

Koordinerad spänningsreglering i nät med distribuerad produktion

Programmet Elnätens digitalisering och IT-säkerhet
Energiforsk

8:e November 2022
Energiföretagen



- Alexander Svensson
- Engineer, DNV

Sammanfattning

- Vi har i studien utnyttjat omriktarna i anslutna produktionsanläggningar, för att med ett reglerat utbyte av reaktiv effekt även reglera spänningen
- Att sänka spänningen och på så sätt öka den möjliga effektinmatningen i befintlig nätstruktur, har visat sig vara effektivt
- Effektinmatningen kunde öka med 20-30% i relativt ansträngda driftsituationer
- Ett stadsnät och ett landsbygdsnät har studerats
- Två olika metoder har använts:
 - ökning i en inmatningspunkt åt gången medan övriga hölls konstanta (metod 1)
 - proportionell ökning av produktionen i samtliga inmatningspunkter (metod 2)



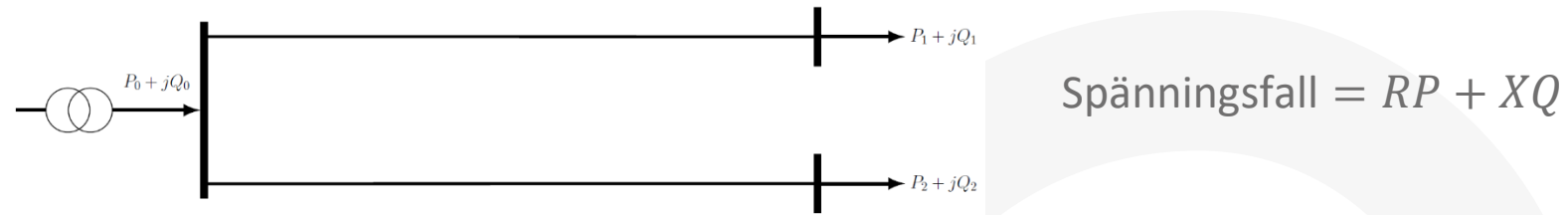
Bakgrund

- Distribuerad produktion i låg- och mellanspänningsnät påverkar spänningen i näten
- Spänningsreglering sker normalt endast med lindningskopplare i matande station på MV-nivå
- I radialer med stor last sker spänningsfall längs radialen
- I radialer med mycket produktion sker spänningsökning längs radialen
- Det kan bli svårt för lindningskopplaren att hålla spänningen 400/230 V (+/- 10%) till alla kunder
- Spänningsregleringen kan därför bli gränssättande för hur mycket produktion som kan hanteras i ett visst låg- eller mellanspänningsnät
- Om produktionsenheterna bidrar till spänningsregleringen borde mer produktion kunna installeras
- Om man dessutom har kommunikation mellan kritiska punkter (dvs nätets ändar), produktionsenheter och lindningskopplaregleringen skulle man kunna tillåta ännu mer produktion i området

