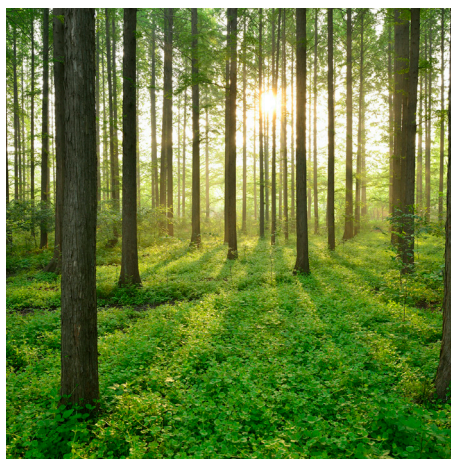


# PD-AKTIVITET I NYARE NÄTSTATIONER

RAPPORT 2024:1023



UNDERHÅLL AV ELNÄT



# PD-aktivitet i nyare nätstationer

En empirisk analys av tillståndet i svenska nätstationer

TOMAS JOHANSSON ET AL

ISBN 978-91-89919-23-5 | © Energiforsk juni 2023

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

## Förord

**Programmet *Underhåll av elnät* har initierat och genomfört projektet *PD-aktivitet i nyare nätstationer*. Projektet visar att ca var femte nätstation är defekt, med en förkortad ekonomisk livslängd som konsekvens. Primärt är ändavslutet grundorsaken till PD-aktivitet i nätstationer. Relativ luftfuktighet har en mycket stor påverkan på PD-aktiviteten. Även vissa geografier, årsmodeller och fabrikat verkar vara utsatta i större omfattning.**

Projektet har genomförts av Tomas Johansson på Svensk Linjebesiktning.

Stort tack till programstyrelsen för deras engagemang i projektet:

- Mohammed Abudaher, Mölndal Energi
- Fredrik Andersson, Elinorr
- Joakim Andersson, Ystad
- Johan Gustafsson, Göteborg Energi Elnät
- David Berg, Falu Elnät
- Jon Danielsson, Skellefteå Kraft Elnät
- Christer Gruber, Energiföretagen
- David Håkansson, Borås Elnät
- Mats Javebrink, Jönköping Energi Nät
- Andreas Johansson, E.On Energidistribution
- Jan Olof Jonsson, Jämtkraft Elnät (vice ordf)
- Hans Lagergren, Svk
- Johan Lindblad, Hitachi Energy Sweden
- Tommie Lindquist, RISE
- Johan Ribrant, Nacka Energi (ordförande)
- Magnus Sjunnesson, Öresundskraft
- Anders Sjökvist, Falkenberg
- Eva Slätis, Norrtälje Energi
- Kenneth Stefansson, Vattenfall Eldistribution
- Anton Svensson, Ellevio

Tack även till referensgruppen som stöttat projektet och bidragit med erfarenheter; Peter Ipsen från E.ON Energidistribution, Patrik Forsberg från Ellevio, Urban Persson från Jämtkraft Elnät, Homan Aldén och Christer Gruber från Energiföretagen samt Kenneth Stefansson från Vattenfall eldistribution.

Följande bolag har deltagit som intressenter till projektet. Energiforsk framför ett stort tack till samtliga för värdefulla insatser.

- E.ON Energidistribution
- Vattenfall Eldistribution
- Ellevio
- Svenska kraftnät
- Göteborg Energi Nät
- Öresundskraft
- Tekniska verken i Linköping
- Skellefteå Kraft Elnät
- Jämtkraft Elnät
- Umeå Energi Elnät
- Jönköping Energi Nät
- Elinorr ekonomisk förening;
- Bergs Tingslags Elektriska
- Blåsjön Nät
- Dala Energi Elnät
- Elektra Nät
- Gävle Energi
- Hamra Besparingsskog
- Hofors Elverk
- Härjeåns Nät
- Härnösand Elnät
- Ljusdal Elnät
- Malungs Elnät
- Sandviken Energi Nät
- Sundsvall Elnät
- Söderhamn Elnät
- Åsele Elnät
- Årsunda Kraft & Belys.fören.
- Övik Energi

Stockholm i juni 2024

*Susanne Stjernfeldt*

Energiforsk AB  
Forskningsområde Elnät Vindkraft och Solel

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.



## Sammanfattning

**I Sverige finns ca 200 000 nätstationer vilket motsvarar ett värde på cirka 100 000 000 000 kronor. Ungefär 70% av dem är av nyare årsmodeller byggda efter 2004 vilket motsvarar ett värde på ca 70 000 000 000 kr. Flera nätägare rapporterar att många av dessa "nyare" nätstationer drabbas av förkortad livslängd med haverier redan inom 10-20 år vilket är betydligt kortare än förväntad ekonomisk livslängd på 40 år. Vidare finns starka indikationer på att PD-aktivitet i nätstationerna är grundorsak till förkortade livslängd i många stationer. Vi måste alltså snarast skapa en fullständig förståelse av hur utbrett problemet är samt vad som orsakar PD-aktivitet i nyare nätstationer.**

I projektet har utvärderats vilket som är bästa metoden för att identifiera PD-aktivitet i nätstationer samt hur den tekniken bäst appliceras för användbara resultat. Koronasensorn har visat sig vara den enda pålitliga tekniken.

I projektet har fastställts att ca 18% av alla stationer är drabbade av PD-aktivitet. Resultatet baseras på besiktningsresultat av ca 2000 stationer, alltså ca 1% av beståndet av nätstationer i Sverige, fördelat på E.ON, Vattenfall, Ellevio, Kungälv Energi och Kraftringen. Samtliga besiktigade stationer var 20 kV då PD-aktiviteten har ett snabbare nedbrytande förlopp vid högre spänning, även om 10 kV stationer också kan vara drabbade av samma grundproblem.

I projektet konstateras att 87% av all PD-aktivitet i nätstationer uppstår i ändavsluten. Även andra komponenter kan ge upphov till PD-aktivitet men ändavsluten är den absolut största felkällan till PD-aktivitet i nätstationer.

I projektet fastställs att luftfuktigheten är en mkt viktig parameter för PD-aktivitet. Både ur perspektivet nedbrytningshastighet och ur perspektivet besiktning. PD-besiktning i nätstationer, oavsett metod, bör aldrig utföras under 70% relativ luftfuktighet då många PD-drabbade komponenter inte uppvisar PD-aktivitet vid lägre luftfuktighet och därmed blir resultatet oanvändbart. Denna insikt indikerar också att PD-aktiviteten kan bromsas genom att minimera luftfuktigheten i nätstationer och därmed kan livslängden förlängas.

Resultatet av PD-aktivitet i nätstationer är accelererad nedbrytning av både polymerer och metaller i nätstationen. Ju tidigare stationer, och aktuell komponent, med PD-aktivitet identifieras och åtgärdas desto större kostnader kan sparas. Projektet har fastställt vilka primära komponenter som orsakar PD-aktiviteten, att problemet är utbrett samt att luftfuktighet har en betydande inverkan.

*Det finns potentiellt miljardeblopp att spara genom att tidigt identifiera och åtgärda PD-aktivitet i nätstationer. Därmed är det mycket tidkritiskt att 1) undersöka hur utbrett problemet är även på 10 kV stationer samt 2) ta fram en kostnadsoptimerad besiktnings- och åtgärdsplan med en kostnadsuppskattning och jämföra den med kostnaden att inte agera proaktivt på problemet. Ett sådant projekt bör initieras snarast.*

## Nyckelord

Koronabesiktning, PD-aktivitet, nätstationer, proaktivt underhåll, ändavslut

## Summary

**In Sweden there are roughly 200.000 secondary substations which corresponds to a value of 100.000.000.000 SEK. Appr 70% are quite new constructed after 2004 which corresponds to a value of 70.000.000.000 SEK. Numerous grid owners report that a significant portion of these “new” secondary substations suffer from shortened lifespan with failures within 10-20 years which is a significant loss of lifespan compared to the expected financial lifetime of 40 years. Moreover there are strong indications that PD-activity (partial discharge) frequently is the cause of the shortened lifespan. Therefor it is urgent to create a full understanding of how vast this problem is as well as understanding the cause of PD-activity in fairly new stations.**

In this project it has been assessed which method that is the best to identify PD-activity in secondary substations. It has also been assess how this technology is best applied to enable the trustworthy results.

It has been concluded that appr 18% of all secondary substations are suffering from ongoing PD-activity. This conclusion is based on inspections of appr 2000 units, which corresponds to appr 1% of all units in Sweden. These units are part of the grid of E.ON, Vattenfall, Ellevio, Kungälv Energi and Kraftringen. All units selected for this project where 20 kV as PD-activity seem to be more aggressive at higher voltage, although there is reason to believe that also 10 kV units suffer from the same cause.

In the project it is concluded that 87% of all PD-activity in secondary substations originates from the cables. There may be PD-activity also in other components ut the cables are by far the main cause of PD-activity.

It is concluded that the humidity is a critical parameter related to PD-activity. The humidity has an impact on the degradation of components as well as on how and when to perform inspections. PD-inspection should, no matter which technology is used, not be performed at RH below 70% as PD generating components may stop generating PD at lower RH and hence the inspection result may become misleading. This insight also indicates that the PD-activity may be minimized by limiting the RH and hence the lifespan may be extended.

The consequence of PD-activity in secondary substations is accelerated degradation of polymers and metals in the unit. The earlier the PD-affected station, and the specific component, is identified and corrective measures are taken the more significant costs can be saved.

*There is potentially billions (SEK) to save by early detection and correction of PD-activity in secondary substations. Thus it is critical and urgent to 1) investigate how vast the problem is also for 10 kV stations, and 2) define a cost optimized inspection strategy as well as corrective measures with cost estimations, and compar that with the cost of not taking proactive actions. This kind of project must be initiated asap.*

## Innehåll

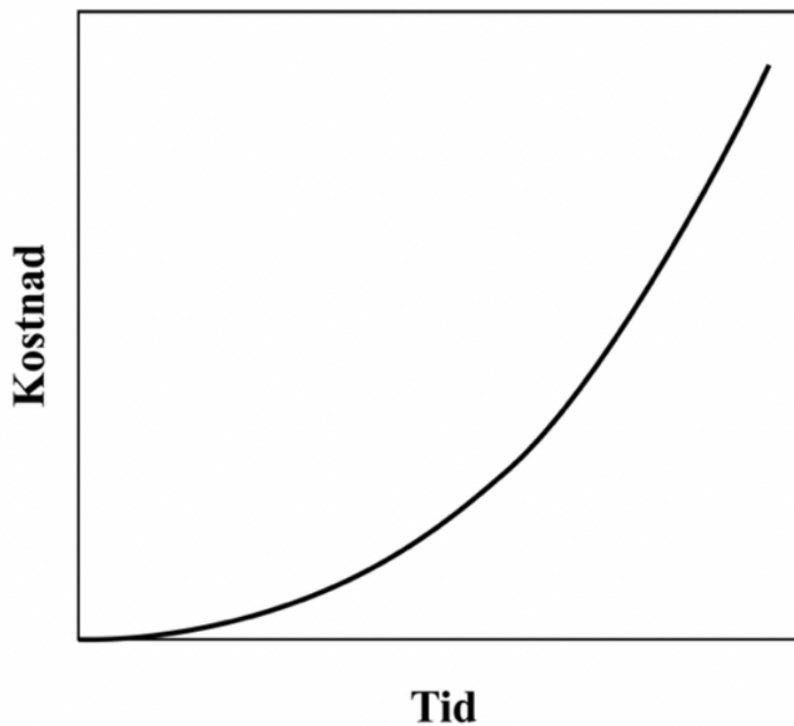
<b>1</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Mål &amp; Syfte</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>Avgränsningar</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Metod</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Resultat</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Fallstudie</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>Teoretisk fördjupning</b>	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>Elektronmikroskop, KTH</b>	<b>37</b>
<b>9</b>	<b>Diskussion</b>	<b>40</b>
<b>10</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>42</b>

