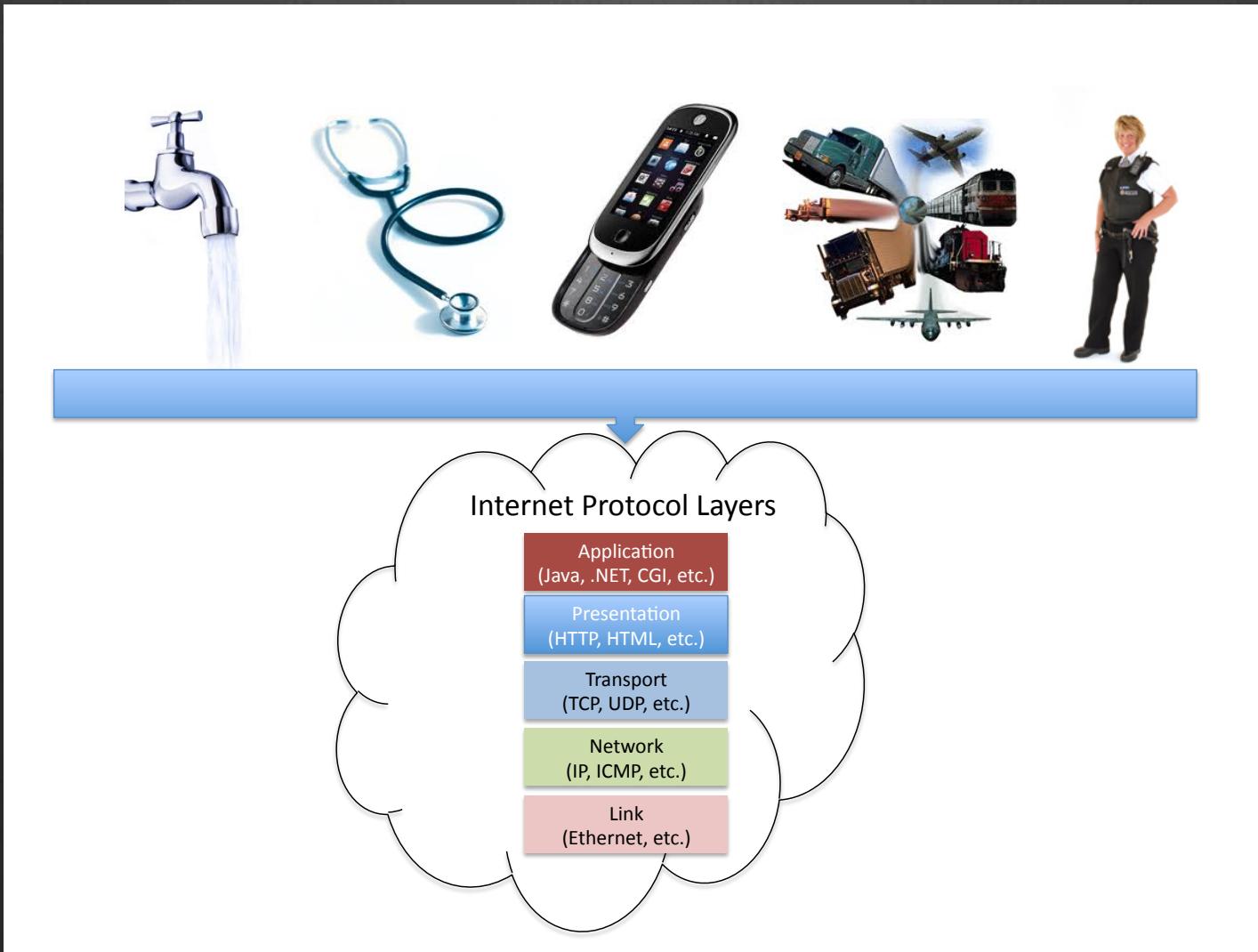


Robustness of Communications Infrastructures

Ahmed Elmokashfi

[**simula** . research laboratory]

A single infrastructure of Failure



Recently, large scale infrastructure failures have disrupted vital services

The collage consists of several news snippets from different Norwegian media outlets, all reporting on significant service disruptions:

- digi.no**:
 - Haslund sliter med fiber-brudd** (Haslund struggling with fiber optic break)
 - Telefeil rammet tusenvis** (Telecommunications failed thousands)
 - Telenor nede for telling** (Telenor down due to talking)
- a91.no**:
 - En nettverksfeil lammet bank-Norge** (A network failure paralyzed bank-Norway)
- Nettavisen.no**:
 - Jeg er uavhengig av mobilben og mobilt bredbånd - Utan dekning stopper hele systemet opp** (I am independent of mobile broadband and mobile broadband - Without coverage the entire system stops working)

Text snippets from the articles:

