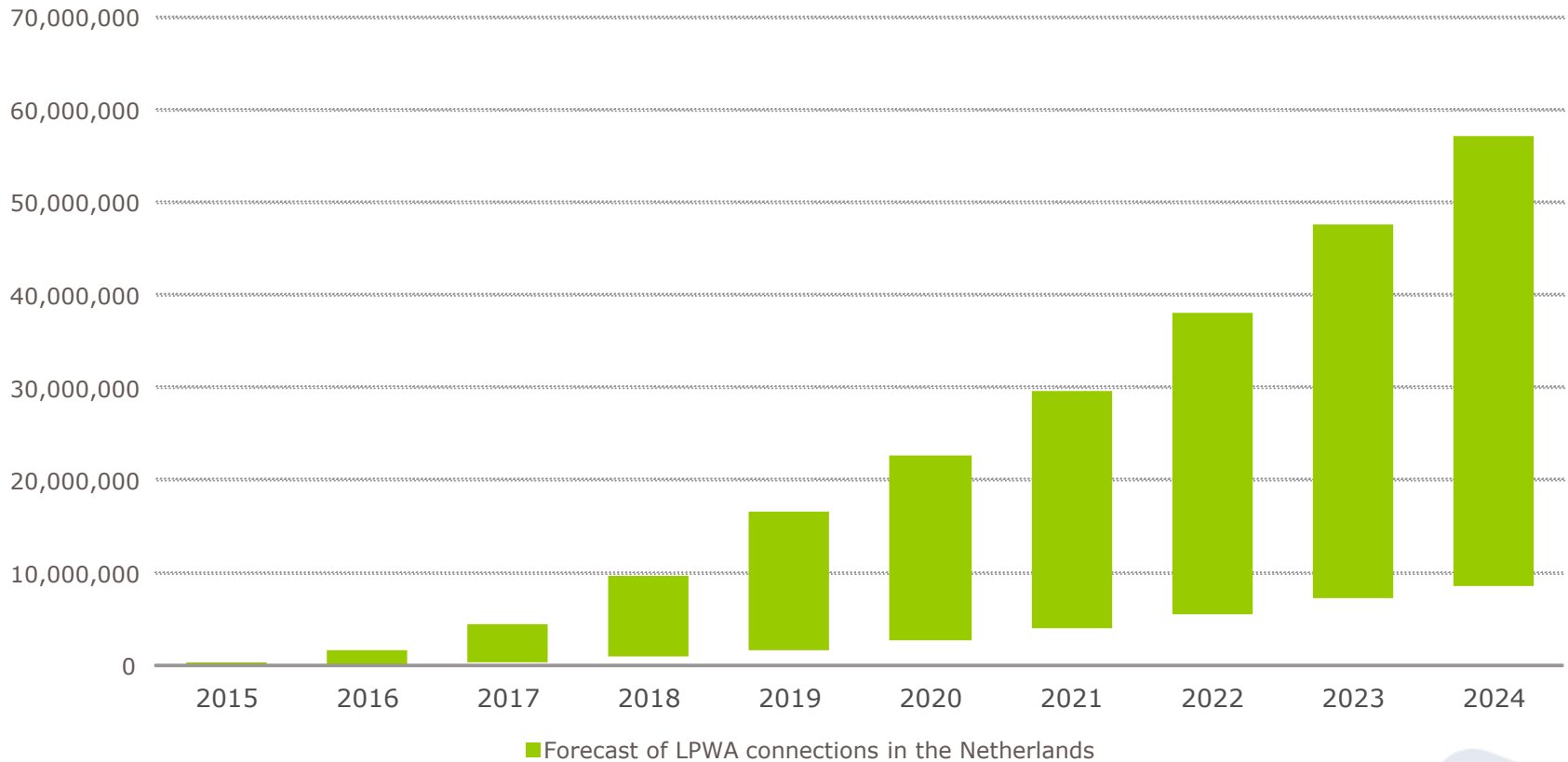
Slimmere regeltoepassingen door (1) het benutten van meer sensordata, (2) het maken van intelligentere analyses, en (3) coördineren van acties.



Schaalniveaus



LPWA devices in Nederland



LPWA IoT-toepassingen



Slimme steden



Huishouden



Logistiek



Nutsvoorz.



Landbouw



Slimme gebouwen



Industrie

LPWA IoT-toepassingen

Toepassingen die met smartphone worden bestuurd (#huishoudens in NL, 2020)



Rookmelder
2,530,000



**Slimme
thermostaat**
2,690,000



Beveiligingscamera
2,000,000



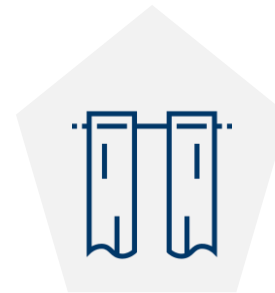
Verlichting
2,140,000



(Vaat)wasmachine
620,000



Baby-monitoring
580,000

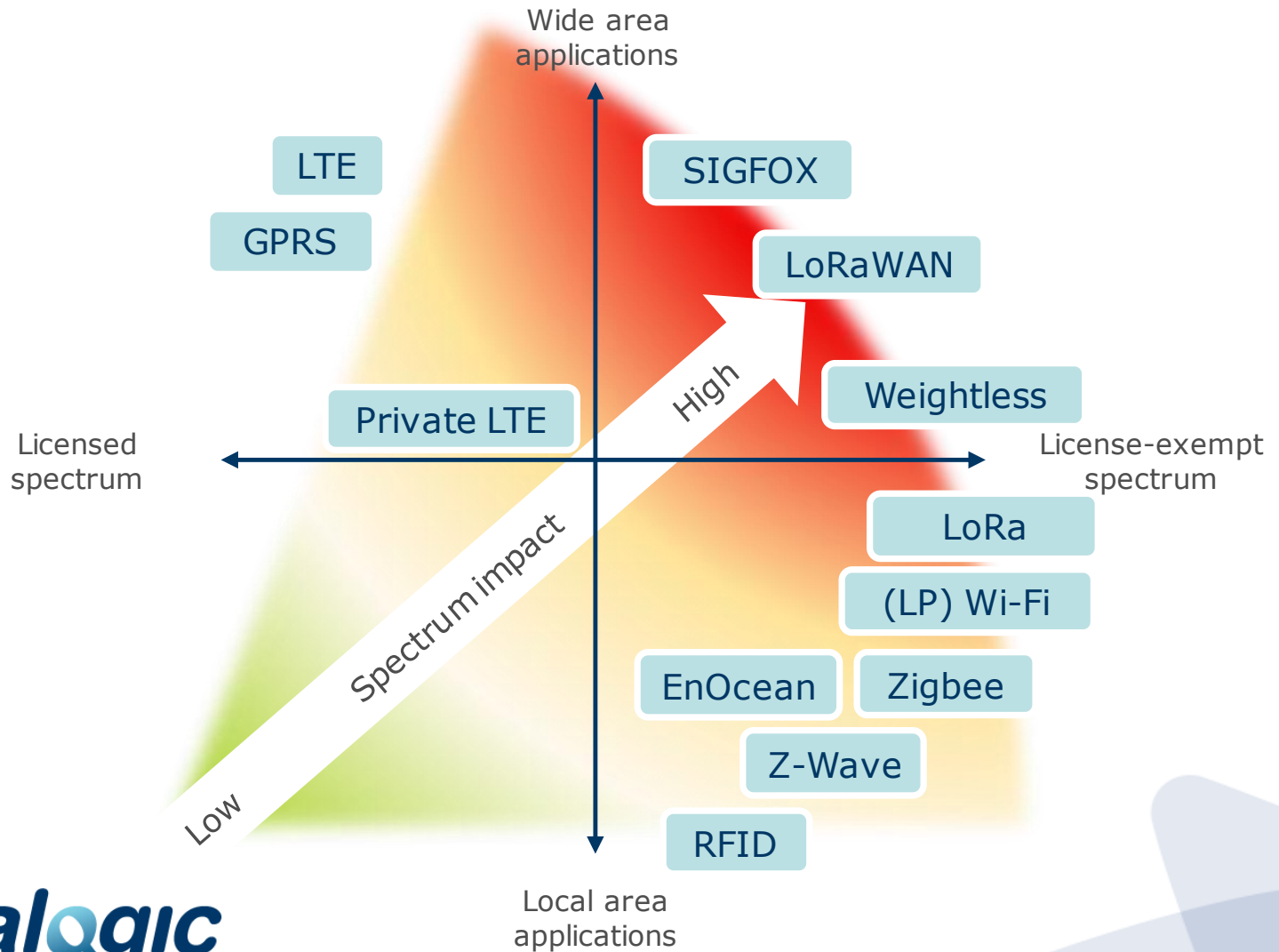


Raambedekking
1,050,000



Welke **knelpunten** worden veroorzaakt door draadloze IoT-toepassingen (t.a.v. spectrumgebruik) en wat zijn mogelijke oplossingen?