# 1 Bakgrund

**Svensk Linjebesiktning har tillsammans med svenska elnätsägare besiktigat tusentals nätstationer och därigenom samlat värdefulla statistiska data som indikerar stora problem med PD-aktivitet i svenska nätstationer som leder till haveri i stationerna långt innan ekonomisk livslängd uppnåtts. Potentiellt har svenska elnätsägare därmed en mycket stort och oväntad underhållsskuld som behöver undersökas så att åtgärder kan sättas in med en timing som minimerar totalkostnaden av dessa inbyggda fel.**

I svenska elnätet finns nästan 200 000 nätstationer. Det finns mycket starka indikationer på att många av dessa, potentiellt t o m 50 000 stationer, pga. av fel i design, montage eller materialval kommer att drabbas av funktionsfel i förtid. Detta pga. av PD-aktivitet pågår vilket kan leda till att teknisk och ekonomisk livslängd blir signifikant reducerad. Svensk Linjebesiktning utfört omfattande statuskontroller av svenska nätstationer. Projektet syftar till en kartläggning av status i nätet och därmed identifiera grundorsakerna till problemet. Denna kartläggning kommer att möjliggöra korrigerande åtgärder och följaktligen mkt stora kostnadsbesparingar för Sveriges nätägare.

Svensk Linjebesiktning (SLB) har under de senaste åren tillsammans med ett begränsat antal nätägare svenska nätägare arbetat för att skapa en metod att proaktivt identifiera de defekter som leder till markant minskad ekonomisk och teknisk livslängd av nätstationer, och ofta även avbrott och försämrade servicenivå till nätägarnas kunder. Arbetet har resulterat i att vi idag vet att det ofta är PD-aktivitet i stationerna som är grundorsaken till nedbrytning av både polymerer och metaller i stationen. Vi vet att PD aktiviteten skapar UV-ljus som bryter ner plaster, men också ger upphov till kemiska processer som leder till ozon och salpetersyrighet som mkt snabbt oxiderar metaller i hela stationen. Vi vet att tidiga symtom inte kan upptäckas med mänskliga sinnen, utan att rätt teknik är nyckeln till att proaktivt identifiera PD-aktivitet tidigt. Vi vet att PD-aktiviteten inte självläker. Vi vet att skadorna på stationen ökar exponentiellt med tiden, och därmed också kostnaderna för åtgärder.



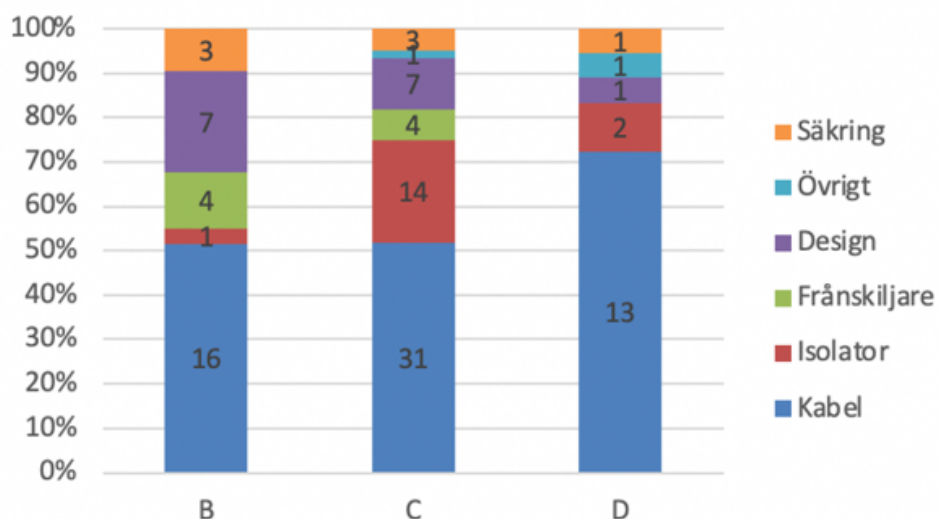
Figur 1. Exponentiell ökning av åtgärdskostnader ju längre man väntar med detektering respektive åtgärd

Baserat på inspektion av ca 4000 stationer hos framförallt EON, Vattenfall och Kraftringen ser vi indikationer på att PD-aktiviteten kan ha ursprung i flertalet komponenter samt att komponenten som oftast uppvisar PD-aktivitet är ändavsluten på mellanspänningssidan.





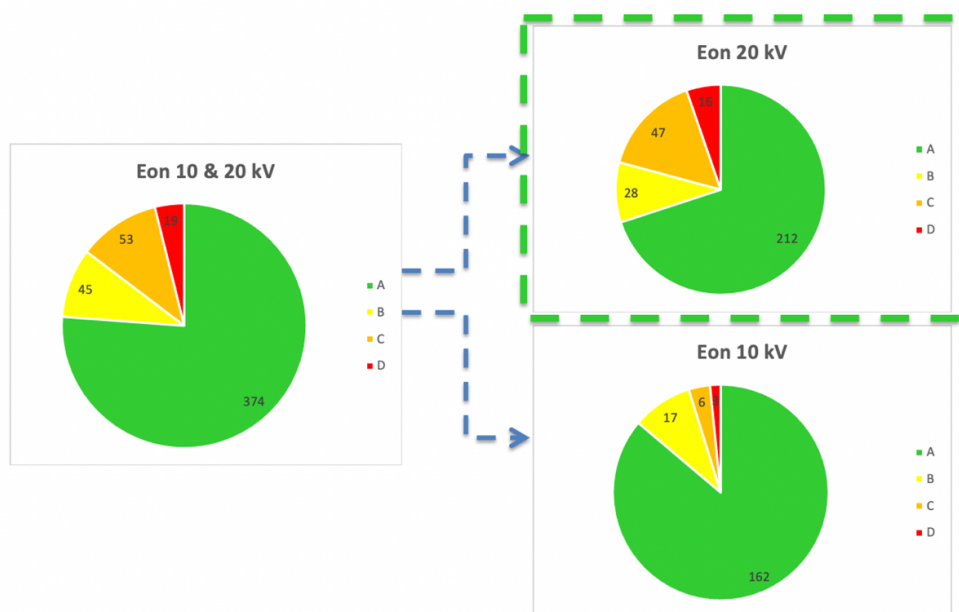
Figur 2. Den komponent som uppvisar allvarligast fel är ändavslut



Figur 3. Vanligast att PD-aktivitet i nätstationer förekommer i ändavslut MSP

Eftersom det inte finns några tecken på att PD-aktivitet självläker, utan tvärtom tyder erfarenheten på att konsekvenserna successivt större med tiden, blir det viktigt att klassificera aktuell status på ett strukturerat sätt. Svensk linjebesiktning har valt att kategorisera allvarlighetsgraden enligt EPRI's modell (Electric Power Research Institute) som kategoriserar enligt skalan A, B, C, D. Enligt skalan är A ofarlig PD-aktivitet, eller ingen PD-aktivitet alls. I kategori B landar stationer som

uppvisar PD-aktivitet men där det ännu inte finns synliga symtom i stationen. I stationer som kategoriseras som C detekteras PD-aktivitet och konsekvenserna är redan synliga för mänskliga ögat som t ex oxidation på metaller eller färgskiftning av polymerer på drabbade komponenter. Stationer i kategori C bör åtgärdas av nätägaren inom ca 6–12 månader för att säkerställa servicegrad till slutkund samt personsäkerhet. Kategori D har precis som kategori C synliga defekter pga. korona. Men skillnaden är att här bedöms korrigerande åtgärder mera akut, inom 3 månader, för att säkerställa servicegrad och personsäkerhet. SLB har utvecklat EPRI's modell för att passa in på applikationen PD-aktivitet i nätstationer ytterligare genom två justeringar. Dels finns kategori Ci, C intermittent, som används för stationer där de synliga symtomen som är typiska för kategori C redan är synliga i stationen, men av olika anledningar så pågår inte detekterbar PD-aktivitet vid besiktningstillfället (hittills mkt ovanligt m Ci). Dels har en kategori som heter D+ adderats. Detta är en kategori där status på stationen är så pass dålig att besiktningsspersonalen rapporterar till driften direkt för omedelbar nedstängning av stationen. Vi ser att det finns omfattande problem på både 10 kV stationer och 20 kV, och indikationer på att problemen är vanligare förekommande på 20 kV än 10 kV:



Figur 4. Ca 25% av nätstationerna är drabbade av PD-aktivitet. 20 kV drabbas oftare än 10 kV

Då vi tidigt såg tendenser på att problematiken är större på 20 kV stationer än 10 kV så har besiktningen prioriterats på 20 kV. Detta ska inte tolkas som att 10 kV stationer är under kontroll. Snarare kan vi konkludera att kunskapen om 10 kV stationer är sämre då det finns betydligt mindre ingångsdata, samt att teoristudier indikerar att nedbrytningsprocessen går långsammare i stationer med lägre spänning. Det kan alltså vara så att även 10 kV stationer har samma inbyggda problematik som 20 kV stationer men att det inte syns ännu. Ytterligare en mkt intressant, och oroväckande, indikation är att nyare stationer (upp till

ca 15 år) verkar ha mkt större felfrekvens än gamla stationer (äldre än 15 år). Det verkar som att design, montage eller materialval blivit sämre ur ett PD-aktivitets perspektiv, och därmed livslängdperspektiv. Bild 5 nedan visar tydligt att stationer från ca 2005 och framåt uppvisar en oroväckande trend för kvaliteten i svenska nätstationer, framförallt i kombination med att uppskattningsvis 70% av samtliga nätstationer i Sverige byggs under senaste 15–20 åren.



Figur 5. I diagrammet till vänster klustras årsmodeller i intervall för att ge en bild över utvecklingen över tid. I diagrammet till höger visas felfrekvensen per årsmodell 2010–2019

Vi ser inga tendenser till förbättring i design, montage eller materialval. Snarare försämring. Samtidigt som att detta är oroande erbjuder det också en möjlighet att felsöka och förstå vad som gått fel och därmed förbättra processer så att vi bygger fler friska stationer. Detta bör vara prioritet nummer ett. Prioritet 2 bör vara att detektera "sjuka" stationer i nätet och därefter strukturerat och kostnadseffektivt åtgärda dem. Det finns alltså en bild av utgångsläget hos ett begränsat antal nätägare samt ett begränsat antal geografier. Det finns också en metod, teknik och process för att besiktiga nätstationer och med mycket hög träffsäkerhet kartlägga PD-aktivitet. Då kostnaderna för dessa inbyggda fel är mycket omfattande finns nu ett behov att bygga ytterligare kunskap inom nedanstående områden:

- Är bilden ovan representativ för flertalet nätägare och geografier?
- Vad är grundorsaken till att felen uppstår? Hur kan de undvikas?
- När PD-aktivitet uppstått, hur snart behöver den identifieras, hur snart behöver den åtgärdas, vilka åtgärder krävs?
- Baserat på frågorna ovan hur stor ekonomisk fördel finns i att tidigt identifiera och åtgärda jämfört med att vänta in haveri eller avbrott?
- Vilken besiktningstrategi är optimal ur ett ekonomiskt perspektiv?