- "Haslund sliter med fiber-brudd": "Av Einar Ryvarden, mandag 29. august 2005 kl 11:34
Hovedkjennetegn til Haslunds språk-og nä har ikke deles av Oslo Kommune og andre kunder kontakt med nettet. På grunn av omlegging av Ring 1 rundt Oslo, startet Haslund arbeide med sine fiberoptiske kabler på Økern i høst. Anledningen var at flere kabelkonsesjoner ikke hadde fått tilgang til å få inn tilgang til ringen. Det resulterte i at kundene som hadde sin internettforbindelse, ikke kunne få tilgang til internettet. Vi selger ikke kapasiteten direkte, men jeg vet at Oslo Kommune er en av kundene. Forteller informasjonssjef Kjetil Stampaard til dig.no."
- "Telefeil rammet tusenvis": "Av Einar Ryvarden, mandag 29. august 2005 kl 11:34
5000 langs Helelandsstyken var uten telefonforbindelse i dag.
- Vi har fått opp en reservelanser, og har fått opp forbidenes igjen, opplyser informasjonssjef i Telenor, Per A. Meling til adressa.no. Reservelanseringen var i virkningen rundt 14:30-tiden i dag, og en permanent lossing regner man med å ha på plass så snart som mulig."
- "Telenor nede for telling": "Av Einar Ryvarden, fredag 10. juni 2011 kl. 14:14
Ved 14-tiden er det umulig å få tak i Telenors informasjonsavdeling på telefon. Kunder fra alle deler av landet erfarer at mobilnettet er nede.
- Vi opplever for tiden feil på vårt mobilnett. Det kan tyde på at det er en større fellesfeil som rammer flere landsdeler og vi venter fortsatt på info rundt dette. Vi vil komme med oppdatering etterhvert som vi får mer informasjon. Vi beklager meget ulympende dette medfører, skriver selskapet på sin Facebookside.
- "En nettverksfeil lammet bank-Norge": "Av Einar Ryvarden, onsdag 23.09.2009 kl. 10:00
Over 500 000 mobilkunder ble rammet da mobilnettet til både Telenor og NetCom brøt sammen. Kjentkunst mobiltelefon brøt ikke først brudd, raderer Post- og telefondirektør PER ANDERS JOHANSEN til Adresseavisen. - Det var et teknisk feil i programvaren til Telenor som først gikk ut i sentralen hos NetCom. Dette var nok relativt enkelt, ifølge Post- og telefondirektørminister Liv Ingjerd Haugland. - Etterhvert som vi fikk informasjon om at det var et teknisk feil som gjorde at mobilnettet ikke fungerte, så kom vi til å kontrollere om det var et teknisk feil i programvaren hos NetCom, forteller Geir Volden til Post- og telefondirektør. Oppdat 500 mobilkunder på Østlandet ble rammet av feilen.
- "Jeg er uavhengig av mobilben og mobilt bredbånd - Utan dekning stopper hele systemet opp": "Av Einar Ryvarden, onsdag 23.09.2009 kl. 10:00
Over 500 000 mobilkunder ble rammet da mobilnettet til både Telenor og NetCom brøt sammen. Kjentkunst mobiltelefon brøt ikke først brudd, raderer Post- og telefondirektør PER ANDERS JOHANSEN til Adresseavisen. - Det var et teknisk feil i programvaren til Telenor som først gikk ut i sentralen hos NetCom. Dette var nok relativt enkelt, ifølge Post- og telefondirektørminister Liv Ingjerd Haugland. - Etterhvert som vi fikk informasjon om at det var et teknisk feil som gjorde at mobilnettet ikke fungerte, så kom vi til å kontrollere om det var et teknisk feil i programvaren hos NetCom, forteller Geir Volden til Post- og telefondirektør. Oppdat 500 mobilkunder på Østlandet ble rammet av feilen.

Assessing communication
infrastructure robustness is an
intricate task

The Infrastructure is a black box

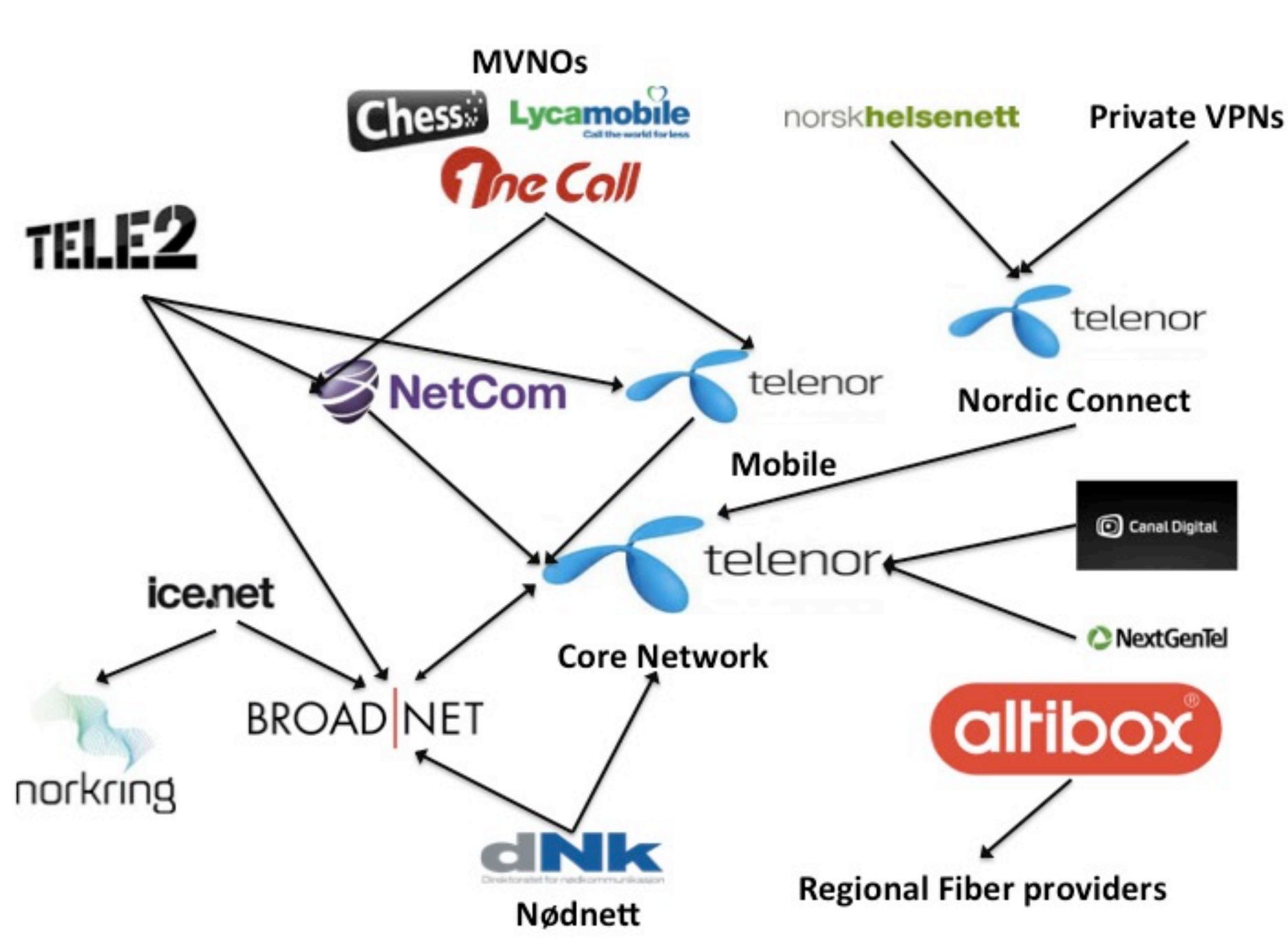
No information about the underlying topologies.