Technologiestrategieën voor draadloos IoT











Veel korte-afstands IoT-applicaties hoeven niet per sé gebruik te maken van spectrum onder 1 GHz.

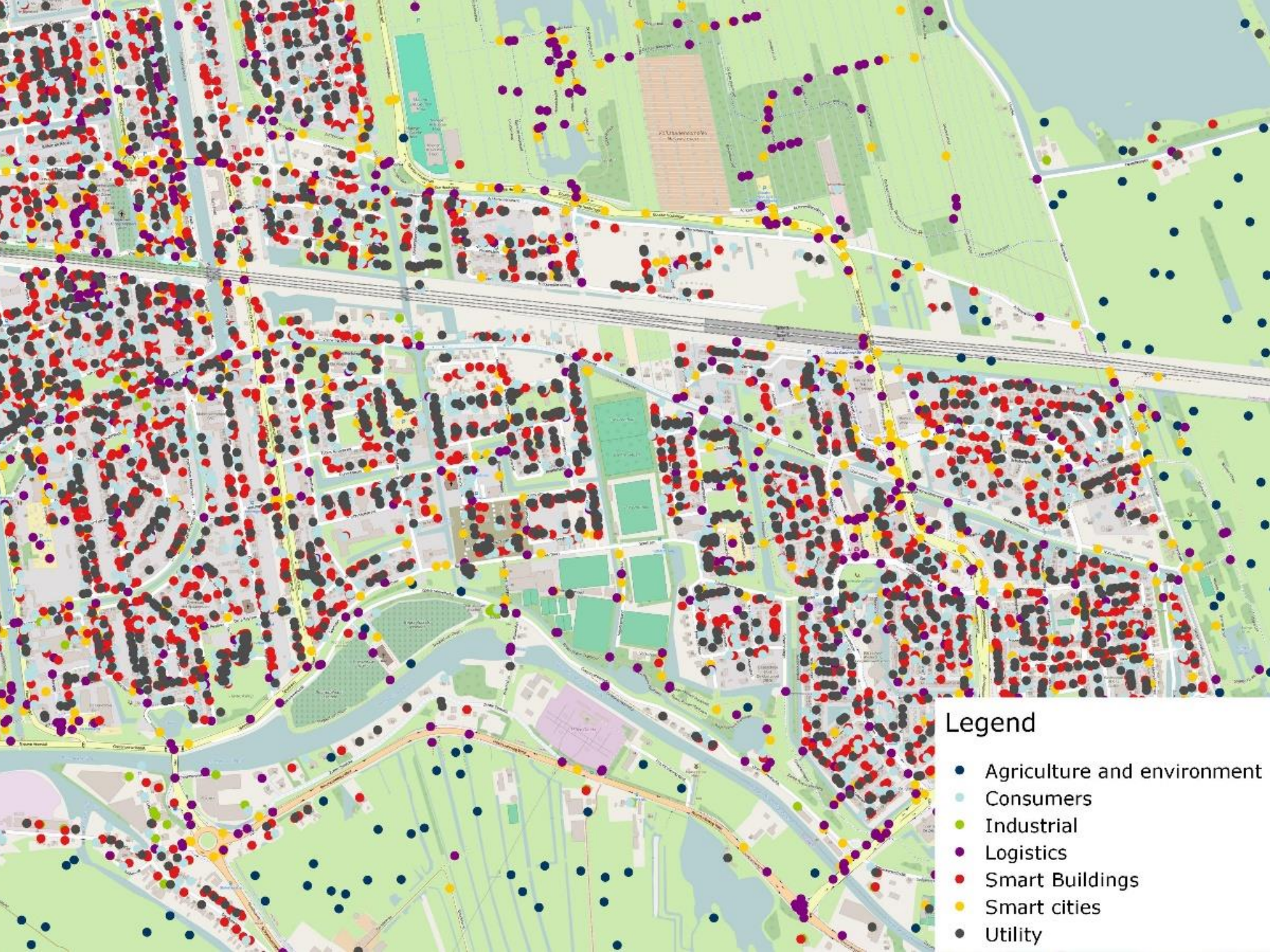
Vergunningvrij spectrum



Vergunningsplichting

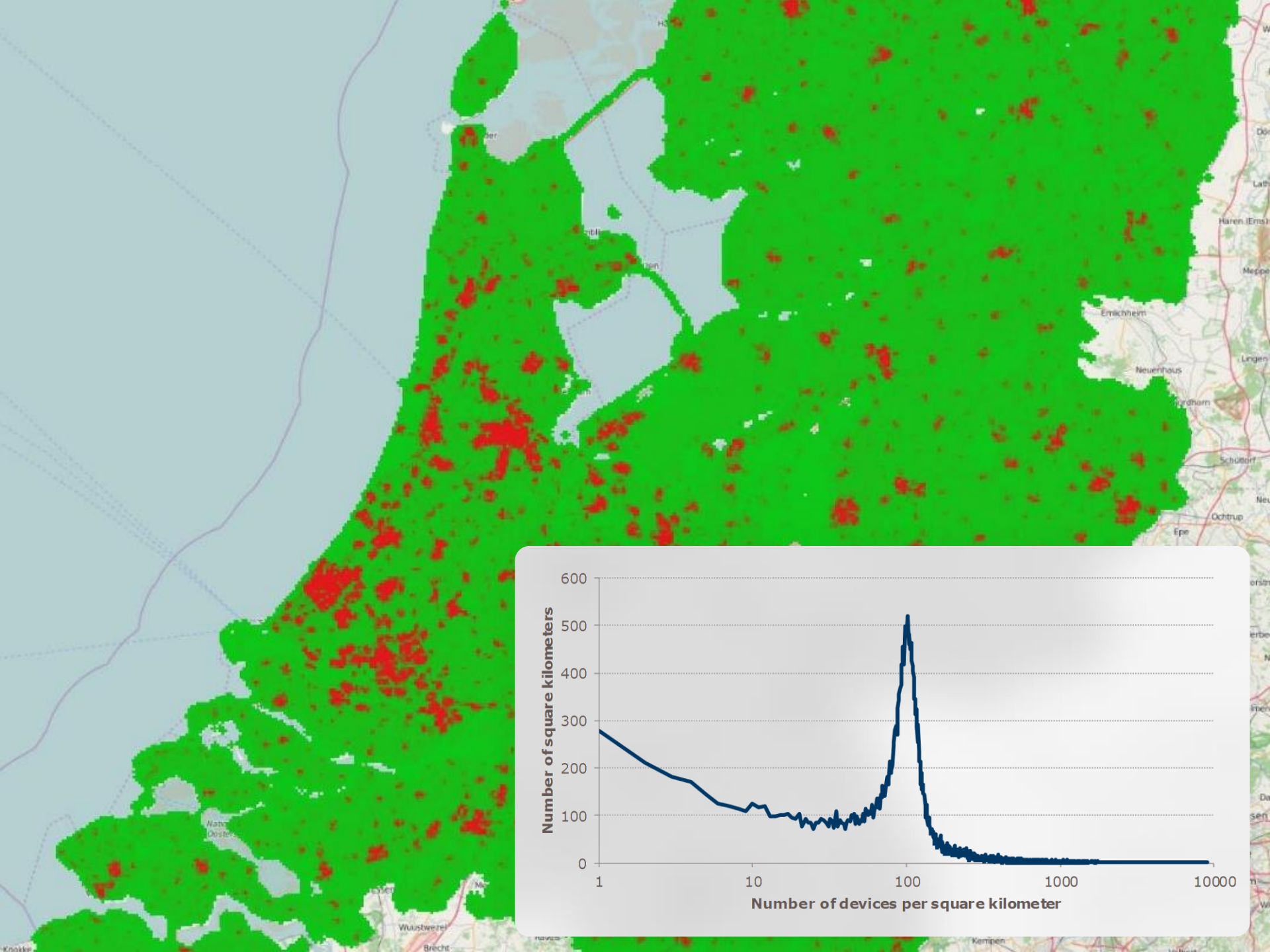


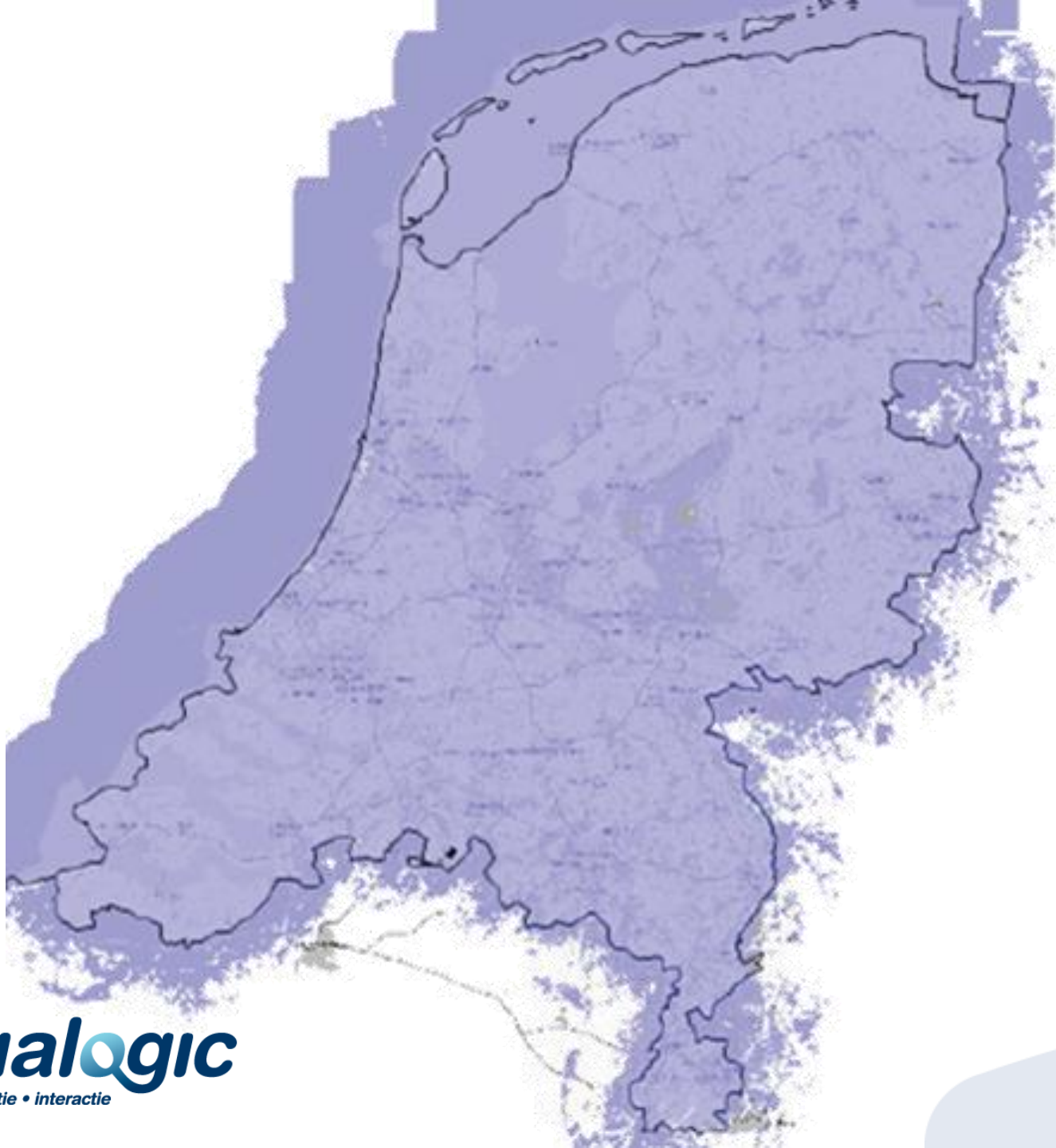
	SIGFOX 	LoRa 	clean slate cloT	NB LTE-M Rel. 13 	LTE-M Rel. 12/13 	EC-GSM Rel. 13 	5G (targets) 
Range (outdoor) MCL	<13km 160 dB	<11km 157 dB	<15km 164 dB	<15km 164 dB	<11km 156 dB	<15km 164 dB	<15km 164 dB
Spectrum Bandwidth	Unlicensed 900MHz 100Hz	Unlicensed 900MHz <500kHz	Licensed 7-900MHz 200kHz or dedicated	Licensed 7-900MHz 200kHz or shared	Licensed 7-900MHz 1.4 MHz or shared	Licensed 8-900MHz 2.4 MHz or shared	Licensed 7-900MHz shared
Data rate	<100bps	<10 kbps	<50kbps	<150kbps	<1 Mbps	10kbps	<1 Mbps
Battery life	>10 years	>10 years	>10 years	>10 years	>10 years	>10 years	>10 years
Availability	Today	Today	2016	2016	2016	2016	beyond 2020