## 2 Mål & Syfte

**Syftet med projektet är att göra en mappning av tillståndet i nätstationer i Sverige m avseende på PD-aktivitet. Det är kritiskt att skapa en god förståelse för hur vanligt förekommande problemet är, vilka komponenter som är drabbade samt vilka faktorer som påverkar PD-aktiviteten. Genom mappning av problemet och bidragande faktorer möjliggörs prioritering av framtida forskningsinsatser för att åtgärda problemet med PD-aktivitet i nätstationer.**

Mål 1: Att skapa ytterligare förståelse för hur omfattande problemet med PD-aktivitet i nätstationer är samt analysera gemensamma nämnare för stationer som uppvisar PD-aktivitet jämfört med de som inte gör det

Mål 2: Kartlägga vilka komponenter som vanligtvis drabbas av PD-aktivitet

Mål 3: Kartlägga grundorsakerna till varför PD-aktiviteten uppstår i nätstationer för att i framtiden kunna förebygga problemet

Mål 4: Definiera vilka faktorer som påverkar hur snabbt PD-aktiviteten förstör nätstationen

Mål 5: Definiera kort- och långsiktiga tekniska och arbetsmiljömässiga konsekvenser av PD-aktivitet

### 3 Avgränsningar

Projektet syftar primärt till att kartlägga hur omfattande problemet med PD-aktivitet i svenska nätstationer är samt skapa förståelse för vilka komponenter som huvudsakligen ger upphov till PD. Vi försöker också definiera vilka parametrar som bidrar till PD-aktivitet i de drabbade komponenterna. Projektet syftar alltså inte till att undersöka hur problemet hanteras, förebyggs, åtgärdas eller elimineras. Detta blir lämpligtvis ett uppföljningsprojekt när problemets omfattning är kartlagt.

Följande avgränsningar har definierats:

1. Projektet adresserar inte hur komponenter/stationer som uppvisar PD-aktivitet bör åtgärdas
2. Projektet syftar inte till att ta fram en optimal besiktningsstrategi
3. Projektet syftar inte till att kvantifiera de ekonomiska konsekvenserna av PD-aktivitet i nätstationer
4. Projektet syftar inte primärt till att samla in stora mängder data utan snarare analys av existerande besiktningsdata från Svensk Linjebesiktnings databas (även om viss komplettering ingår i projektet)

## 4 Metod

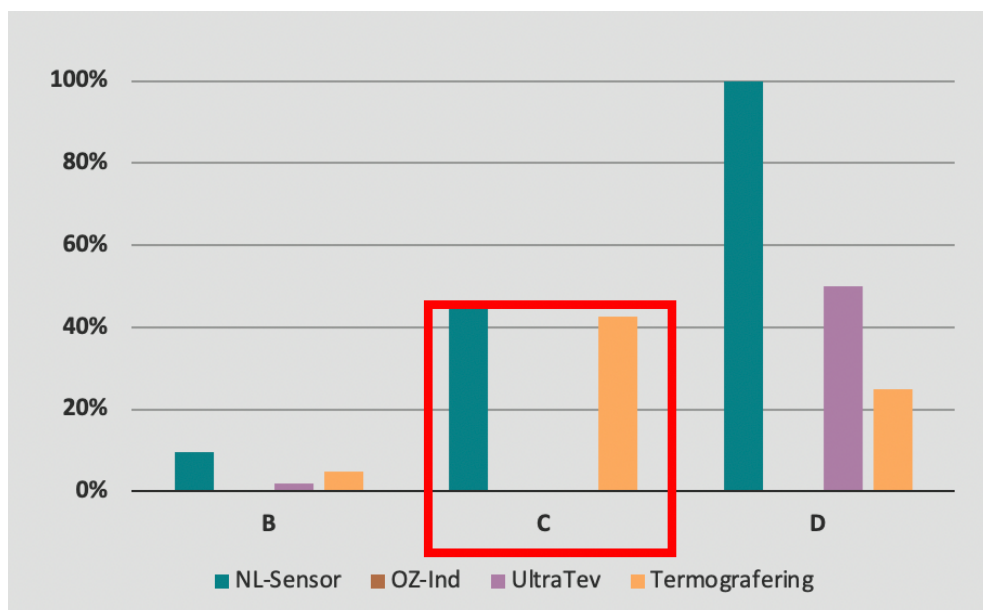
**Metoden för att uppnå målen med projektet är analys av besiktningsdata från utförda statuskontroller av tusentals nätstationer. Ytterligare 100 besiktningsdata kommer att utföras för att komplettera existerande underlag. Endast stationer som besiktigats med koronasensor kommer att vara del av det statistiska underlaget då ingen annan metod visat sig vara tillförlitlig. Den statistiska analysen kommer att kompletteras med laborietester av PD-drabbade komponenter.**

Svensk Linjebesiktning har under 2022-2023 utvärderat besiktningstekniker för att identifiera PD-aktivitet i nätstationer. Mjukvara för att samla in och dokumentera besiktningsdata har utvecklats. Metod för att utvärdera allvarlighetsgraden av PD-aktiviteten har utvecklats. All data har samlats i en databas vilket möjliggör analys av hur omfattande problemet är i Sverige samt analys av gemensamma nämnare hos stationer som drabbats av PD-aktivitet. Genom att identifiera gemensamma nämnare hos PD-drabbade stationer respektive PD-fria stationer möjliggörs en empirisk översikt av parametrar som ökar risken för PD-aktivitet.

Tekniken som valts ut för att statusbestämma PD-aktiviteten är en koronasensor från sydafrikanska UVIRCO. Tekniken fungerar optiskt genom att sensorn registrerar det UV-ljus (UVC) som uppstår vid PD-aktivitet. Detta ljus kallas korona vilket är anledning till att kameran kallas koronasensor. Sensorn är mycket dyr då optiken är avancerad. UVC är ett ljus med kort våglängd som ligger utanför våglängderna för synligt ljus. För att identifiera UV-ljuset måste först allt synligt ljus filtreras bort utan att UVC strålarna också filtreras bort. Tekniken är mycket tillförlitlig men kräver ändå välutbildad personal så att resultatet blir tillförlitligt. Svensk Linjebesiktning har valt att utbilda sin personal enligt EPRIs riktlinjer (Electric Power Research Institute).

Övriga tekniker som utvärderats är ett akustiskt mätverktyg från NL Acoustics, ett akustiskt mätverktyg som heter Ultra TEV Plus 2, en ozonmätare som heter OZ-ONE samt termografering.





Figur 6. Bilden visar jämförelse mellan olika teknikers förmåga att identifiera PD-aktivitet per allvarlighetsgrad B, C och D.

I diagrammet ovan definieras 100% av det antal PD-aktiviteter som identifierades med koronasensorn. Totalt sett är den teknik som är näst bäst den akustiska mätinstrumentet från NL Acoustics. Den missar totalt ca 80% av all PD-aktivitet i nätstationerna medan övriga tekniker presterar ännu sämre. Därav har vi i projektet valt att arbeta endast med statistik från stationer som besiktigats med koronasensor.

Allvarlighetsgraden bedöms genom en process som är baserad på EPRIs (Electric Power Research Institute) modell för koronainspektion för utomhuskomponenter. Processen har vidareutvecklats av Svensk Linjebesiktning för att vara optimalt tillämpbar på inomhusmiljöer, t ex nätstationer. Allvarlighetsgraden definieras för nätstationer enligt nedan:

A: Ingen PD-aktivitet

B: PD-aktivitet detekteras med koronasensorn, men ännu inga defekter som är synliga med mänskliga ögat (ex färgskiftning av polymerer eller oxidation på metaller). Planera för underhåll.

C: PD-aktivitet detekteras med koronasensorn. Dessutom har processen pågått så pass länge och intensivt att det syns defekter som färgskiftning av polymerer och/eller oxidation av metaller. Åtgärd bedöms nödvändig inom 12 månader.

Ci: Vid besiktningstillfället syns ingen PD-aktivitet, troligtvis pga låg relativ luftfuktighet. Dock syns tydliga spår av PD-aktivitet, t ex oxidation av metaller eller färgskiftning på polymerer. Det pågår alltså PD-aktivitet under vissa förhållanden men inte just när luftfuktigheten i utomhusluften är låg och inomhusluftfuktigheten vädras ut då stationen öppnas vid besiktningstillfället.

D: Samma som C men åtgärd bedöms nödvändig inom 3 månader.

D+: Samma som D men besiktningspersonalen bedömer läget mkt akut och kontakta driften för omedelbar åtgärd.

Utöver resultatet från koronasensorn och allvarlighetsgraden A till D+ registreras ett stort antal parametrar för att möjliggöra analys av faktorer som potentiellt bidrar till PD-aktivitet och därmed bör analyseras närmare teoretiskt och praktiskt i framtiden. Följande parametrar registreras i appen vid besiktningsstillfället:

Vind, temperatur, lufttryck, relativ luftfuktighet, kustnära, vilka fack som är drabbade av koronaaktivitet, vilka komponenter som är koronadrabbade, om det förekommer oxidation, färgskiftningar på polymerer, ozonluk, knastrande ljud, synbar korona m fl.

Från nätägaren samlas ytterligare data in som t ex årsmodell, koordinater, fabrikat, stationsnummer, avtalsområde och spänning.

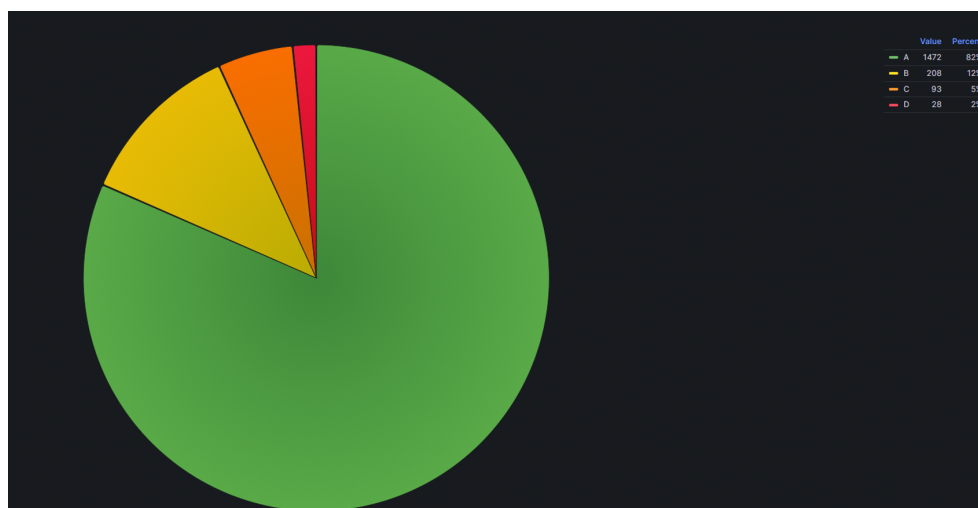
Genom att söka samband mellan ovanstående parametrar och utfall på koronabesiktningen bör vi kunna utläsa vilka faktorer som bidrar till PD-aktivitet i nätstationer. När de väl identifierats skapas möjligheten att minimera PD-aktivitet genom att begränsa de faktorer som bidrar till den.