No information about peering points and SLAs between operators

No information about routing strategies

No information about shared dependencies between operators

...Information that we will unlikely ever have...



Robustness is a complex notion that encompasses several other concepts

Resilience

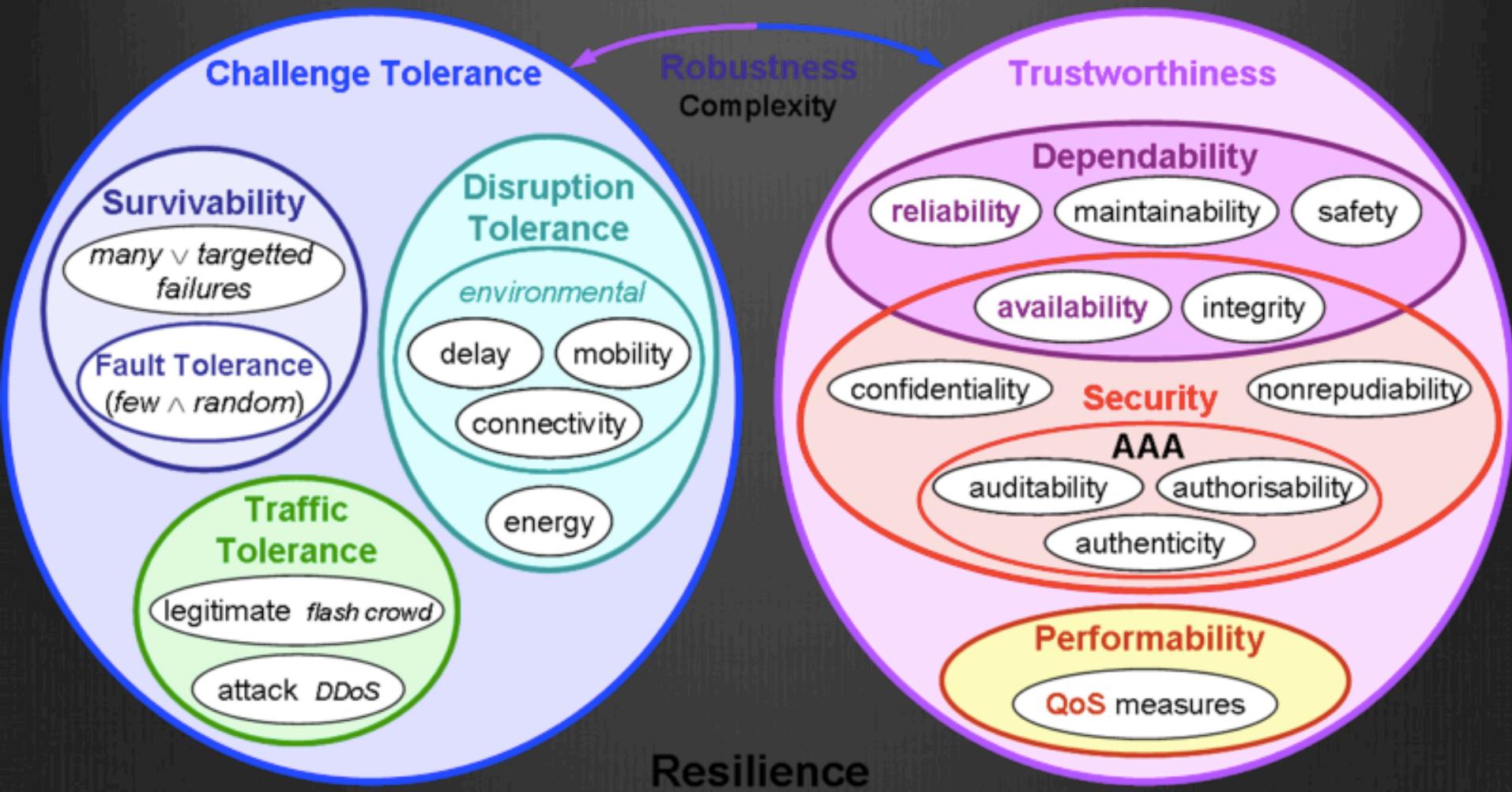
Ability to recover from failures

Survivability

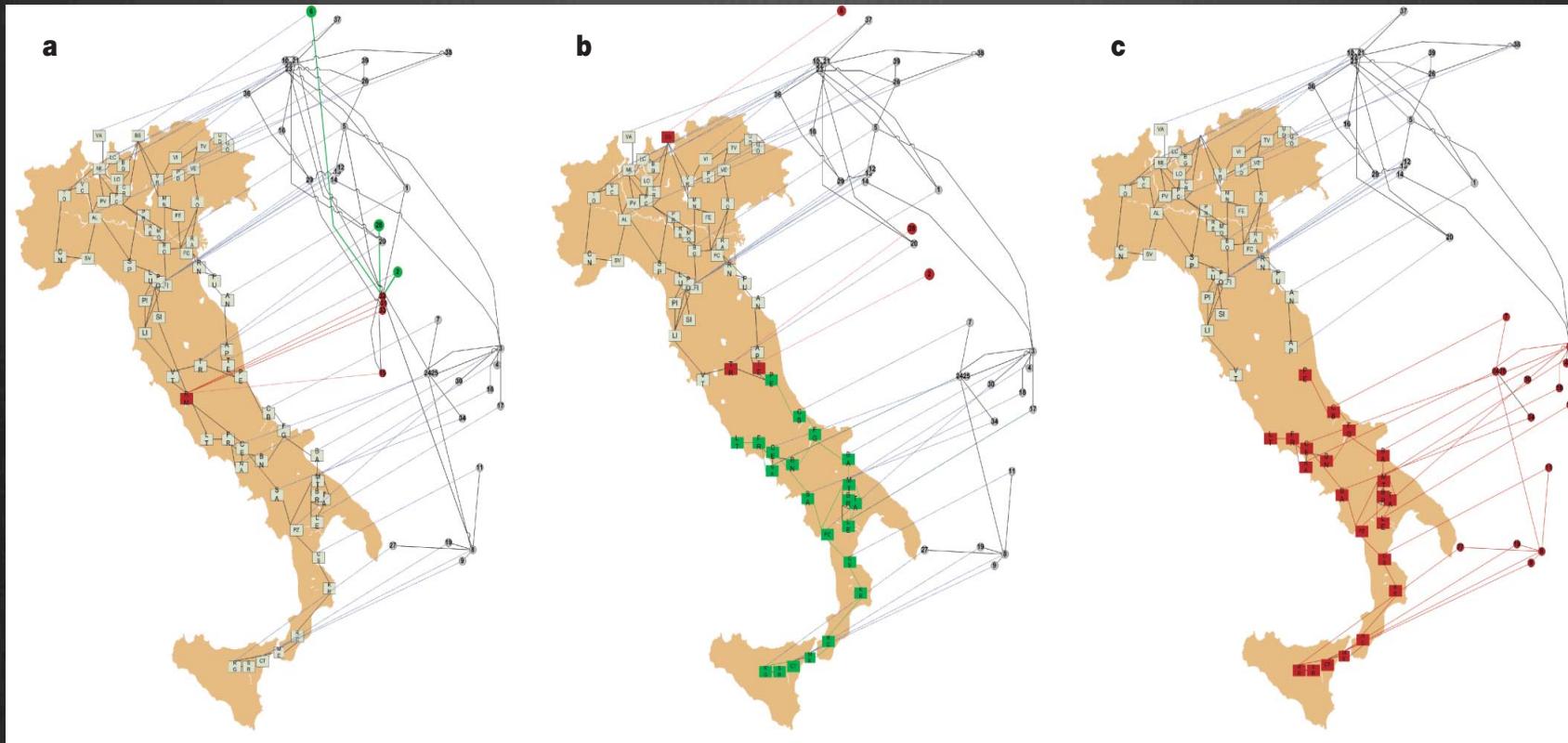
Ability to continue functioning post outages and disasters