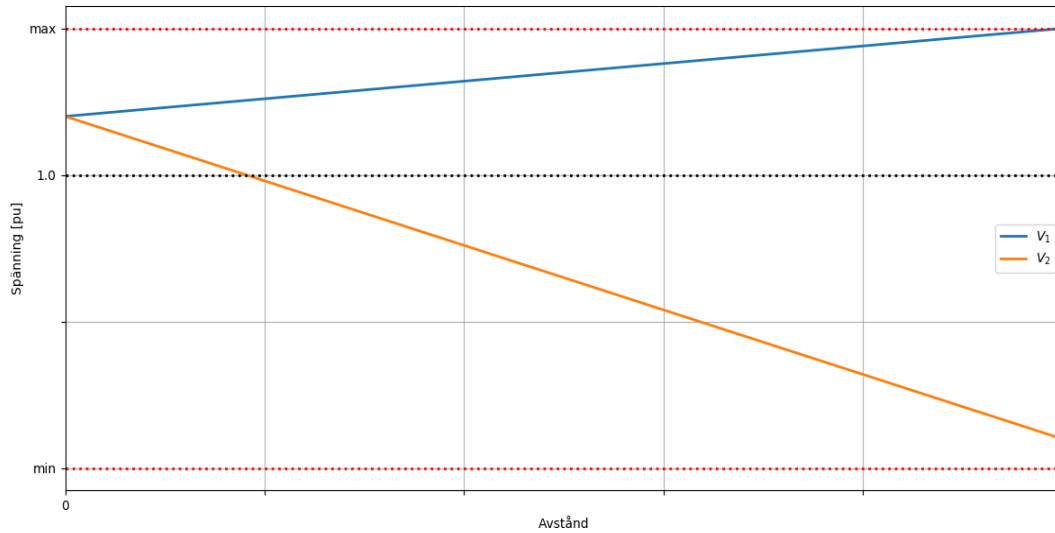
Mål – Syfte - Ansats

- **Målet** med projektet är att ta fram metoder och principer, tillämpliga i dagens digitaliserade och IT-säkerhetsklassade hård- och mjukvarumiljö, för koordinerad spänningsreglering i komplexa eldistributionsnät med olika typer av produktion, och varierande nätbelastning.
- **Syftet** är att skapa möjlighet för en högre andel distribuerad förnyelsebar generering genom att den koordinerade spänningsregleringen möjliggör en optimerad styrning för att hålla spänningen inom tillåtna gränser.
- Två typnät med verklighetsbakgrund har studerats – **Tätort** respektive **Landsbygd**
- **PowerFactory** har använts som beräkningsverktyg
- **Metod 1:** Studera testpunkterna var för sig, dvs öka produktionen i en punkt åt gången
- **Metod 2:** Öka produktionen i alla testpunkter samtidigt och proportionellt lika mycket
- **Risker och möjligheter** adresseras i avsnittet om kommunikation och cybersäkerhet