## 5 Resultat

Viktigaste insikterna i projektet presenteras här och visar på att 1) problemet med PD-aktivitet är mkt utbrett där var femte station är PD-drabbad, 2) i nio av tio PD-drabbade stationer är det ändavsluten som är källan till PD-aktiviteten, 3) olika geografier verkar drabbade i olika utsträckning där vissa områden i södra Sverige är drabbade i dubbelt så stor utsträckning som norra Sverige, 4) årsmodeller mellan 2005-2016 verkar ha högst felfrekvens, 5) hög luftfuktighet bidrar i stor utsträckning till PD-aktivitet.

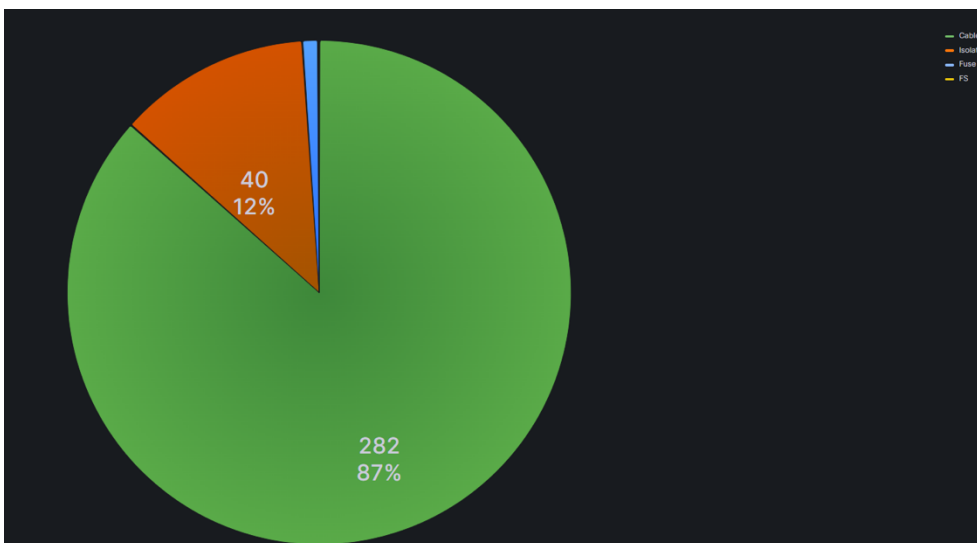
Totalt har besiktningresultat från ca 2000 nätstationer använts för analysen nedan. Detta utgör ca 1% av Sveriges alla nätstationer. Stationerna som besiktigats som är med i det statistiska underlaget tillhör E.ON, Vattenfall, Ellevio, Kraftringen och Kungälv Energi. Ca 75% av underlaget kommer från E.ON vilket betyder att det finns en teoretisk risk att resultatet snarare speglar E.ONs bestånd av nätstationer än Sveriges. Det syns dock inga indikationer på att resultatet från övriga nätägare skiljer sig nämnvärt från E.ONs underlag. Vi väljer i rapporten att inte presentera underlag från specifika nätägare i syfte att skapa ett så generiskt resultat som möjligt.

18% av alla nätstationer är drabbade av PD-aktivitet, varav 7% är allvarligt drabbade (C & D) och därmed inom en snar framtid behöver identifieras och åtgärdas.



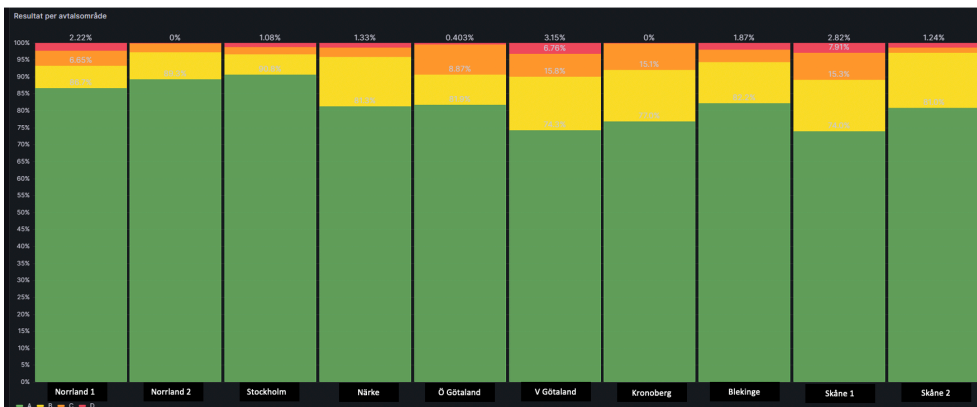
Figur 7. Bilden visar fördelning mellan besiktningresultatet av nätstationerna. Grönt innebär att ingen korona förekommer. Gult, orange och rött visar allvarlighetsgrad B, C resp D

I 87% av alla PD-drabbade nätstationer är det ändavslutet som är grundorsaken som skapar PD-aktiviteten. Övriga komponenter som skapar PD-aktivitet är isolatorn (12%) och säkring (1%). Det är alltså mycket tydligt att för att komma tillrätta med PD-aktivitetens snabba nedbrytning av beståndet av nätstationer i Sverige så behöver vi fullt ut förstå varför PD-aktivitet uppstår i ändavsluten, så att vi slutar bygga in fel i nätstationer med katastrofal inverkan på deras livslängd.



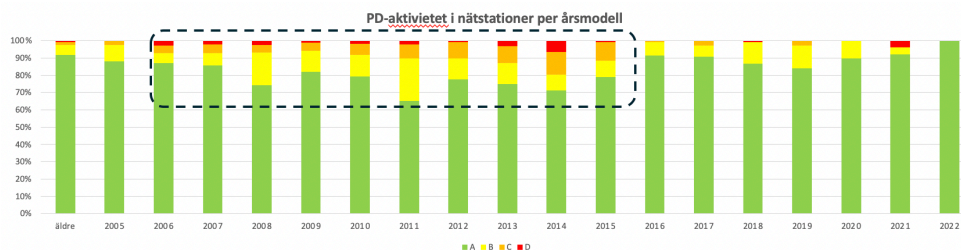
Figur 8: 87% av all PD-aktivitet kommer från ändavslut på mellanspänningssidan. Även isolatorn (12%) bidrar ibland till PD-aktivitet

Det förekommer hög förekomst av PD-aktivitet i samtliga geografiska områden, men södra Sverige verkar vara drabbat i större utsträckning än norra Sverige. I Norrland ser vi en förekomst av PD-aktivitet i ca 10% av alla nätstationer medan Skåne och Västra Götaland landar på ca 25%. Slutsatsen blir att problemet är betydande i hela landet men verkar vara allvarligare söder om Stockholm enligt bilden nedan.



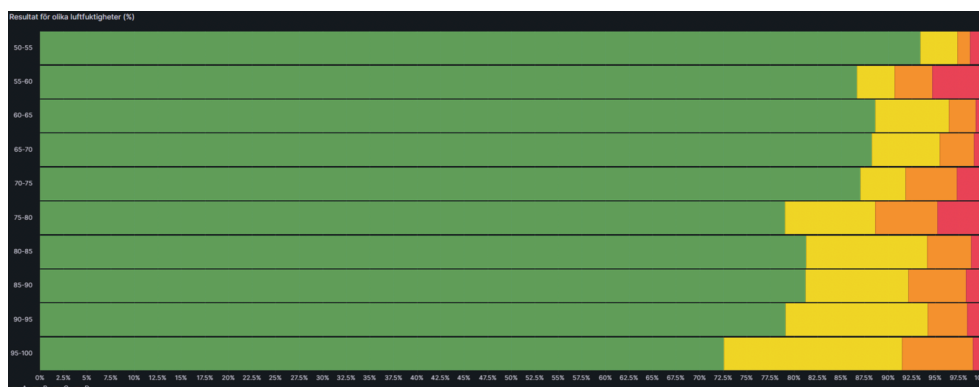
Figur 9. Norrland och Stockholm verkar minst drabbade av PD-aktivitet i nätstationer medan Skåne, Kronoberg och Västra Götaland verkar mest drabbat

Årsmodeller mellan 2006-2015 verkar uppvisa PD-aktivitet i större utsträckning än tidigare och senare årgångar. I linje med bild 7 har 18% av alla nätstationer i underlaget pågående PD-aktivitet. För årsmodeller mellan 2006-2015 ligger genomsnittet närmare 25%.



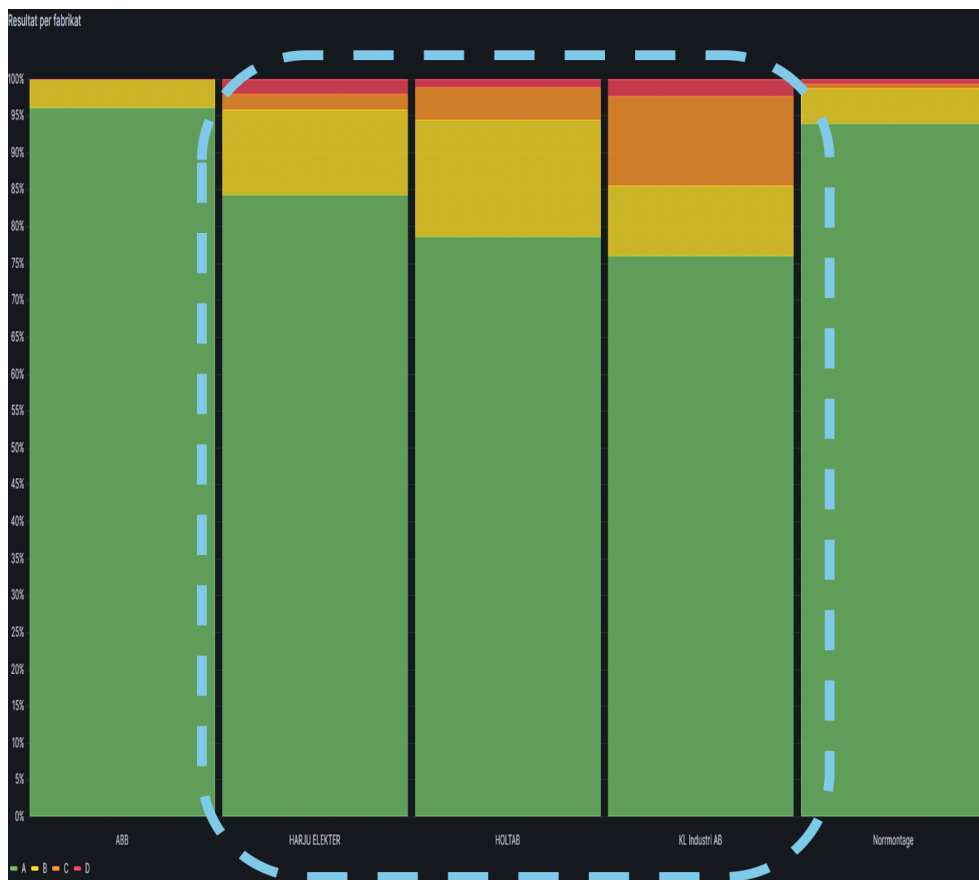
Figur 10. Vanligast med PD-aktivitet i nätstationer inom åldersspannet 2006-2015

**Relativ luftfuktighet verkar ha mkt stor inverkan på förekomsten av PD-aktivitet.** Bilden nedan visar förekomst av PD-aktivitet i nätstationer fördelat på relativ luftfuktighet vid besiktningstillfället i 5% intervaller. Luftfuktigheten är mätt utanför stationen innan besiktningen påbörjas. Vi antar att den relativa luftfuktigheten inne i nätstationen motsvarar luftfuktigheten utanför vid besiktningsögonblicket och alltså motsvaras av nedanstående bild. Vilken relativ luftfuktighet som råder i stationen när stationen är stängd är okänd och varierar sannolikt under året. Resultatet visar tydligt att förekomsten av PD-aktivitet minskar från ca 27% vid 95-100% RH till ca 6%. Aktuell RH vid besiktningstillfället är slumpmässigt. Även vilken station som besiktigas vid hög respektive låg RH. Vi bör alltså kunna anta att antal fel som orsakar PD är samma för de stationer som besiktigats vid låg RH som de stationer som besiktigats vid hög RH. Nedanstående bild visar därmed att flertalet fel i nätstationer endast skapar PD-aktivitet vid högre luftfuktighet.