Legend

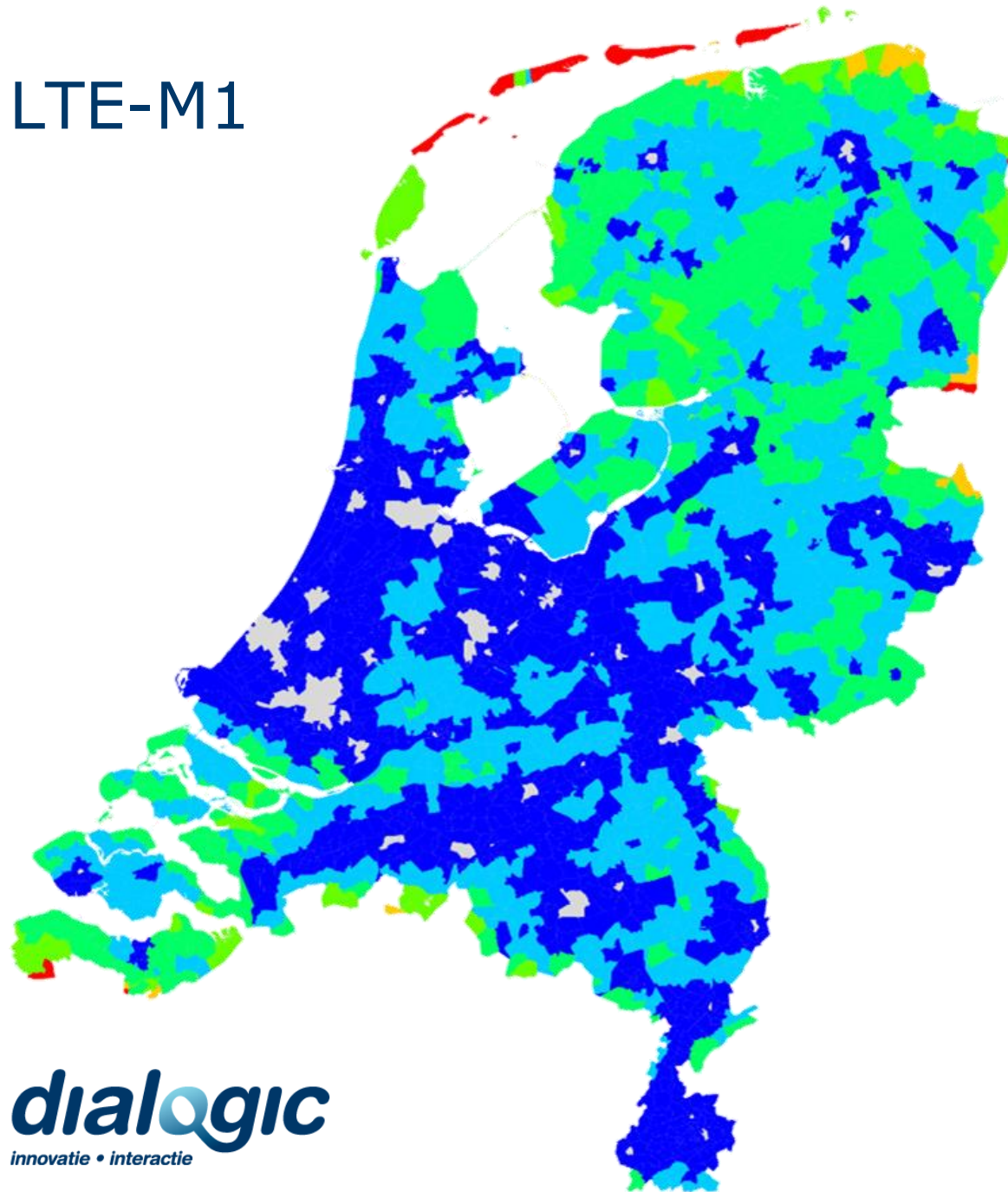
- Agriculture and environment
- Consumers
- Industrial
- Logistics
- Smart Buildings
- Smart cities
- Utility













LTE-M1

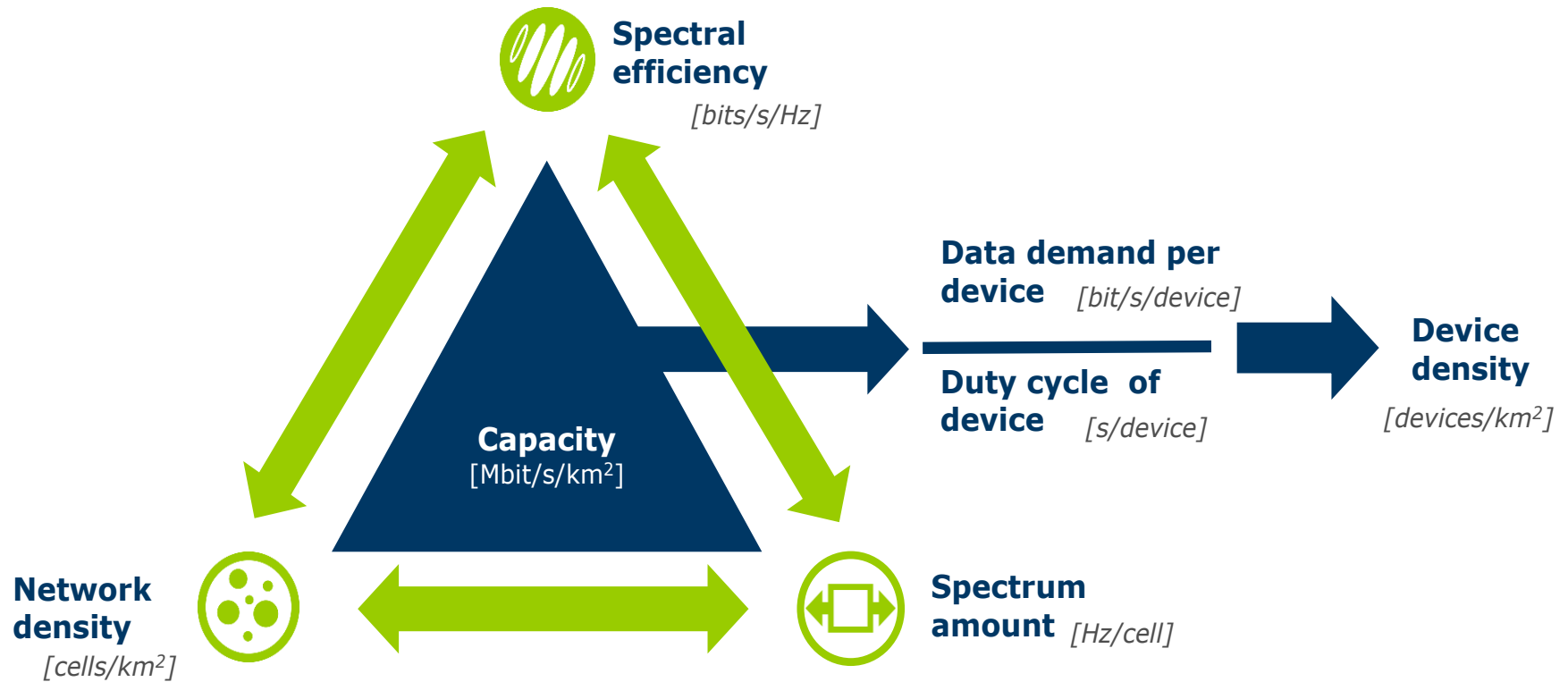


Legenda

Mbit/s/km2 (LTE-M in band 20)

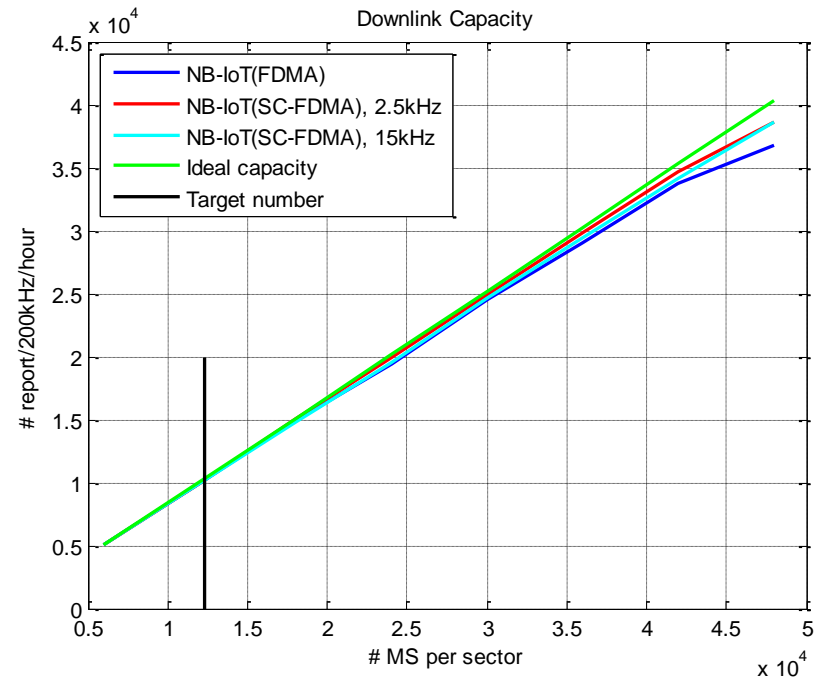
	0.0038 - 0.0757
	0.0757 - 0.1274
	0.1274 - 0.2204
	0.2204 - 0.4523
	0.4523 - 0.9488
	0.9488 - 7.4888