Spänningsreglering i dagens mellanspänningsnät



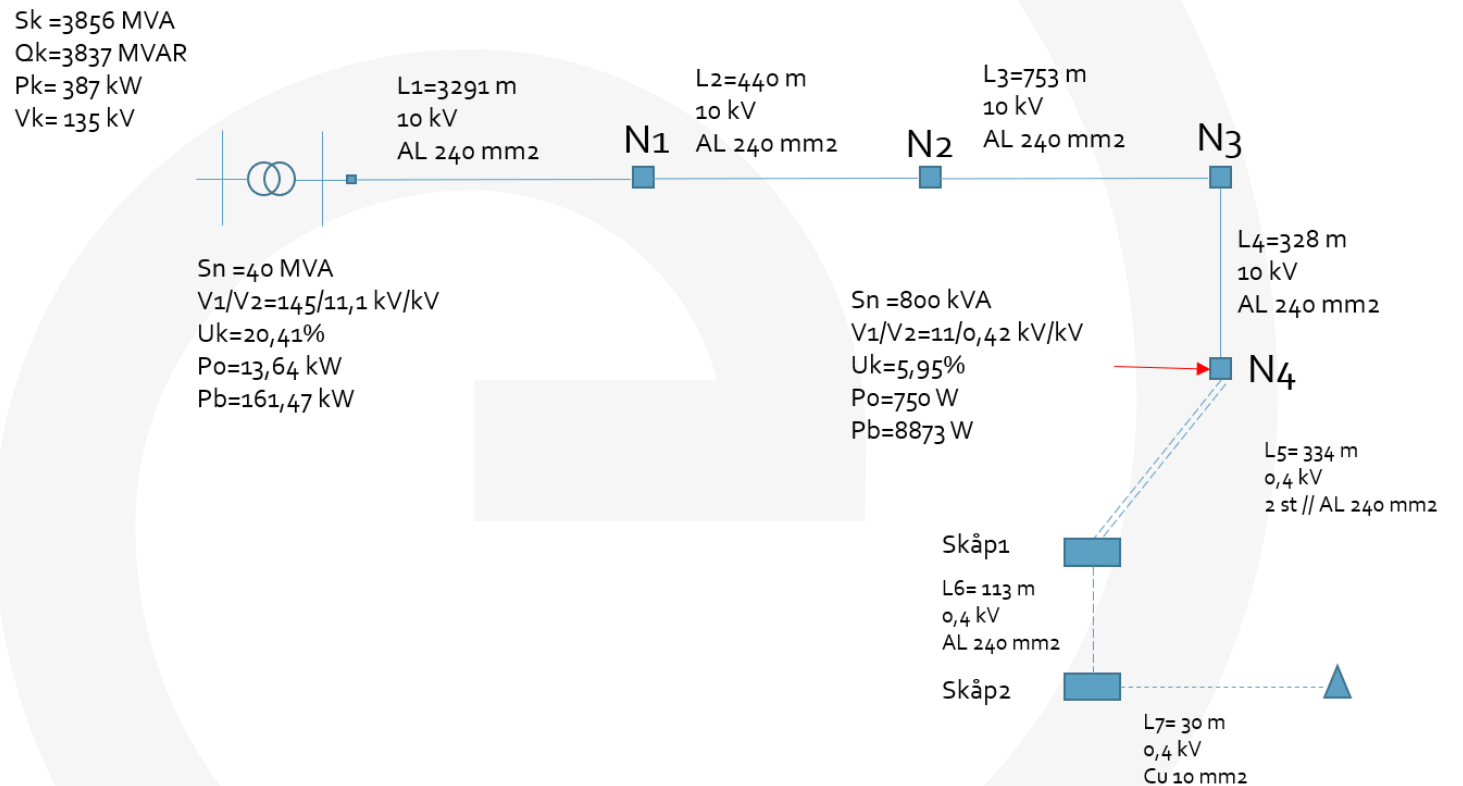
$$\text{Spänningsfall} = RP + XQ$$



$$P_1 < 0, P_2 > 0$$

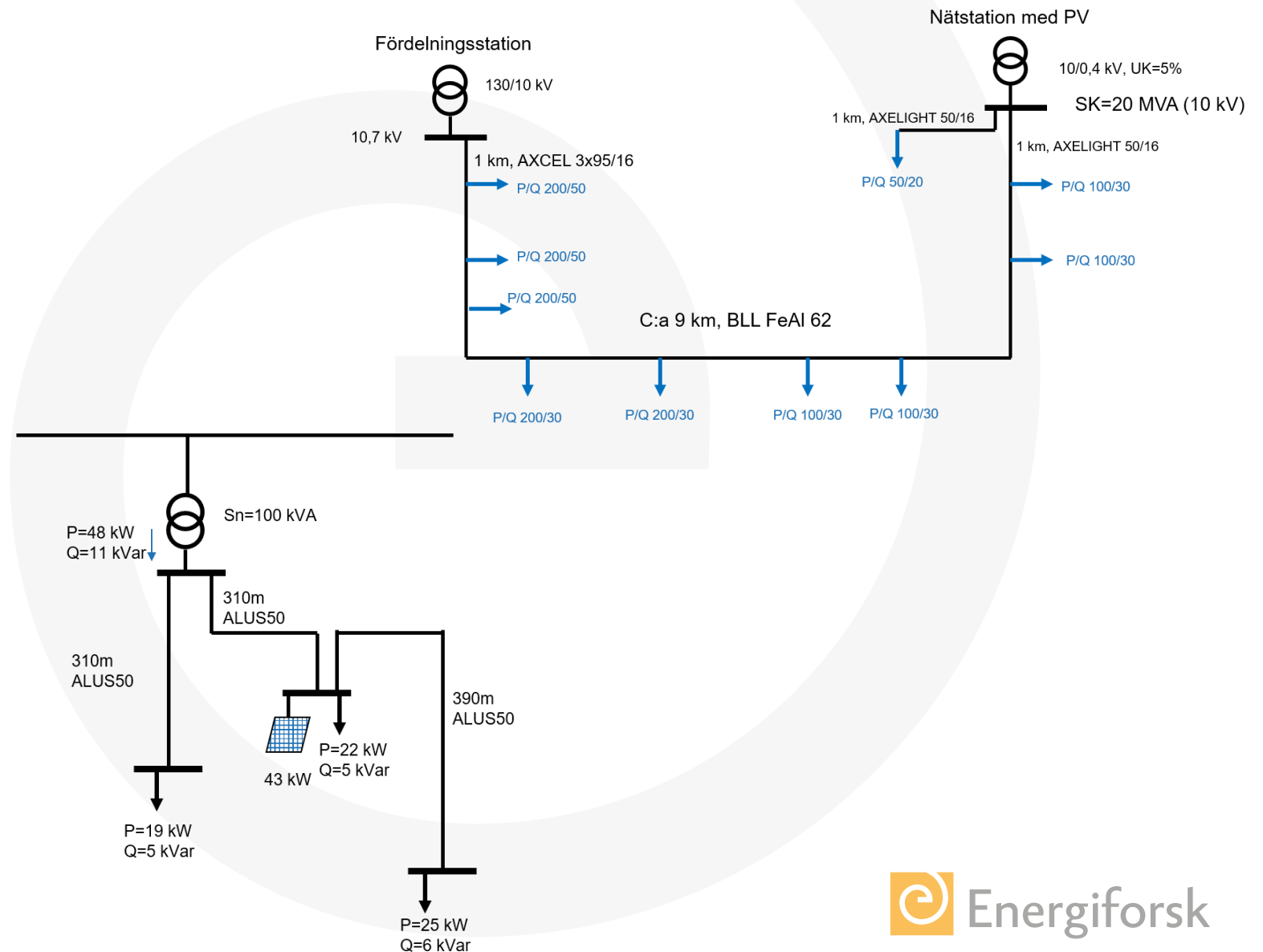
Beräkningsstudie - Tätort

- Nätet för tätort är baserat på ett exempelnät från Göteborgs Energi.
- Två grenar från fördelningsstationen modellerade, en med bara last och en med både last och solceller.
- Alla laster och solceller finns på 400 V nätet, under de fyra nätstationerna N1, N2, N3 och N4.



Beräkningsstudie - Landsbygd

- Nätet för landsbygd är baserat på ett exempelnät från Vattenfall.
- Två grenar från fördelningsstationen modellerade, en med bara last och en med både last och solceller.
- Laster och solceller på både 10 och 0,4 kV, men för 0,4 kV bara under 'Nätstation med PV'.



Beräkningsstudie - Utgångsfall

- I första hand tas produktions- och lastdata från exempelnätet, och om data saknas används generella typvärden på last och solceller.
- Lasterna har alltid $\cos(\phi) = 0.95$.
- Solcellerna har i utgångsfallet alltid $\cos(\phi) = 1$.
- Lindningskopplaren till transformatorn i fördelningsstationen väljs så att spänningen längst ut på grenen med last blir nära 0.90 p.u. och längst ut på grenen med både last och produktion blir nära 1.10 p.u.
- Lasterna och solcellerna finjusteras sedan så att **extremspänningarna blir 0.90 respektive 1.10 p.u. i vardera änden.**