Figur 11. Diagrammet visar förekomsten av PD-aktivitet i nätstationer vid olika nivåer av relativ luftfuktighet. Luftfuktigheten är mätt utomhus vid nätstationen innan utförd besiktning

**Besiktningresultatet visar att olika fabrikat av nätstationer verkar vara drabbade av PD-aktivitet i olika utsträckning.** Bilden nedan visar förekomsten av PD-aktivitet i nätstationer fördelat på fem fabrikat: ABB, Harju, Holtab, KL Industri och Norrmontage. Antal stationer som är besiktigade per fabrikat varierar men då det är minst 100 stationer besiktigade per fabrikat är det rimligt att statistisk jämföra utfallet. ABB och Norrmontage uppvisar, ur ett PD-perspektiv, bäst kvalitet med en felfrekvens på ca 5%. Stationerna från Harju är drabbad i tre gånger så stor utsträckning. Holtab är fyra gånger mer drabbade av PD-aktivitet än ABB och Norrmontage. Sämst resultat uppvisar KL Industri med fel på 1 av 4 stationer. Dessutom har KL Industri en betydligt större allvarliga fel (C & D).



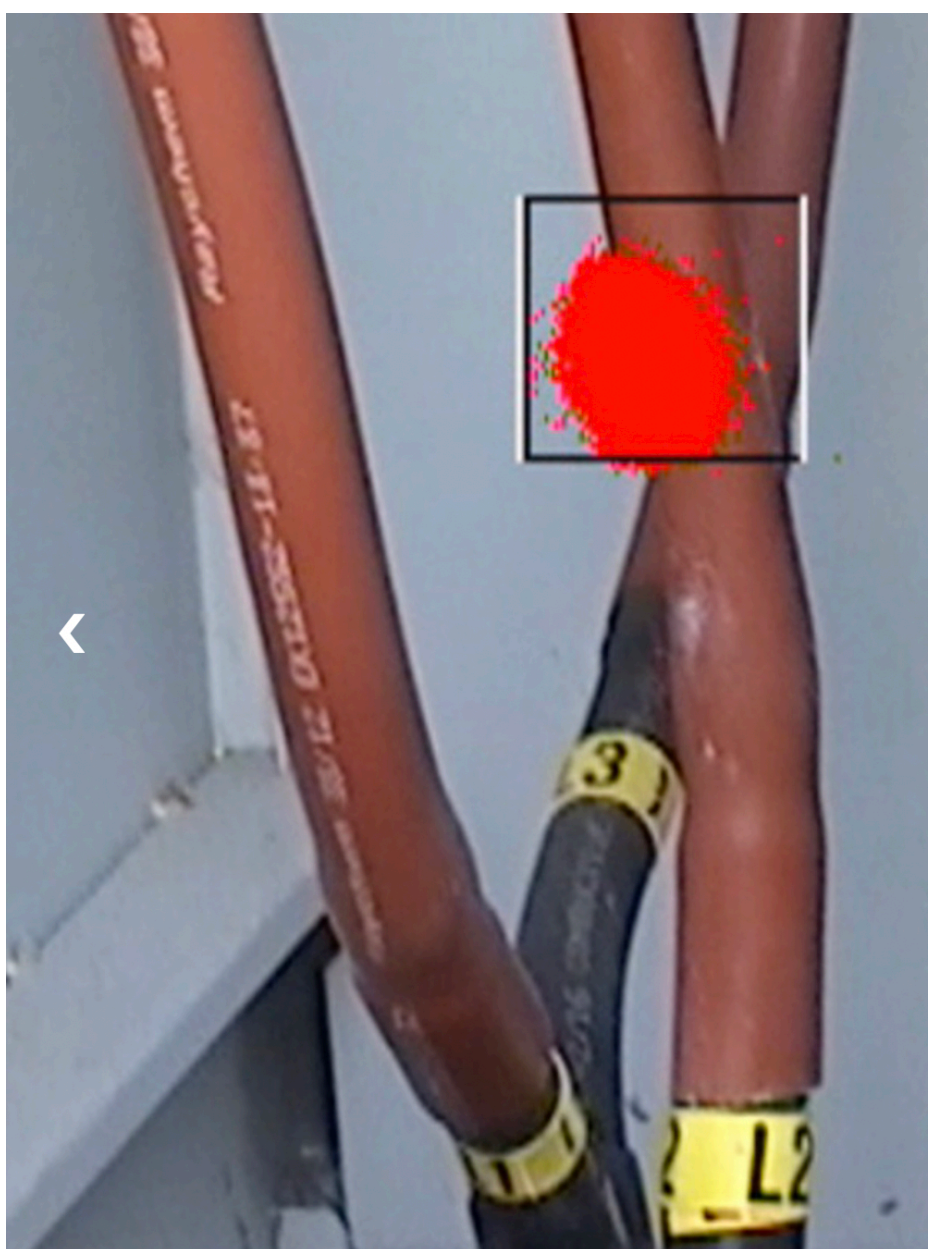
Figur 12. Diagrammet visar förekomsten av PD-aktivitet i nätstationer vid olika fabrikat. ABB och Norrmontage (till vänster reps höger) uppvisar ca 5% felfrekvens medan Harju, Holtab är drabbade i högre utsträckning (16-21%). KL Industri ligger högst med 24% och framförallt en hög andel allvarliga fel (C & D).



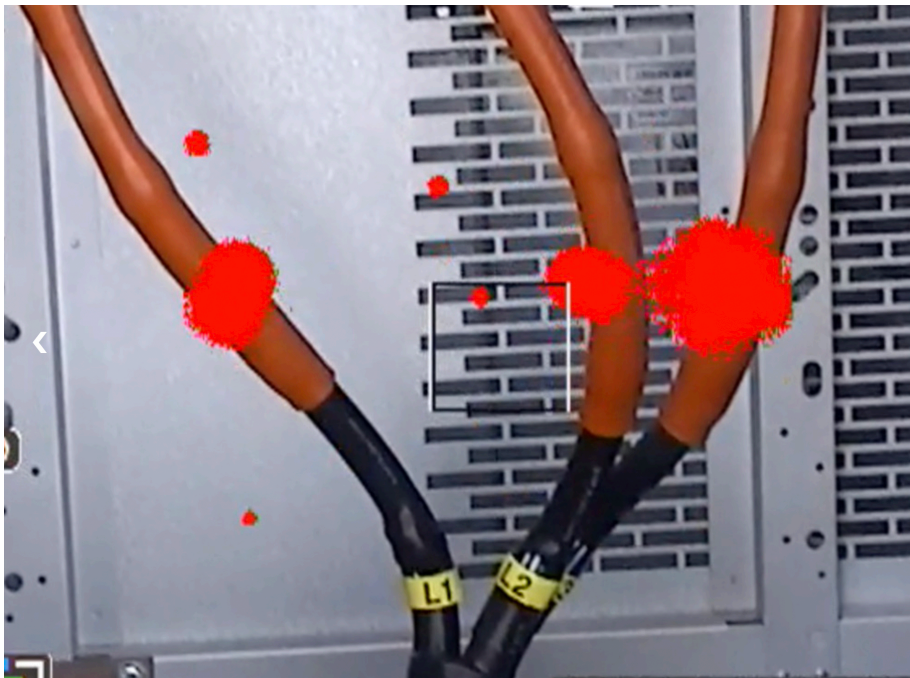
## 6 Fallstudie

Stationer som besiktigats med koronasensor i projektet är med något enstaka undantag besökta endast en gång. Det ger alltså en ögonblicksbild av status på nätstationen år X efter idriftsättning. Nedan beskrivs ett exempel på en nätstation där besiktningresultatet kan jämföras med ett par år gamla bilder.

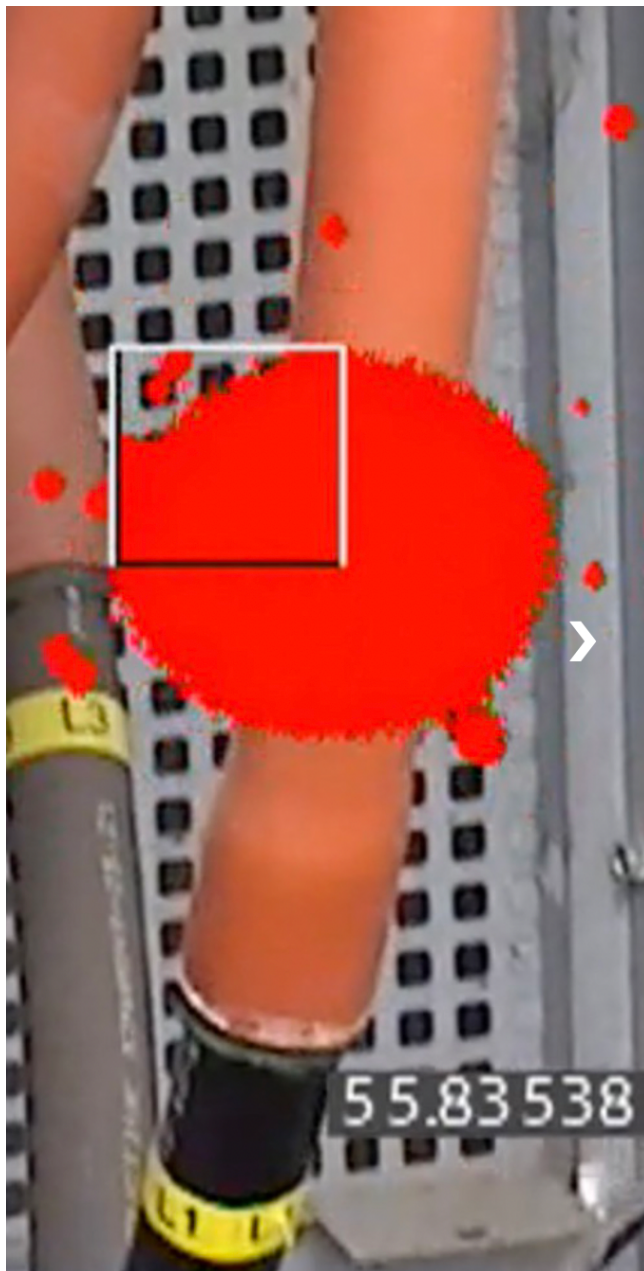
Låt oss inleda med att titta på bilder från nätstationer med typisk PD-aktivitet i ändavslut.