Spectrum impact



LTE-M opschalen

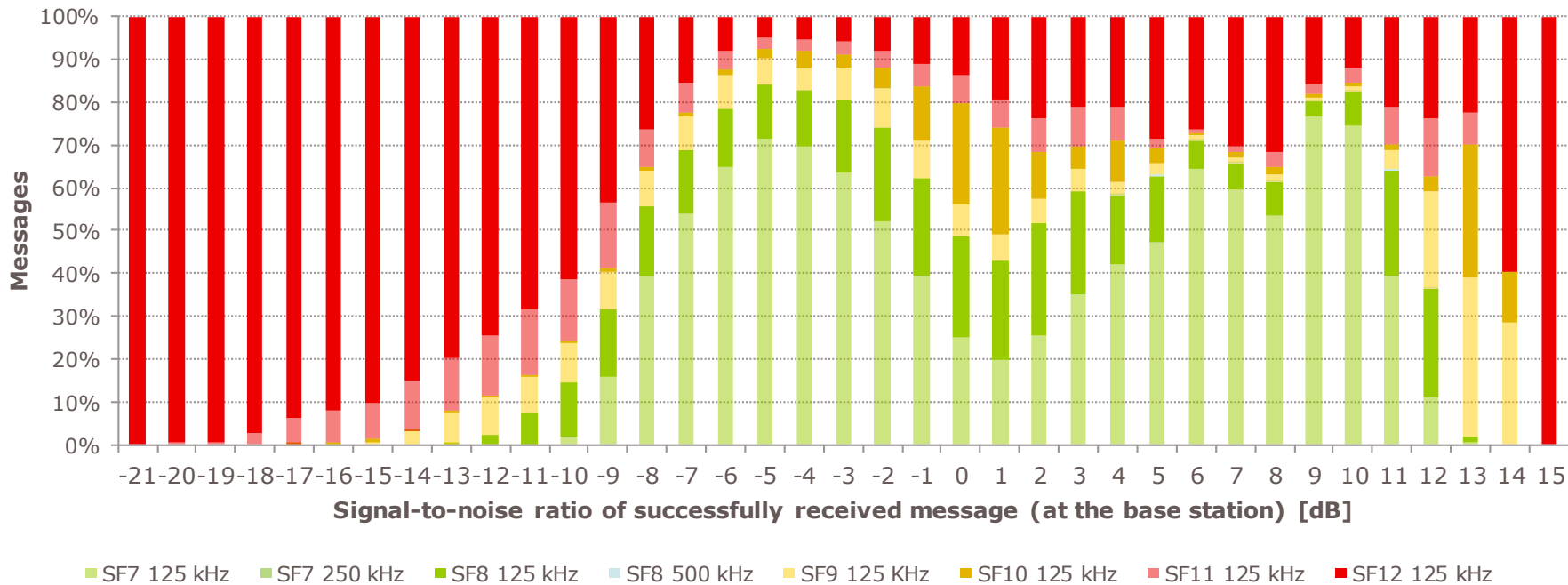
- LTE-M kan met gemak 40k apparaten per sector *per carrier* aan.
- Een LTE-M carrier is 200 kHz breed. Deze kan worden ingebed in bestaande LTE-carriers, en zelfs *dynamisch* worden *gealloceerd*.
- LTE-M bij voorkeur wel in de lagere frequentiebanden (800-900MHz).



Vergunningvrij LPWA IoT opschalen

- IoT-netwerken in vergunningvrij spectrum kunnen geen precieze 'power control' doen, waardoor inefficiëntie ontstaat, en cellen elkaar overlappen.
- Om dezelfde reden kunnen deze netwerken multiple access niet zo goed coördineren.
- Er zijn ook nog andere gebruikers in de vergunningvrije band (IoT of niet).

Spectrale efficiëntie (geïsoleerd)



LoRa lijkt hier niet goed in staat te zijn om de meest efficiënte modulatie te selecteren gegeven het signaalniveau.

Unlicensed IoT schalen = vermazing

- Vanwege de imperfecte power control moeten deze LPWA-netwerken het aantal devices terugbrengen om te schalen.
- Het toevoegen van basisstations veroorzaakt overlap, en de meeropbrengsten lopen terug. In het meest pessimistische scenario reduceert een extra basisstation de concentratie devices niet.
- Bij vermazing moeten basisstation en device hun zendvermogen verlagen.

Total device volume	Maximum number of devices per cell			
	20,000	30,000	40,000	50,000
1 million	3.2%	0.8%	0.2%	0.0%
2 million	27.2%	8.5%	3.2%	1.0%
3 million	68.7%	27.2%	12.4%	5.8%
4 million	89.5%	54.5%	27.2%	15.3%
5 million	95.5%	79.4%	46.9%	27.2%
6 million	97.5%	89.5%	68.7%	42.5%
7 million	98.3%	94.1%	82.9%	60.9%
8 million	98.8%	96.2%	89.5%	75.8%



Het nu beschikbare spectrum is **voldoende** om de verwachte vraag naar connectiviteit voor IoT te kunnen voorzien.

1. Er is enorme capaciteit en potentieel voor opschaling bij LTE-M
2. In de vergunningvrije band is er genoeg capaciteit mits op korte afstanden wordt gewerkt. Vermazing kan flexibel gebeuren daar de netwerken weinig planning vereisen.

Interferentie

LPWA IoT

Licensed

Unlicensed



Zelfde LPWA IoT-netwerk



Ander LPWA IoT-netwerk,
zelfde technologie



Ander LPWA IoT-netwerk,
andere technologie



Anderse legitieme
toepassing



Anderse niet-legitieme
toepassing



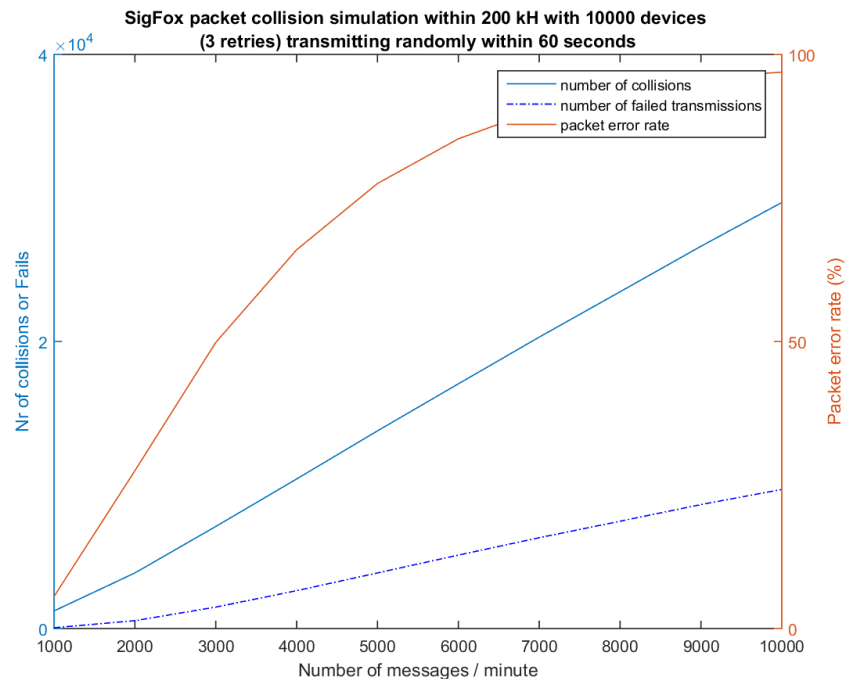
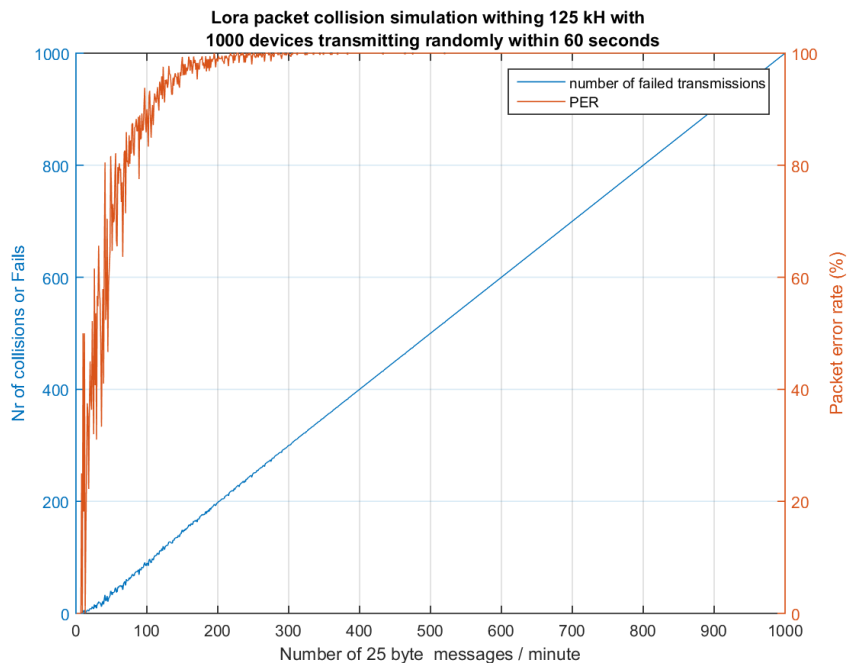