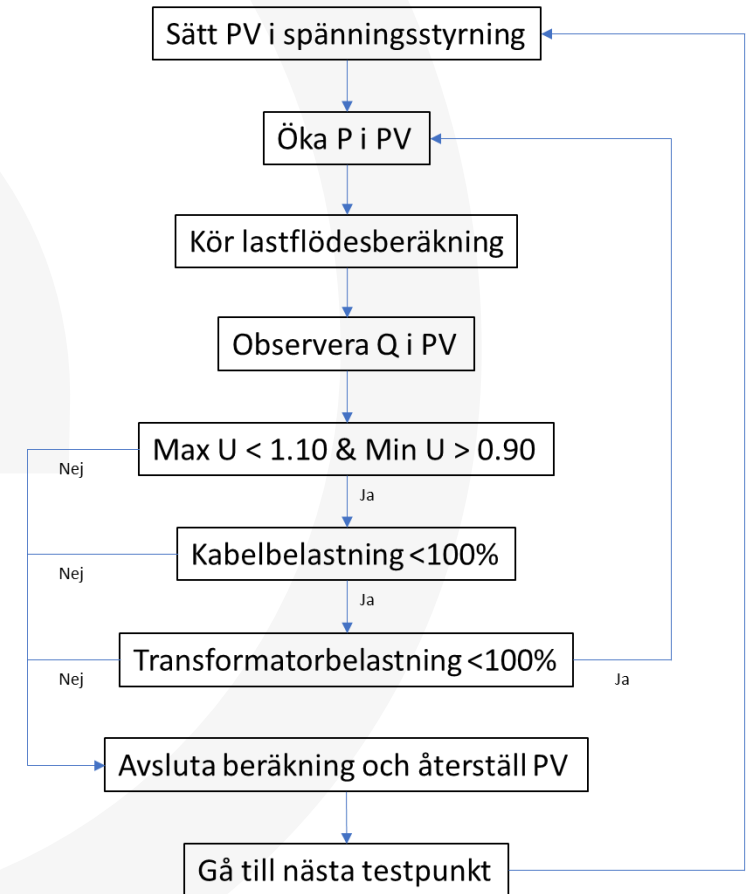
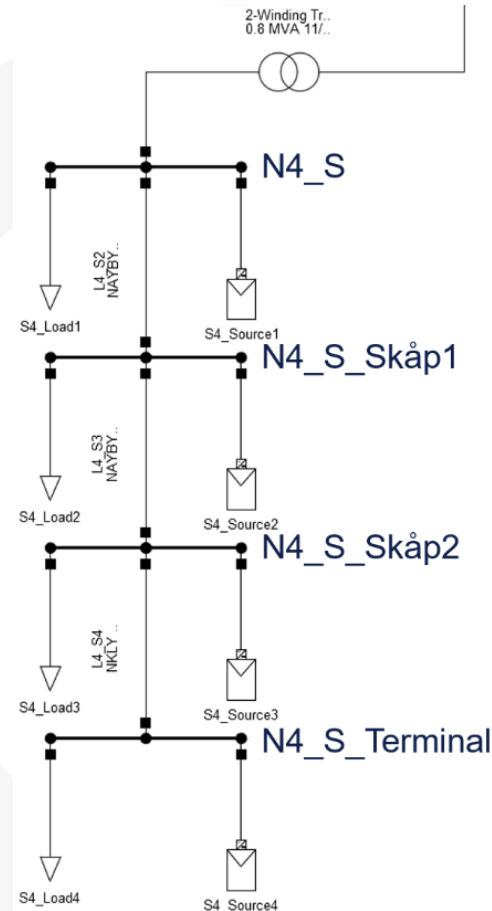
Beräkningsstudie - Metodik

- Metod 1

- Varje testpunkt körs för sig själv, enligt flödesschemat.
- Solcellsanläggningens aktiva effekt ökas med X kW i varje steg.