Figur 13. Eon

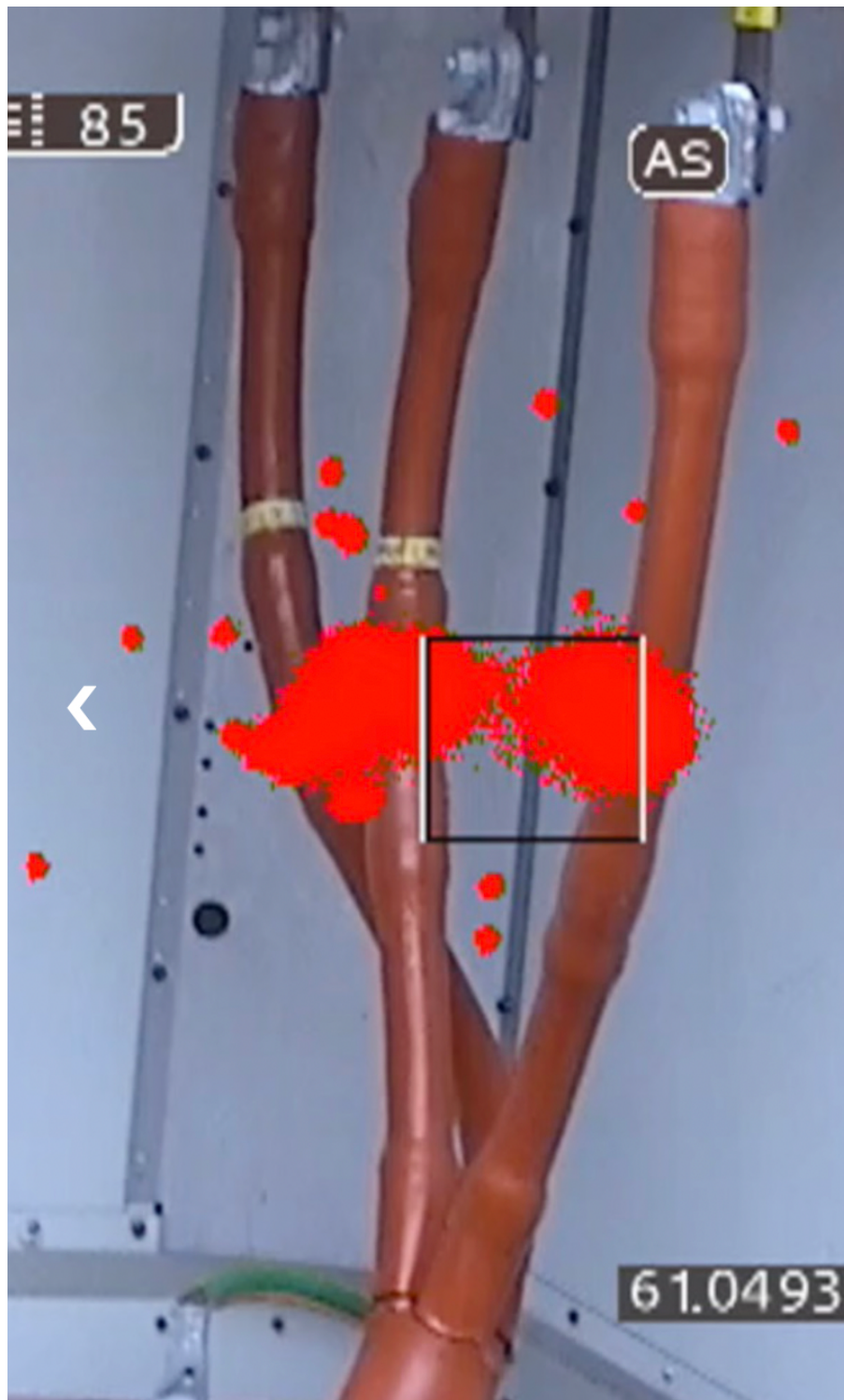


Figur 14. Vattenfall



Figur 15. Krafteringen (67)





Figur 16. Ellevio (16)

Koronasensorn registrerar det UV-ljus som uppstår vid partiell urladdning. På bilderna syns alltså tydlig PD-aktivitet på ett eller flera ändavslut. PD-aktiviteten leder till accelererad nedbrytning av både metall- och polymerkomponenter inne i nätstationen. UV-ljuset som uppstår har en nedbrytande effekt på polymerer vilket initialt visar sig som försämrad isolering i avslutet och färgskiftning av materialet.

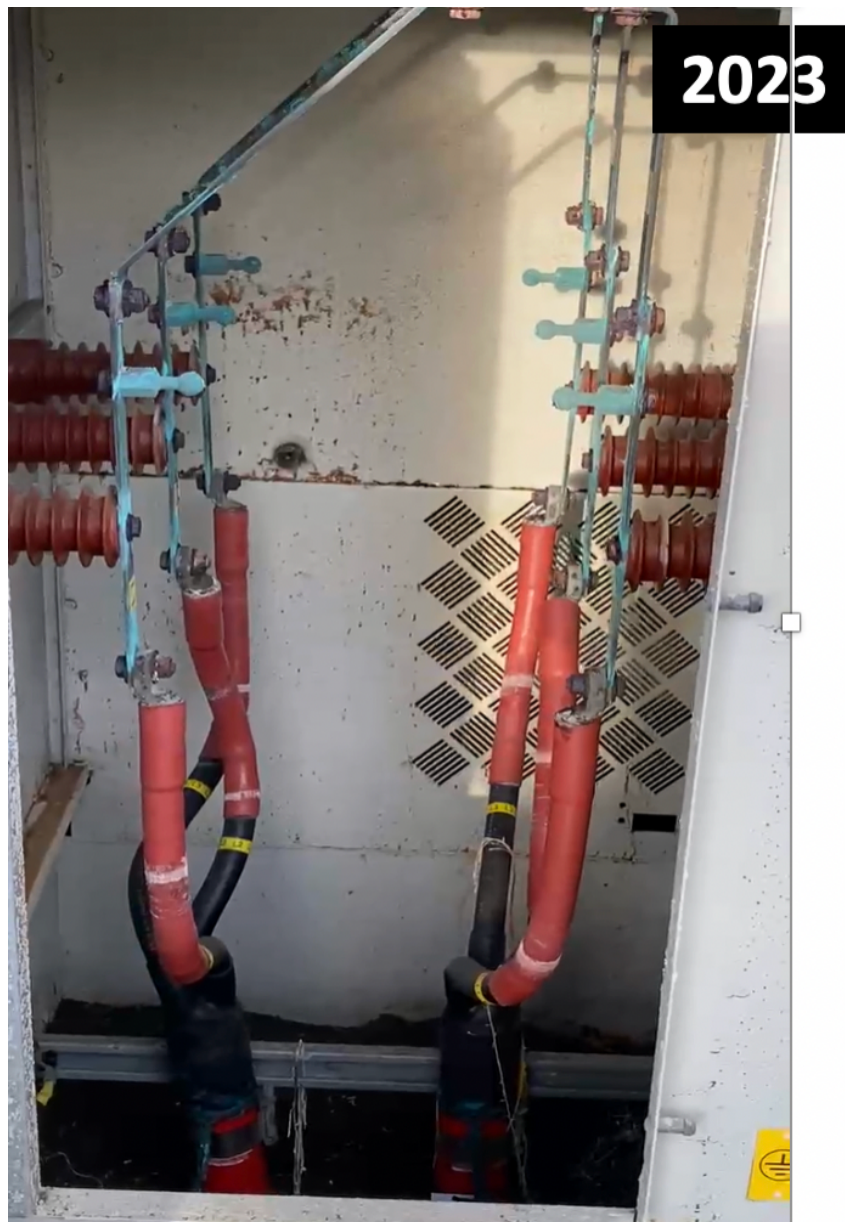
PD-aktiviteten skapar också kemiska processer i luften som leder till ozon och salpetersyra vilket oxiderar metaller mycket snabbt. Vi illustrerar processen genom en fallstudie från en E.ON station nedan:

1. Stationen är driftsatt **2012** (inga bilder tillgängliga)
2. Bilden nedan är från **2017**:



Figur 17. E.ON Blekinge

3. Bilden nedan är från en koronabesiktning **2023**:



Figur 18. E.ON Blekinge

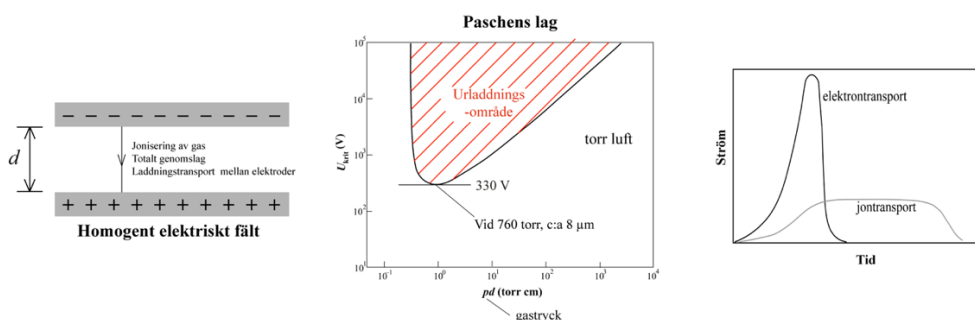
Fallstudien ovan ger en indikation på en potentiell tidslinje för koronadrabbade nätstationer. Någon gång mellan 2012 och 2017 uppstår PD-aktivitet i något av ändavsluten. Redan 2017 syns färgskiftning på ett av ändavsluten vilket betyder att PD-aktivitet pågått ett tag. Sex år senare, 2023, är stationen totalförstörd med PD-aktivitet som spritt sig till samtliga avslut och oxidation av stort antal metallkomponenter. Stationen har 2023 så pass stora funktionsfel att den byts ut till en totalkostnad på flera hundra tusen kronor. Stationen blev 11 år gammal. Förväntad ekonomisk livslängd var 40 år. Det uppstår alltså en förlust på ca 75% av investeringskostnaden.



## 7 Teoretisk fördjupning

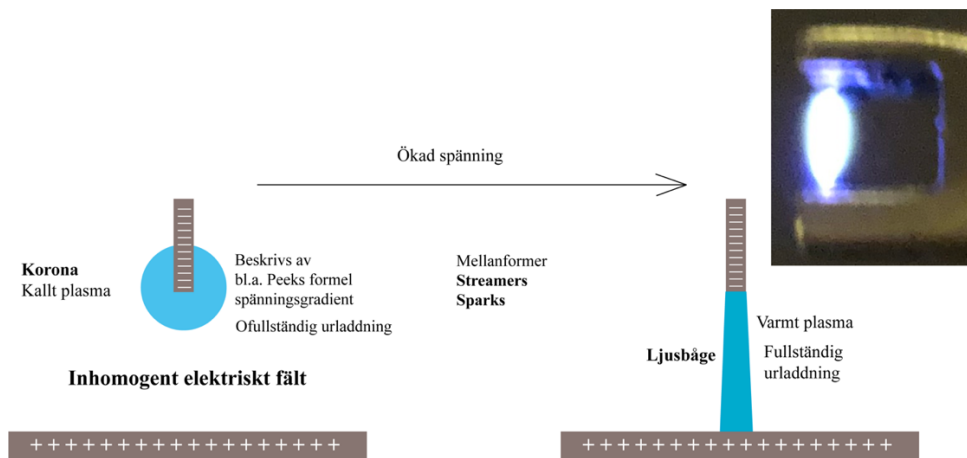
**Empirisk utvärdering av felfrekvens, grundorsaker, bidragande parametrar, gemensamma nämnare hos PD-drabbade stationer etc har behandlats ovan. Utöver detta är det viktigt att vi bygger en teoretisk kunskap om PD-aktivitet. Professor Ulf Gedde vid KTH har sammanställt nedanstående beskrivning av hur PD-aktivitet uppstår samt vilka kemiska och fysiska konsekvenser PD-aktiviteten leder till.**

I homogena elektriska fält t.ex. mellan två parallella plattor med en mellanliggande gas (t.ex. luft) sker urladdningar om spänningen mellan plattorna överstiger ett visst kritiskt värde (Bild 19, vänstra delen). Diagrammet nedan visar det område (röd streckat i grafen nedan) i vilket urladdning sker i torr luft; gränslinjens beskrivs väl av Paschens lag (Bild 19, mittdelen). Den kritiska spänningen ( $U_{krit}$ ) är en funktion av produkten av gasens tryck ( $p$ ) och avståndet mellan de två elektroderna ( $d$ ). En urladdning mellan elektroderna bildas om spänningen är högre än det kritiska värdet. Urladdning är alltså fullständig, laddade partiklar (elektroner och joner) transporteras mellan elektroderna, en 'ström' leds genom luftgapet (Bild 19, högra delen).