Reliability

Ability to provide a predictable service level



We are no longer talking about a single infrastructure



Robustness properties of interdependent networks differ qualitatively from a single network

Source: Buldyrev et. al "Catastrophic cascade of failures in interdependent networks" Nature 2010

Where are we today?

- ◆ Lack of systemic approach: Regulators are left with post- incident reports submitted by the operators
- ◆ No consensus on metrics and measures
- ◆ Just started scratching the surface on assessing interdependent reliability

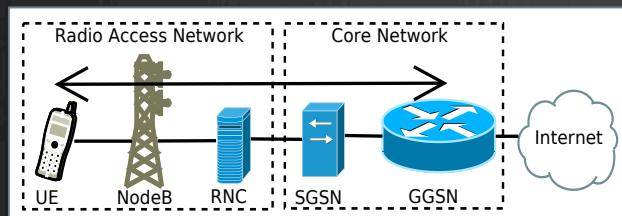
Measurements
to understand the infrastructure

Test implementations
to see how we can utilize that
knowledge in practice

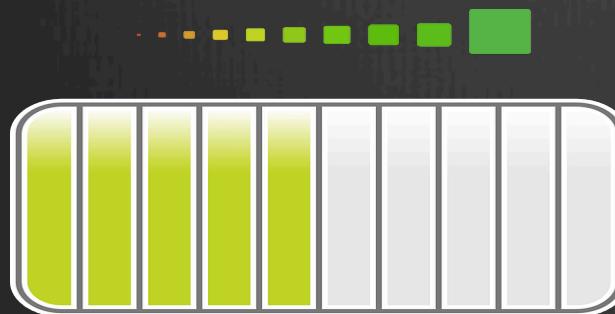
Three approaches for measuring communications infrastructures