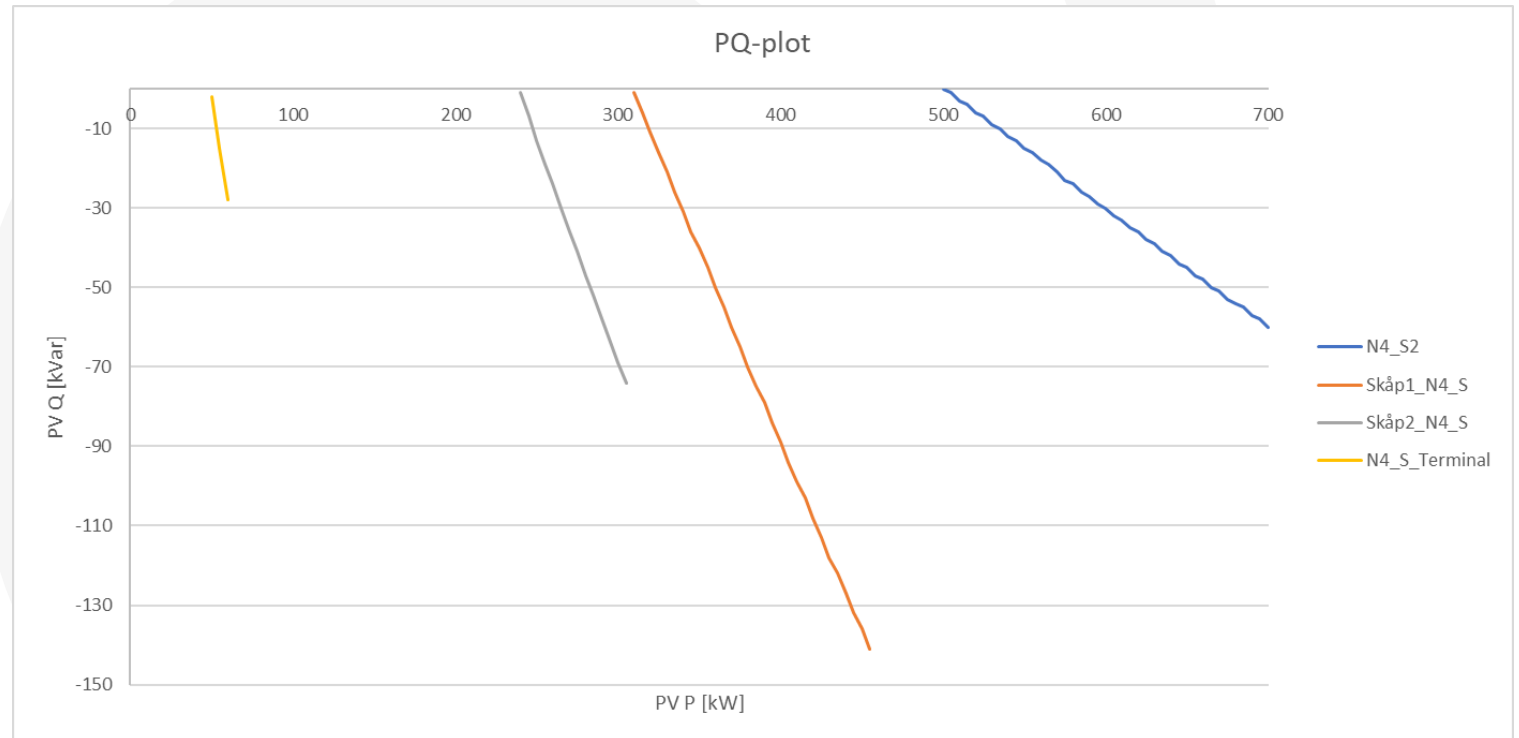
- Metod 2

- Alla testpunkter ändras enligt flödes-schemat samtidigt.
- Varje solcellsanläggningens aktiva effekt ökas med X% av respektive utgångsvärde i varje steg.
- 'Gå till nästa testpunkt' används ej eftersom alla punkter ändras gemensamt.