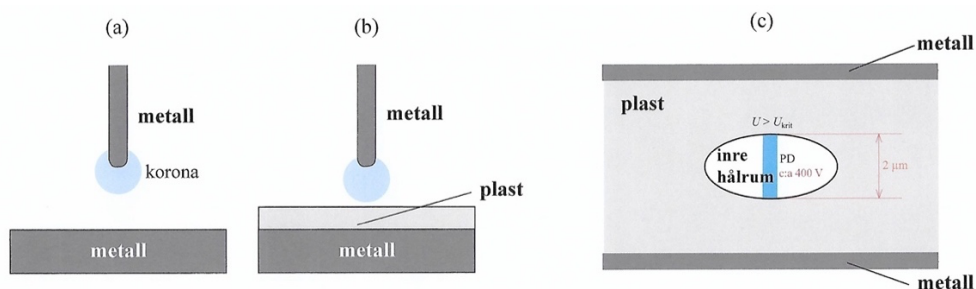
Figur 19. Fullständig urladdning i homogent elektriskt fält

En annan typ av urladdning sker vid lägre spänningsnivåer i inhomogena elektriska fält där den elektriska fältstyrkan är olika beroende på position. Detta sker vid spetsiga elektroder (schematiskt visat i Bild 20, vänstra delen). Urladdning är ofullständig. Runt den laddade elektroden i exemplet uppstår ett blått ljussken som en korona. Initieringen av korona beskrivs av andra empiriska formler (t.ex. Peeks formel) än Paschens lag. Man brukar säga att koronan är ett kallt plasma, i vilket elektronerna har en högre temperatur (kinetisk energi) än jonerna. Ett plasma är ett tillstånd hos materien som utmärks av att elektronerna är delvis separerade från atomkärnorna och laddade partiklar (elektroner och joner) finns ofta tillsammans med andra reaktiva ämnen (bl.a. fria radikaler). Processerna i plasmat ger också upphov till bildning av ljus, både synligt ljus och UV. Vid högre spänningar uppstår andra typer av relaterade urladdningar och om spänningen blir tillräckligt hög sker en fullständig urladdning som brygger över mellan elektroderna. (Bild 2, högra delen)



Figur 20. Korona urladdning i ett inhomogent elektriskt fält

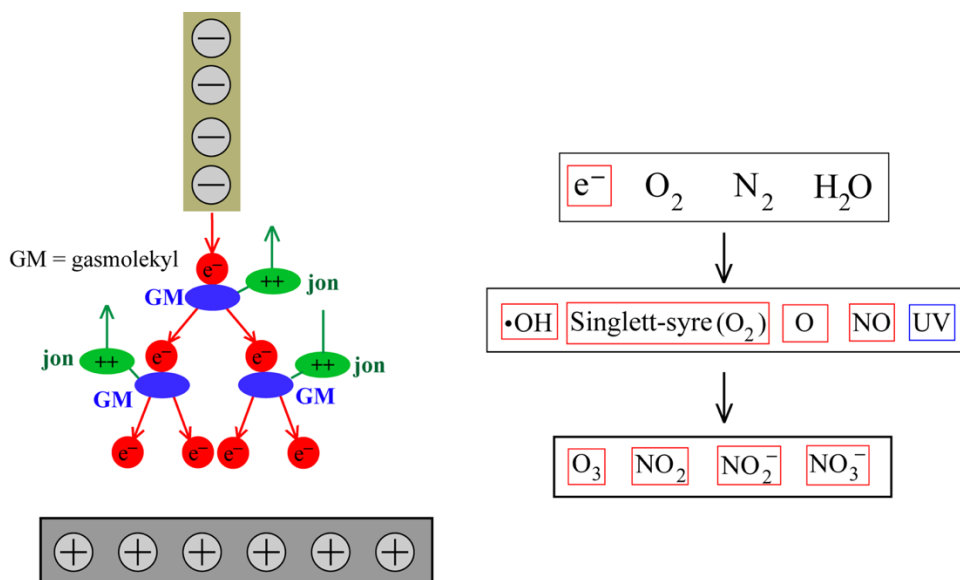
Bild 21 (vänstra delen) visar korona utgående från en spetsig elektrod vid metall och en plastisolering. Det kalla plasmat emitterar skadligt UV-ljus och farliga ämnen som med tiden kommer att nedbryta materialen. Den högra delen av Bild 21 visar ett inre hålrum i en plastisolering och hur inre urladdningar kan ske om spänningen är tillräckligt hög, vilket leder till bildningen av trädliknande mikroskopiska hålrum.



Figur 21. Några exempel på urladdningar

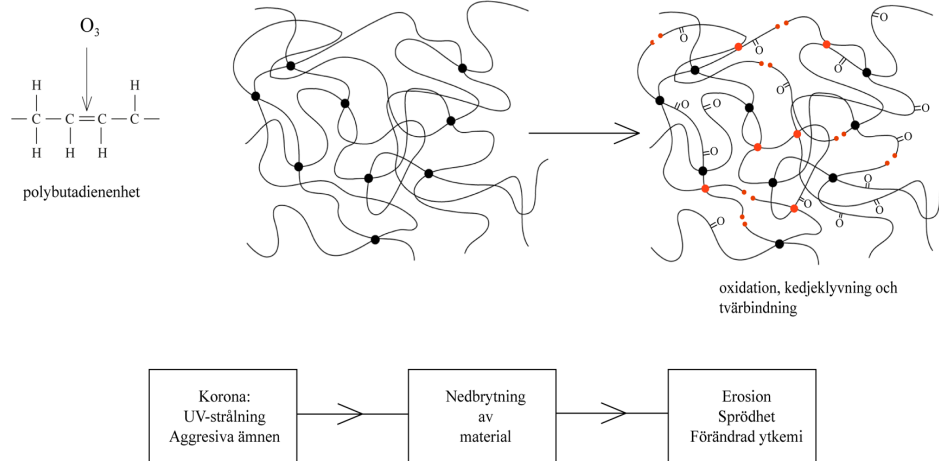
Korona genererar energirik (farlig) strålning och aggressiva ämnen (Bild 22). I koronan emitteras fria elektroner som accelereras i det elektriska fältet. Kollisionerna mellan elektroner med hög hastighet gör att gasmolekyler joniseras och en rad olika reaktiva ämnen bildas. Luft består av kvävgas ( $N_2$ ), syrgas ( $O_2$ ), argon (Ar), vattenånga ( $H_2O$ ) och mindre mängder av koldioxid ( $CO_2$ ) och olika spårämnen. Dessa ämnen utgör smörgåsbordet för de snabba elektronerna vilket leder till bildning av joner, starka oxidanter (bl.a ozon, singlett-syre och hydroxylradikaler), sura ämnen (kväveoxider) och energirik UV-strålning, vars fotoner har högre energi än den UV-strålning som når oss från solen. Det korona-

utsända UV-ljuset med en våglängd mellan 210 och 480 nm degraderar omgivande plast- och gummimaterial mycket mer än solljus.



Figur 22. Bildningen av kallt plasmat bestående av elektroner, joner, fria radikaler och andra reaktiva ämnen (bl.a. ozon, singlett syre) och UV-strålning som utmärker korona

Ozon ( $O_3$ ) är en instabil förening som bryts ned till vanlig syrgas ( $O_2$ ) och som oxiderar andra ämnen; plast och gummi är mest känsliga men även de flesta metaller oxideras. Ozon oxiderar alla elektrotekniskt använda metaller och kvävemonoxid ( $NO$ ) till  $NO_2$  och  $NO_3$ . Ozon oxiderar omättade gummipolymerer såsom naturgummi, SBR-gummi och nitrilgummi (Bild 23, vänstra övre delen). Processen kallas ozonolys. Hydroxylradikaler ( $\bullet OH$ ) och singlettsyre är andra reaktiva ämnen som bildas och de initierar nedbrytning av plast och gummi. Högenergetiska elektroner ( $\leq 100$  eV) initierar radikalbildning och därmed oxidationsreaktioner och kemisk nedbrytning (Bild 23, högra övre delen). Kvävedioxid ( $NO_2$ ) är en stark oxidant och i vatten bildas bl.a. salpetersyra ( $HNO_3$ ), ett surt ämne som degraderar plast, gummi och metall. Korona skapar alltså en miljö som är starkt nedbrytande på de flesta material. För polymerer (plast och gummi) kan nedbrytning uttryckas med en faktor  $P = \Delta m/t$ , där  $\Delta m$  är viktminskningen under tidsperioden  $t$ . Ett högt värde på  $P$  visar att materialet har låg koronabeständighet. Tabell 1 visar  $P$ -värden för några vanligt förekommande polymerer (observera att plast och gummi består av polymerer, stora molekyler som består av många likadana atomenheter (repetierande enheter)). Observera att de värden som presenteras i tabellen avser rena plast- och gummimaterial. Inblandning av oorganiska fyllmedel, vilket också inbegriper nanopartiklar (10 – 100 nm i storlek) har ofta en gynnsam effekt på materialens tålighet mot korona. Många moderna material, i synnerhet gummimaterial, är ofta kompositter.



Figur 23. Skiss över nedbrytningen av polymera material inducerad av korona

Tabell 1. Nedbrytningskoefficient ( $P$ ) värden.

Polymer	$P$
Polyimid (PI)	0.00
Silikongummi (SIR)	0.05
Aromatisk polyamid (PA)	0.15
Polyeten (PE)	0.24
Polyvinylfluorid (PVF)	0.32
Polytetrafluoretylen (PTFE)	0.35
Polystyren (PS)	0.35
Polyetylentereftalat (PET)	0.46
Polykarbonat (PC)	0.57
Polyvinylklorid (PVC)	0.60
Polypropen (PP)	0.88
Cellulosa-acetat (CA)	1.35

Källa: Japanese Electrical Society Technical Report, II, no. 43 (1976).

Bild 24 visar några exempel på korona-inducerade skador. Kabel-ändavslutningar är den mest förekommande komponenten som skadas av korona i nätstationerna. Bildningen av sura ämnen samt förekomsten av ozon ökar risken för korrosionsskador på metalliska material, som vi ser två exempel på i Bild 24.