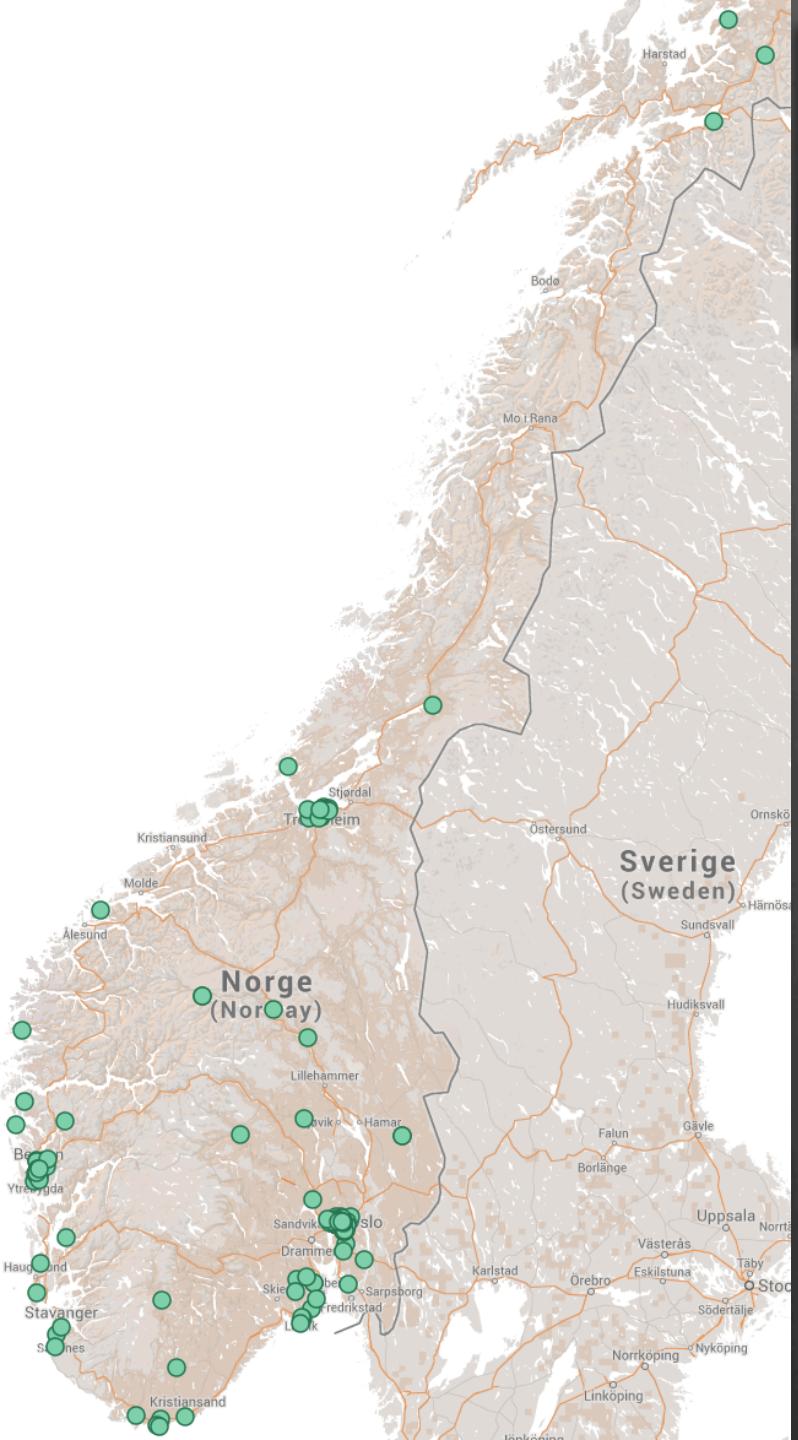
Crowd sourcing



Operators' logs



Dedicated
measurement setup



- Over one hundred dedicated measurement nodes all over Norway
- connected to 4 UMTS and 1 CDMA networks in Norway

System overview

Measurement servers



Management and data repository



Measurement traffic

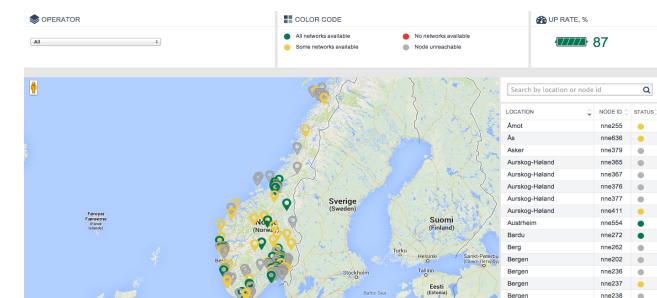
Management traffic
Measurement results

Database queries

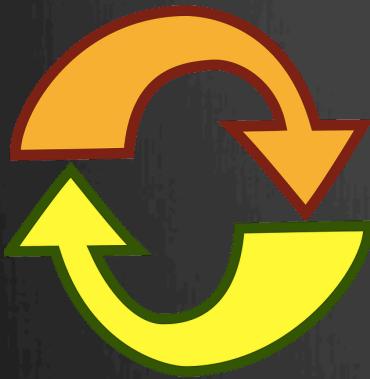


Measurement nodes

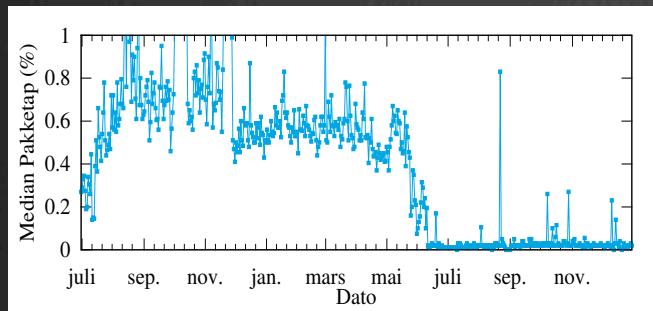
Visualization



NNE is characterized by a set of key features that make it suitable for assessing robustness