Het gebruik van vergunningvrij spectrum voor kritieke toepassingen levert risico's op ten aanzien van telekwetsbaarheid.



Het gebruik van
verschillende typen LPWA
IoT-technologieën in
dezelfde vergunningvrije
band leidt tot meer
interferentie en suboptimaal
gebruik van het spectrum.

Gevoeligheid van LoRa en SIGFOX



SIGFOX lijkt iets minder gevoelig te zijn voor interferentie dan LoRa, deels vanwege de 3-6 hertransmissies.

Interferentie: andere gebruikers

- LPWA IoT zal interferentie veroorzaken bij en ondervinden van bestaande gebruikers.
- Met name RFID en toepassingen die lange tijd continu zenden (draadloze microfoons) kunnen problemen veroorzaken.
- LPWA IoT basisstations hebben een downlink met groot bereik, wat de impact vergroot.
- Een short range device in de buurt van een basisstation kan interferentie veroorzaken die de hele cel 'platlegt'.

Interferentie tussen LPWA IoT

	Victim Systems	
Aggressor Systems	UNB	Spread Spectrum
Own network UNB	Re-transmission strategy part of normal operation. Dimensioned to contain clash probability to acceptable levels	N/A
Other network UNB	Increased uplink clashes can be mitigated by using more channels and additional base station processing. Frequency re-planning may be needed to avoid interference.	Difficult to avoid impact of multiple simultaneous interference across wideband carrier. Impact worse on uplink, reducing range with the potential for some nearby interferers to block base station receiver.
Own network Spread spectrum	N/A	Intra-system interference will constrain (uplink) capacity – particularly with imperfect power control. Splitting users into ‘near’ and ‘far’ groups on different frequency channels can reduce impact but may not be feasible for mobile/nomadic end-points.
Other network Spread spectrum	Difficult to avoid impact of multiple simultaneous interference across all overlapped UNB carriers. Impact worse on uplink, reducing range with the potential for some nearby interferers to block base station receiver. Co-located base stations employing power control would mitigate interference – making deployment co-ordinated.	Difficult to avoid impact of multiple simultaneous interference across all overlapped carriers. Impact worse on uplink, reducing range with the potential for some nearby interferers to block base station receiver. Co-located base stations employing power control would mitigate interference – making deployment co-ordinated.



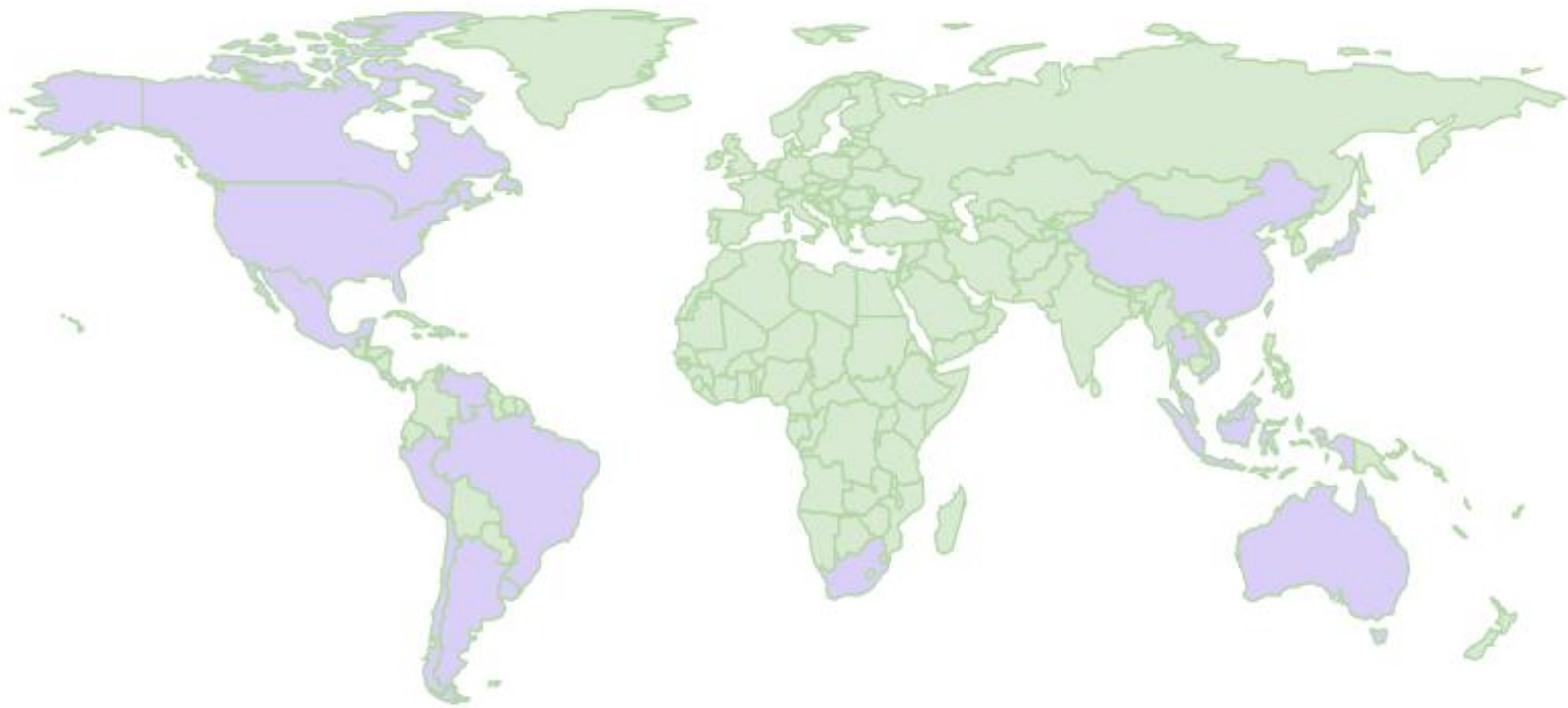
Wat zijn obstakels voor **toezicht**
en **handhaving** op draadloze
IoT-toepassingen?