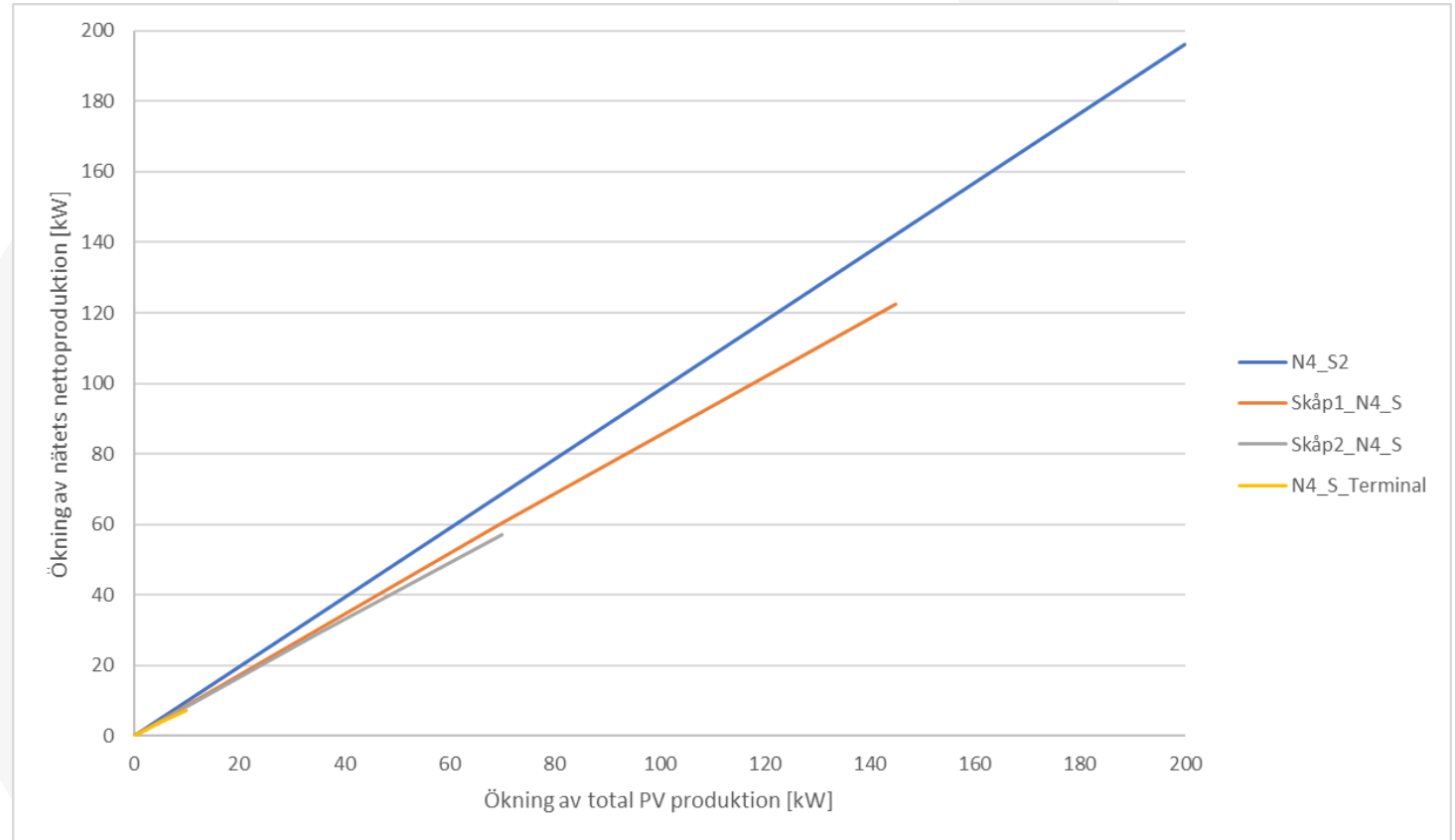
Beräkningsstudie - Resultat för tätort

- Metod 1
- Bättre utbyte mellan producerad P och absorberad Q närmare nätstationen. Detta beror på den högre X/R kvoten som grövre kablar har.
- Den dimensionerande faktorn är kablarna i 400 V nätet. Endast i testpunkten närmast nätstationen är det transformatorn som begränsar mängden ökad P.



Beräkningsstudie - Resultat för tätort

- Metod 1
- Andelen av den extra aktiva effekten som kan exporteras ut på 10 kV nätet ligger på **mellan 73 och 98%**.
- Produktion närmare nätstationen ger mindre förluster eftersom resistansen är mindre.



Kommunikation och Cybersäkerhet

- Moderna omriktare har normalt goda kommunikationsmöjligheter
- “Smarta” elmätare möjliggör fjärravläsning av ström- och spänningsstorheter i “nära realtid”
- Cybersäkerhet kan hanteras på två kompletterande sätt,
 - förhindra intrång, respektive
 - begränsa skadan som ett intrång kan ge upphov till
- Stor skillnad i medvetenhet mellan industrikunder och hushållskunder
- En kapad harmlös hushållspryl, t ex en uppkopplad kaffekokare, kan vara vägen in i hemnätverket där större skada kan åstadkommas
- En identifierad risk är tillverkarspecifika massanrop av omriktare
- Det finns exempel på koordinerad kapning av solcellsanläggningar

Slutsatser

- Observerade **produktionsökningar på över 20%** noterades för både tätort och landsbygd (procentuellt jämt fördelat över nätet)
- **Mellan 2 och 60 % av effektökningen går förlorad** beroende på var i nätet effektinmatning och uttag sker.
- Flaskhalsar
 - Tätort – kablar 400 V nätet, nätstation
 - Landsbygd – spänningsfall fördelningsstation, nätstation, 10 kV kabel närmast fördelningsstation
- Bättre utbyte av aktiv och reaktiv effekt längre upp i nätet (högre X/R kvot)
- Lokal spänningsreglering kan kräva motåtgärd (statik) på grund av korta avstånd mellan reglerpunkter
- Acceptansgränsen kan ökas ytterligare genom att låta PV-omriktare stå för en del av det reaktiva effektbehovet och därmed lösa upp förträngningar högre upp i nätet