Reproducible continuous measurements



Capture time evolution

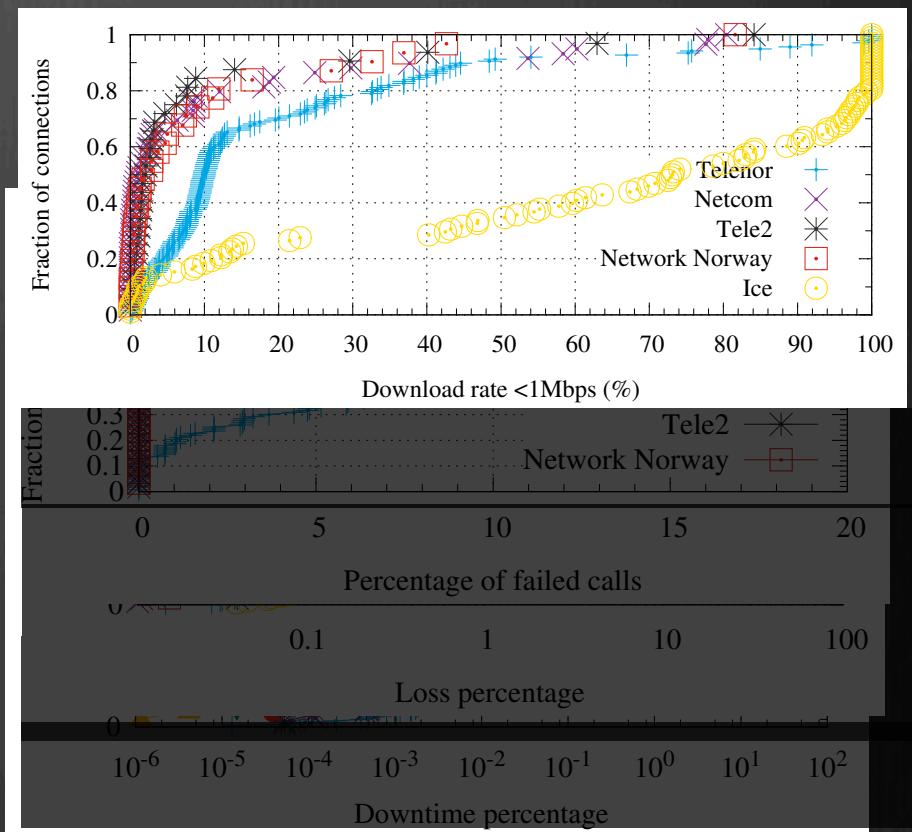


Rich metadata

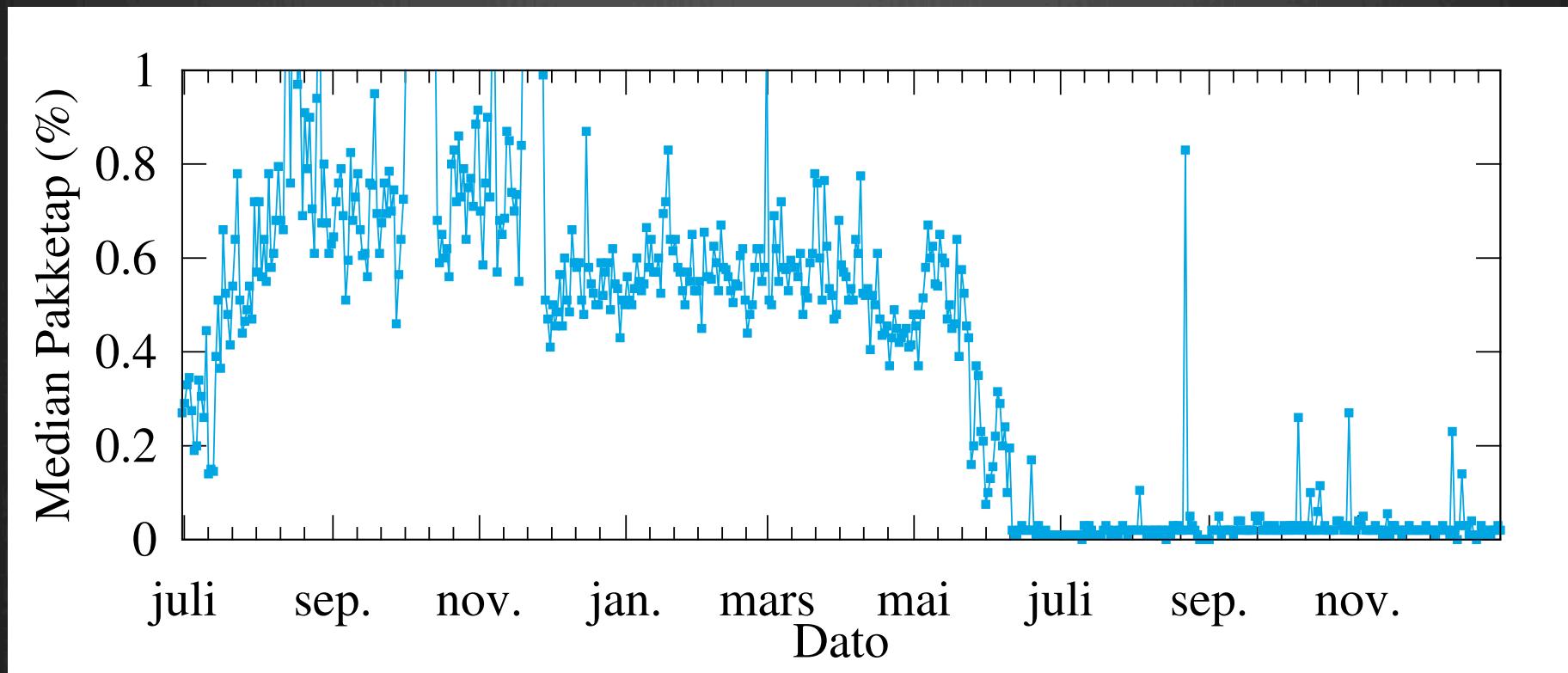
Robustness and reliability need to be assessed at multiple levels



- Performance (download speed)
- Useful connection (can use VoIP)
- Data connection (can send packets)
- Registration in the network