Problemen die het gevolg zijn van interferentie met en tussen LPWA IoT-transmissies zullen vooral lokaal en intermitterend zijn.

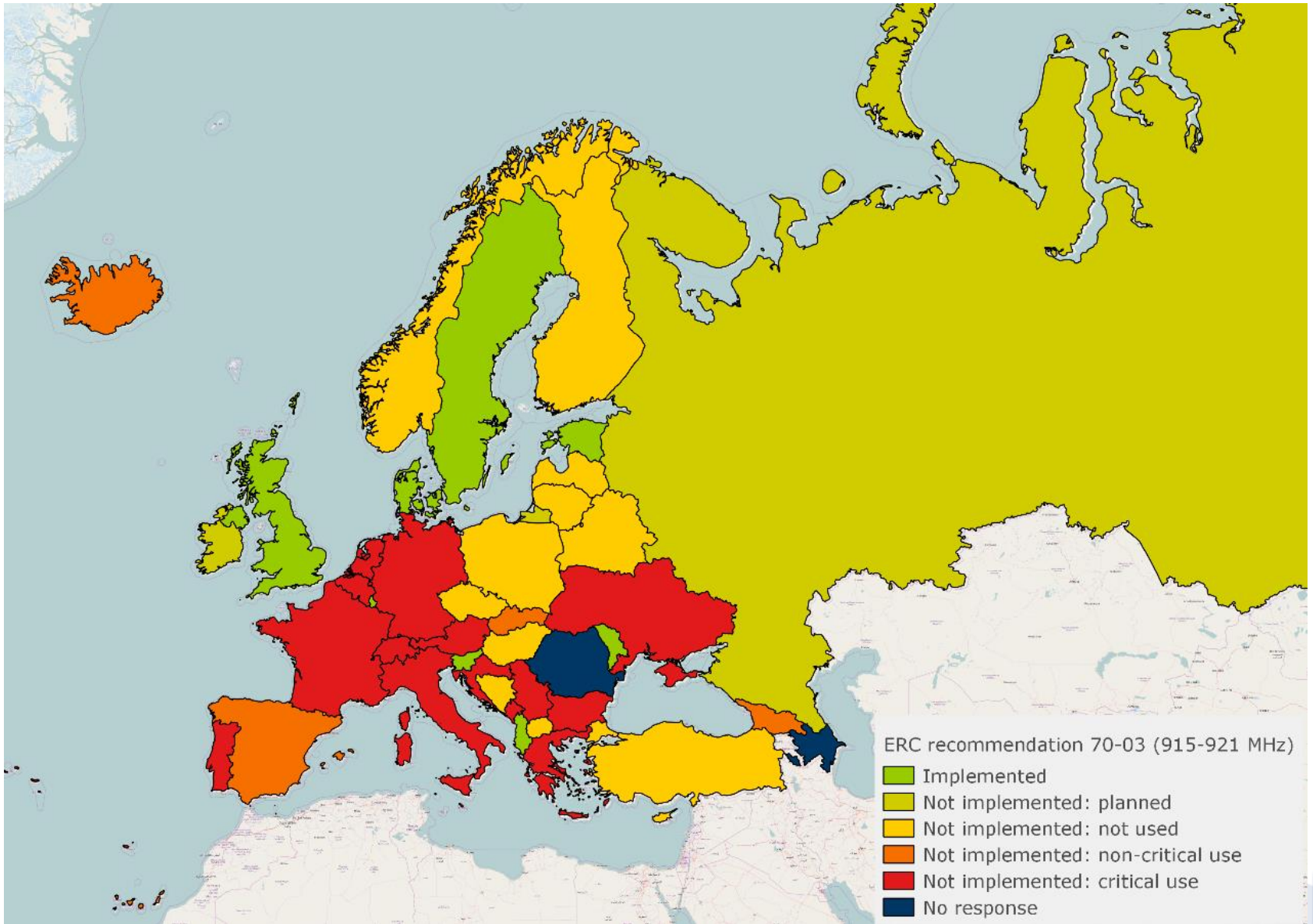


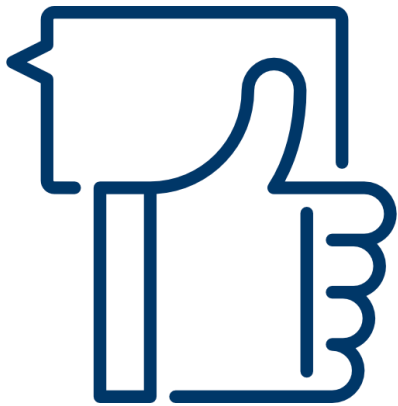
We verwachten interferentie van devices die van buiten Europa worden geïmporteerd, specifiek in de 902-928 MHz band.



902-928 MHz (Purple)

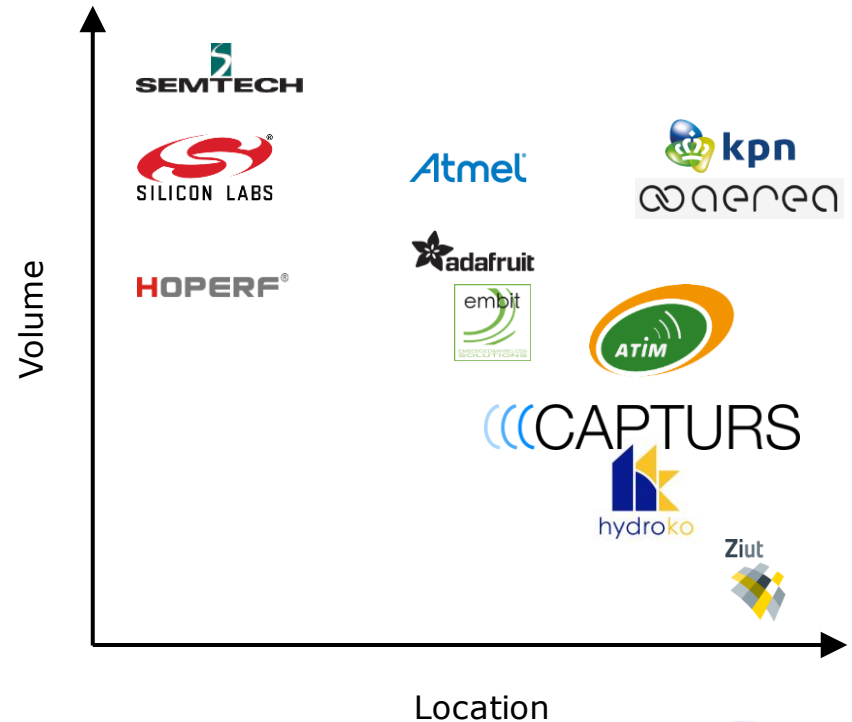
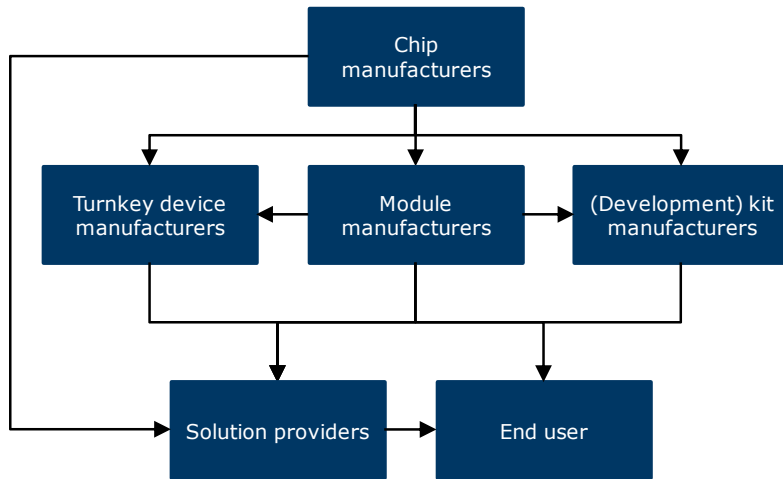
865-868 MHz (Green)