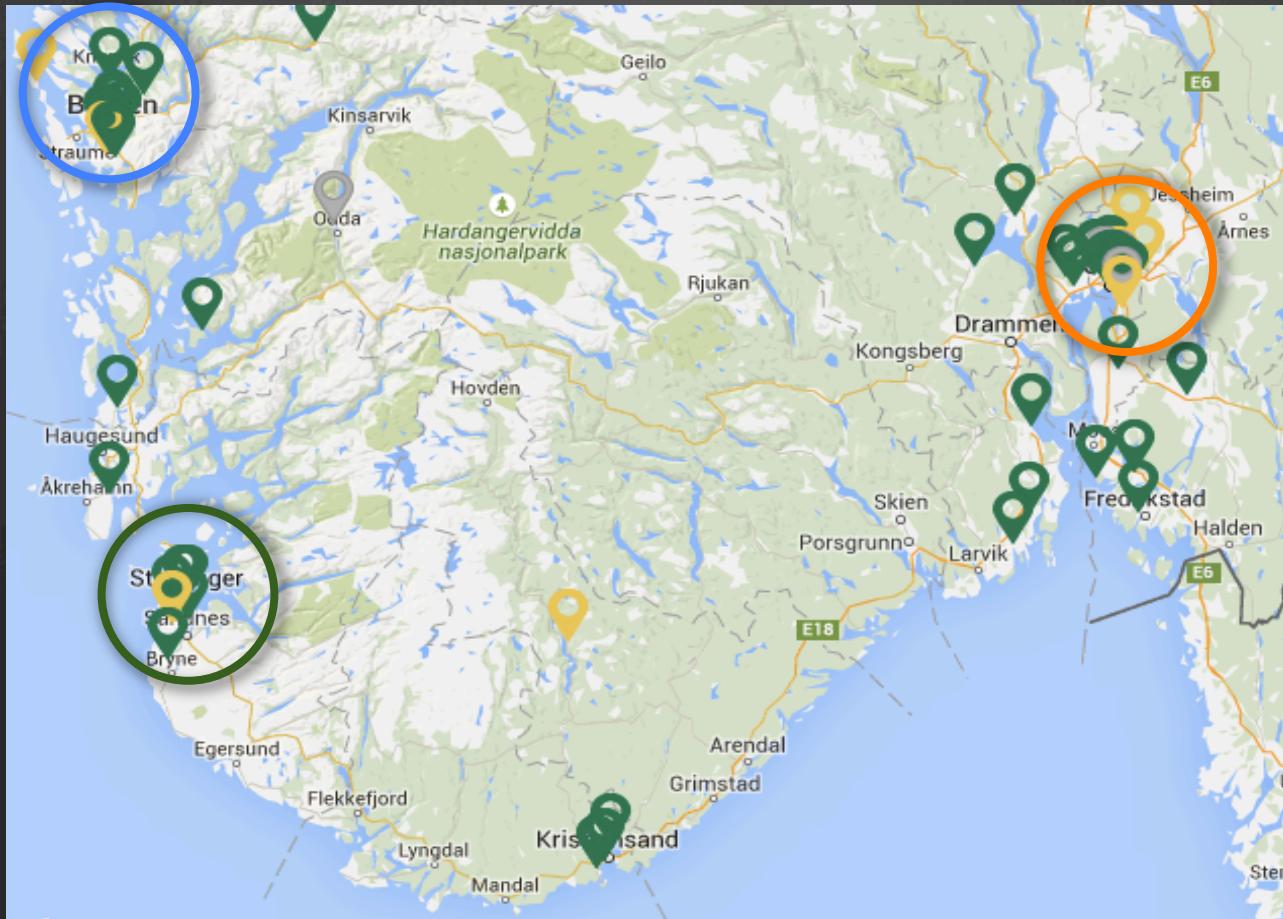


Our framework identified sub-optimal configurations in one of the measured networks



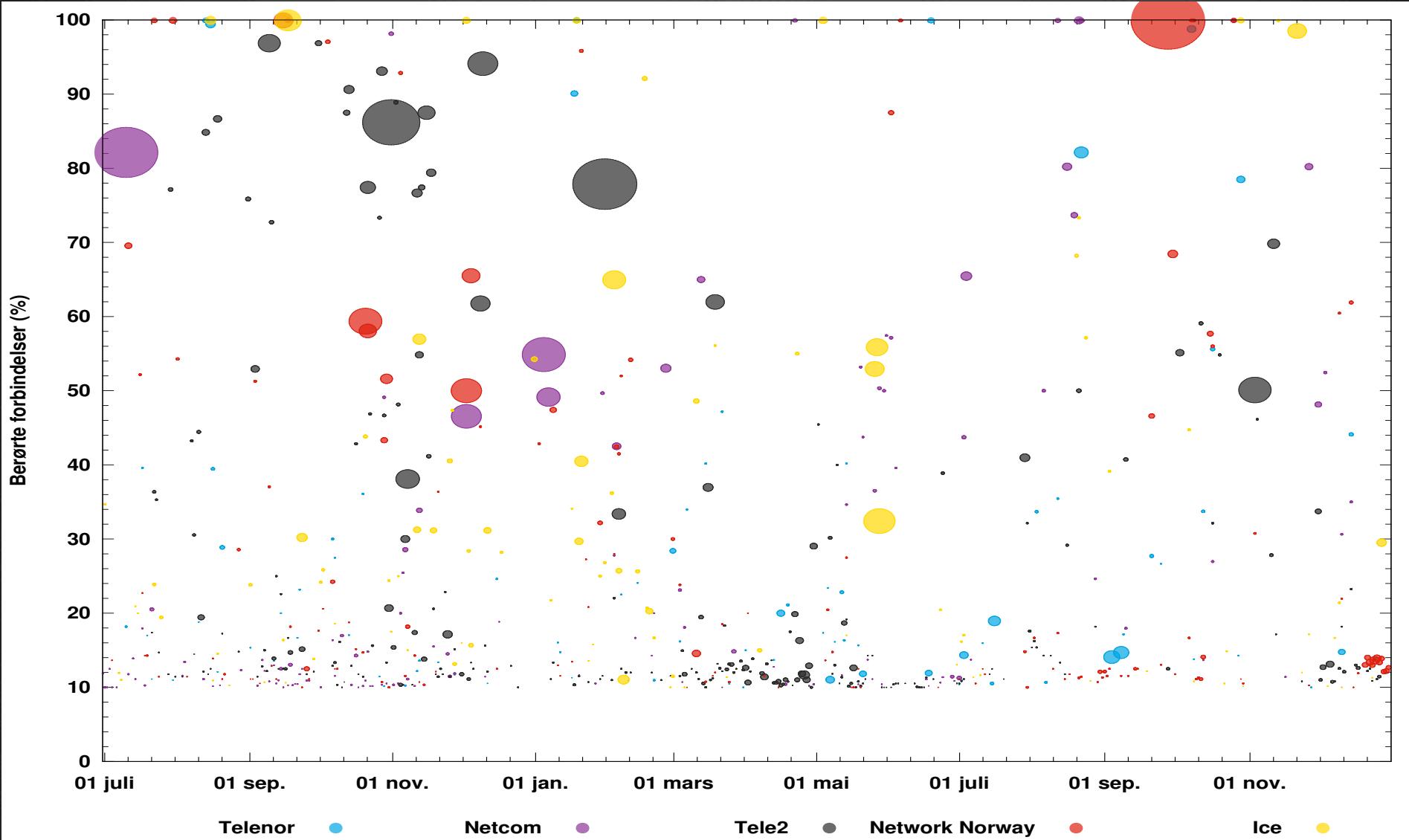
Baltrunas, Elmokashfi, and Kvalbein “ Dissecting packet loss in mobile broadband networks from the edge” Infocom 2015

The geographic spread of our nodes helps differentiating local, regional and global failures