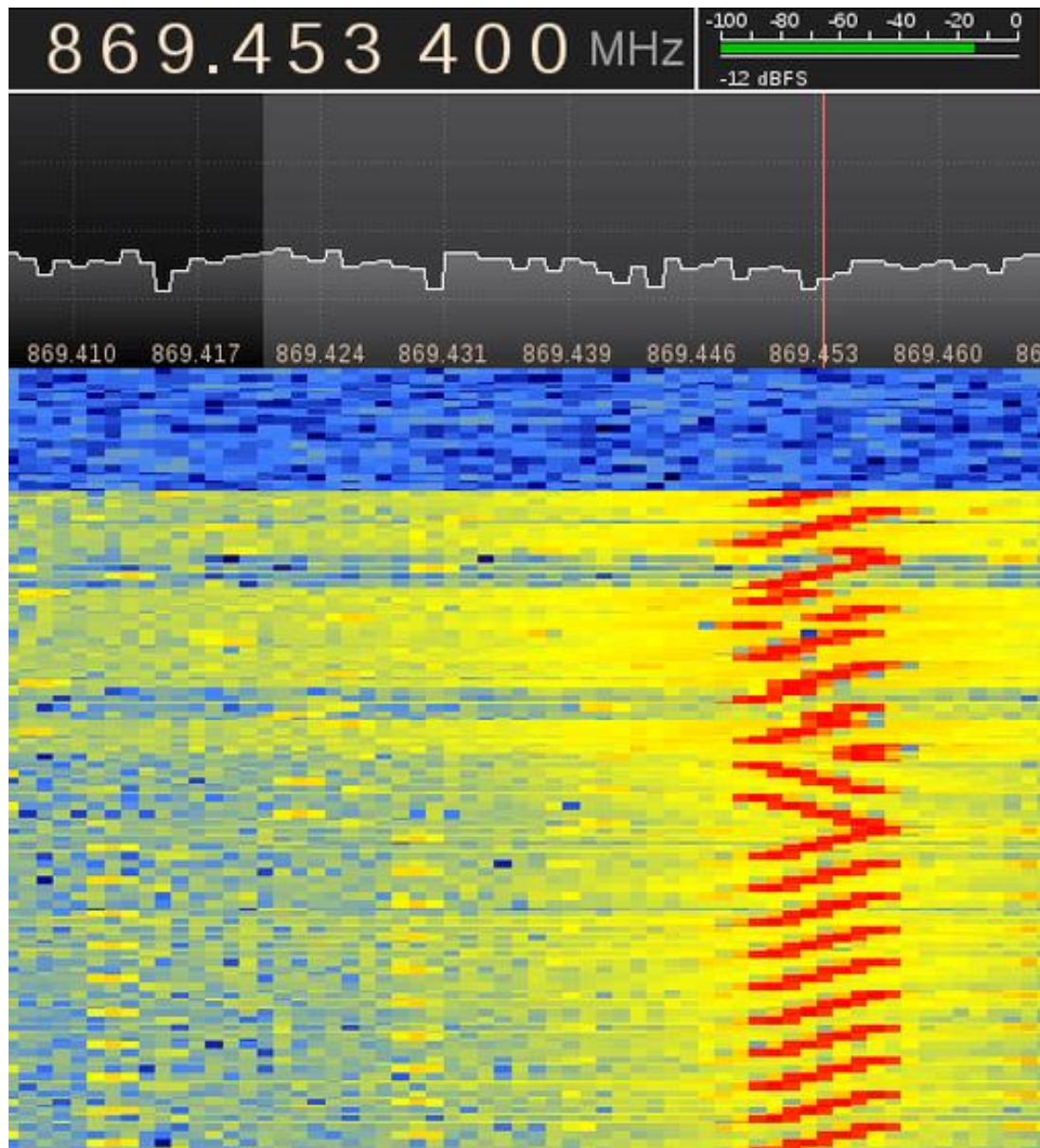
Het monitoren van handelsstromen is zeer lastig, vanwege de grote variëteit aan 'things'.

Trade flows: trade-off tussen locatie en volume

















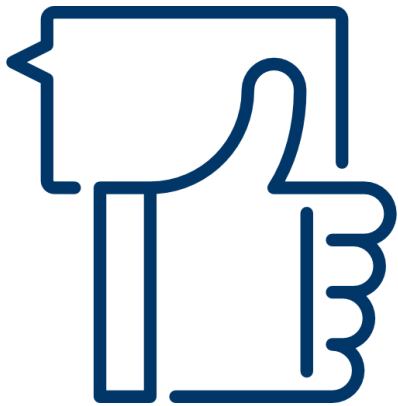
Traditionele monitoringinstrumenten kunnen, tot op zekere hoogte, worden ingeregeld voor monitoring van spectrumgebruik door wireless IoT.



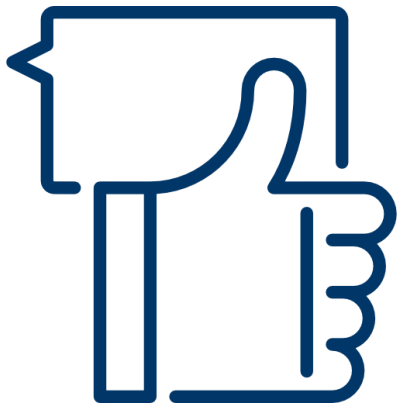
Monitoringstrategie

Nieuwe en oude tools gecombineerd:

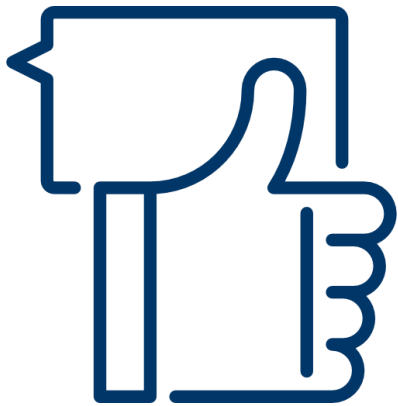
	National measurement network	Mobile measurement nodes	IoT network operator data	IoT measurement nodes
Wide/metro area	✓		✓	
Local/personal area		✓		✓
Resolution	  	  	  	  
1	Spectrum utilization by IoT			✓
2	Spectral efficiency of IoT		✓	✓
3	Detect generic issues related to IoT	✓	✓	✓
4	Troubleshoot specific interference issues		✓	



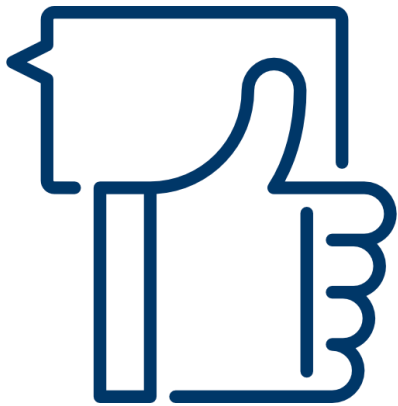
Instrueer operators en gebruikersgroepen om (potentiële) gebruikers van IoT LPWA in vergunningvrij spectrum te informeren over de mogelijke (toekomstige) risico's ten aanzien van beschikbaarheid en betrouwbaarheid.



Moedig operators van LPWA
IoT-netwerken in
vergunningvrij spectrum aan
om hun netwerken verder te
vermazen.



Onderzoek de mogelijkheden voor het gebruik van data van de IoT-netwerkoperatoren voor monitoringdoeleinden.



Alloceer op dit moment geen aanvullend spectrum voor LPWA IoT.

V & A

Tommy van der Vorst (vandervorst@dialogic.nl)

14 september 2016