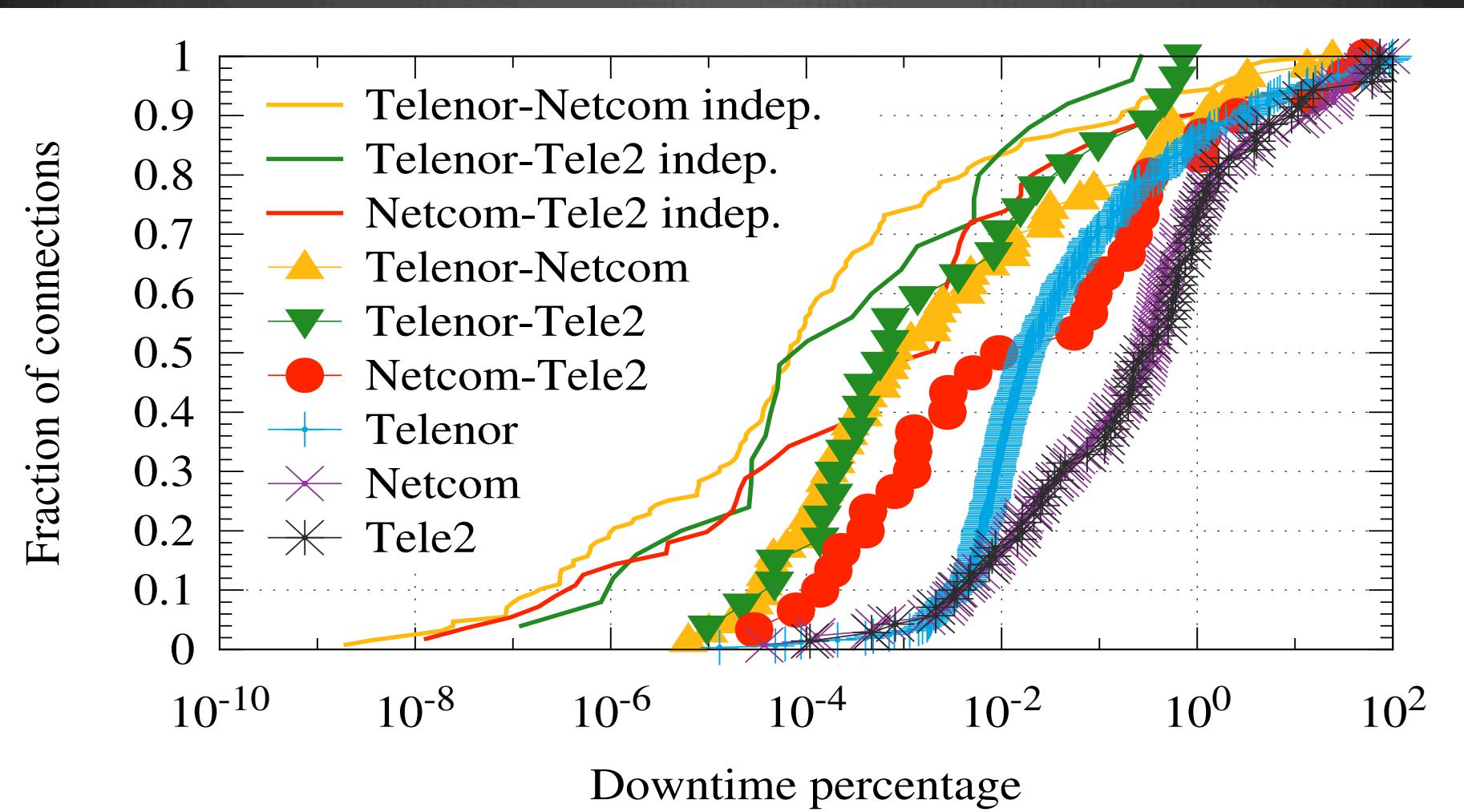


Baltrunas, Elmokashfi, and Kvalbein “ Dissecting packet loss in mobile broadband networks from the edge” Infocom 2015

Measurements from the edge can sometimes reveal outages not seen by operators



Leveraging multi-connectivity enhances connection-stability significantly





Core

National
infrastructure for
experimental network
research

simula . research laboratory



UiO : Universitetet i Oslo

Høgskolen i Østfold

UNIVERSITETET
I AGDER



A few takeaways

- ◆ Continuous end-to-end measurements are crucial for assessing the reliability and robustness of communication infrastructures
- ◆ Measuring and reporting on live infrastructures and systems trigger a very dynamic process that eventually lead changing the properties and structure of these networks
- ◆ More efforts are needed for standardizing measurement metrics and methodology

MONROE is taking NorNet to the European stage

[simula]

Simula Research Laboratory AS
<https://www.simula.no/>
(Norway)



IMDEA Networks Institute
<http://www.networks.imdea.org/>
(Madrid, Spain)



Karlstads Universitet (KAU)
<http://www.kau.se/en>
(Sweden)



Politecnico di Torino (Polito)
<http://www.polito.it>
(Turin, Italy)



GOWEX WIRELESS, S.L.
<http://www.gowex.com>
(Madrid, Spain)



Celerway Communication AS
<http://celerway.com/our-story/>
(Norway)

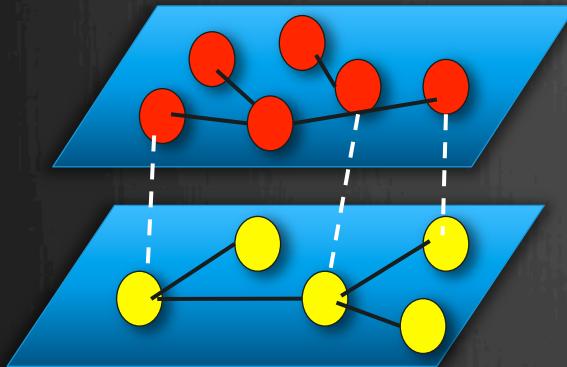


Telenor ASA
<http://www.telenor.com/>
(Norway)

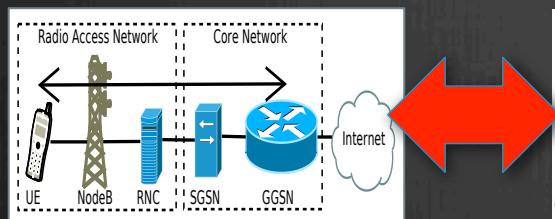


Netett Sverige AB
<http://www.net1.se/>
(Sweden)

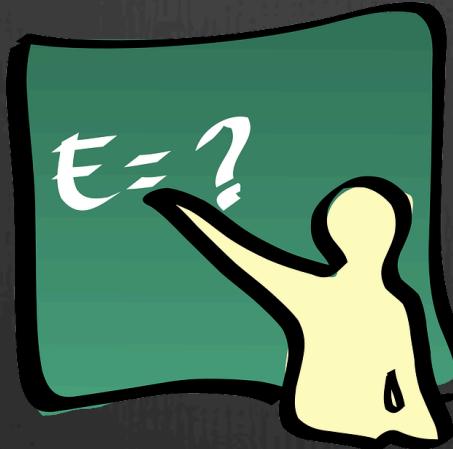
Key next steps



Assessing interdependence
between networks



Better metrics and
coverage



Theoretical
foundations?

Please help us increasing NNE's
footprint

Email me at ahmed@simula.no if you can host a
node