**Figur 24.** Skador orsakade av korona på polymera isolationsmaterial (vita banden på isoleringen, vänster) och metaller (korrosion; bilderna till höger)

## 8 Elektronmikroskop, KTH

Då ändavsluten är grundorsaken till PD-aktivitet i nio av tio drabbade nätstationer är det kritiskt att undersöka hur allvarlig nedbrytningen av dem är. Enligt teorin bryter UV-ljuset ner de skyddande polymererna i avslutet vilket leder till livsfara när de inte längre isolerar som de är designade att göra. KTH tog sig an uppgiften att undersöka påverkade polymerer mha elektronmikroskop.

Ett PD-drabbat avslut väljs ut och jämförs med ett PD-fritt avslut. Ett prov skars ut från respektive avslut.



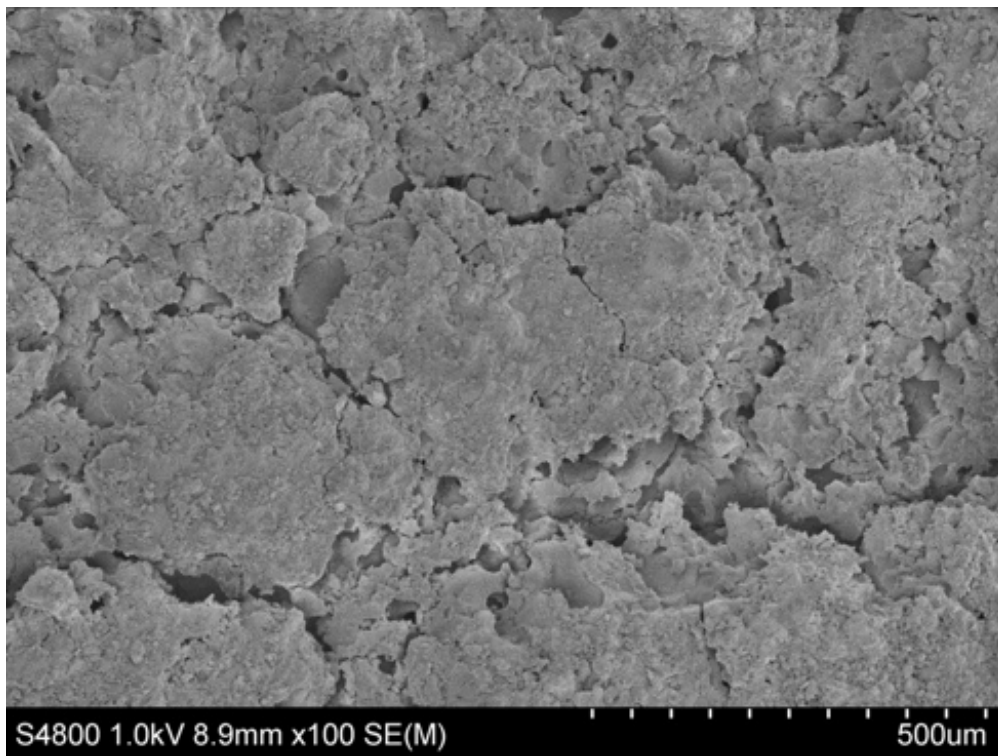
Figur 25. Avslut som uppvisat PD



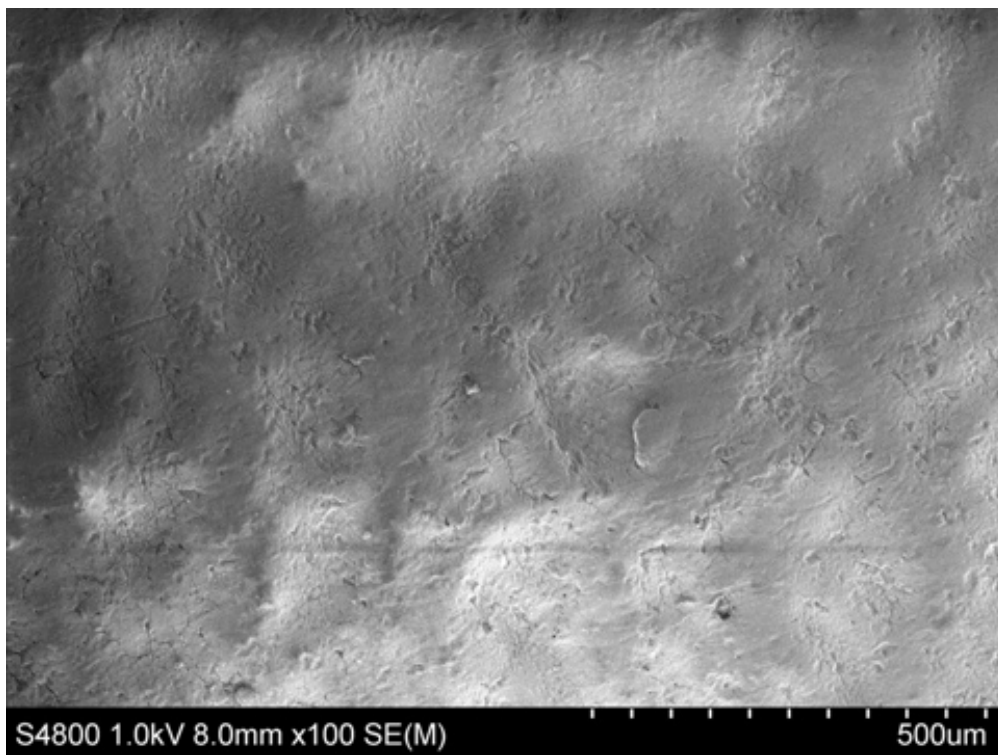
Figur 26. Avslut som är fritt från PD

Därefter scannas de båda proven i ett elektronmikroskop. Elektronmikroskopet visar att det i det PD-utsatta avslutet har skapats mikrosprickor medan det PD-fria avslutet är homogent. Mikrosprickorna innebär med stor sannolikhet att polymerens isolerande effekt förlorats medan det PD-fria avslutet troligtvis fortfarande levererar den isolation som det designats för.





Figur 27. Avslut som uppvisat PD



Figur 28. Avslut som är fritt från PD



## 9 Diskussion

**Resultatet visar att ca var femte nätstation är defekt, med en förkortad ekonomisk livslängd som konsekvens. Vidare ser vi att det primärt verkar vara en komponent som är grundorsaken till PD-aktivitet i nätstationer, ändavslutet. Vi kan utläsa att relativ luftfuktighet har en mycket stor påverkan på PD-aktiviteten i nätstationer. Vidare ser vi att vissa geografier, årsmodeller och fabrikat verkar vara utsatta i större omfattning. Vad betyder resultatet i praktiken och hur tar vi oss vidare?**

Att så många som en av fem nätstationer är defekta är ett akut problem. För vissa fabrikat, årsmodeller och geografier är andelen defekta stationer ännu större. Detta borde anses totalt oacceptabelt av hela branschen. Mångmiljardbelopp har investerats i nätstationer och det är så klart oerhört viktigt att branschen säkerställer att förväntad funktion och livslängd garanteras. Detta är kritiskt från nätägarnas perspektiv men också från konsumenternas perspektiv och inte minst ur ett säkerhetsperspektiv.

Vi har sett ovan att livslängden på en nätstation kan bli mycket kort vid pågående PD-aktivitet. Fallstudien från E.ON visar att en station kan vara helt slut 11 år efter driftsättning samt 6 år efter att en koronabesiktning skulle resulterat i allvarlighetsgraden C. Ett rimligt antagande är att det också kan ta 20-25 år innan stationen är helt slut vid mer gynnsamma omständigheter, men lika troligt är att det också kan leda till livslängder betydligt kortare än 11 år. Det är alltså högst troligt att det finns tusentals nätstationer i Sverige som redan kommit långt i nedbrytningsprocessen. Därmed är det kritiskt att agera snabbt i två steg. Först identifiera drabbade stationer och sen planera in åtgärder beroende på allvarlighetsgrad.

Ett av målen i projektet var att fullt ut förstå grundorsaken till varför PD-aktivitet uppstår. Projektet har tydliggjort att grundorsaken till PD-aktivitet är ändavsluten. Exakt vad som skapar PD i vissa ändavslut men inte i andra är fortfarande oklart. Diskussioner i referensgrupp och med experter inom nätstationer har landat i att montören tvingas arbeta för snabbt, att stationerna är för små och erbjuder för lite plats för att utföra installationen korrekt, att det är svårt att värma avsluten tillräckligt vid installation, att man tvingats böja avsluten för mycket, att det kommit in sand eller fukt vid installationen, att man skurit för djupt med kniv etc. Det verkar alltså vara något i installationsprocessen som går fel ibland och att design och material inte är tillräckligt förlåtande för att tillåta misstag vid installation. Exakt vad som har gått fel vet bara personen som utförde arbetet för 5, 10, 15 år sedan.

Även arbetsmiljöaspekten har diskuterats under projektet. Primärt verkar det finnas tre allvarliga arbetsmiljöaspekter. Allvarligast är risken för ljusbåge när personal öppnar nätstationen. Ljusbågen kan uppstå när isolationen i ljusbågen försvagats så pass mycket att den inte länge isolerar potentialskillnaden som den designats för. Utöver detta kan salpetersyrligheten som skapas vid PD-aktivitet, och i sin tur skapar oxidationen av metaller, leda till frätskador på huden vid

beröring. Exempelvis har E.ON haft personal som tvingats söka vård för frätskador på händerna. PD-aktiviteten skapar också ozon som är en giftig gas att andas in.

Luftfuktigheten är tydligt en viktig parameter för PD-aktivitet. Vi har sett att relativ luftfuktighet på över 90% leder till PD-aktivitet i dubbelt så stor utsträckning som vid RH 60-70%. Detta betyder att vi behöver ta reda på hur hög luftfuktigheten är inne i nätstationerna under året. Potentiellt är den mycket högre stora delar av året än vid besiktningstillfället då man öppnat upp stationen och aktuell luftfuktighet i stationen blivit samma som utomhus. Detta betyder också att PD-aktivitet potentiellt kan pågå i stationen stor del av året i nätstationen men att den avbryts vid besiktningstillfället ifall RH utomhus är låg. Därmed kan felfrekvensen vara ännu högre än de 18% som projektet påvisat. Det betyder också att en lägsta tillåten RH utomhus vid besiktning bör fastställas för att säkerställa besiktningen registrerar all skadlig PD-aktivitet.

Sammanfattningsvis har vi ett mycket stort problem med PD-aktivitet i nätstationer i Sverige. Samtidigt är problemet mycket akut. Kombinationen av stort och akut kräver att branschen agerar omedelbart. Projektet har primärt syftat till att förstå hur utbrett problemet med PD-aktivitet är och hur allvarligt det är för branschen. Syftet har också varit att skapa förståelse kring var och hur problemet uppstår och utvecklas. Det finns nu kunskap inom dessa områden, iaf för 20 kV, och det är nu kritiskt att flytta fokus till att skapa en åtgärdsplan för att hantera problemet.

## 10 Slutsatser

**Slutsatsen av projektet är att problemet med PD-aktivitet i nätstationer är omfattande och allvarligt och därmed behöver adresseras.**

- 18% av stationerna i underlaget är drabbade av PD-aktivitet
- Projektet har undersökt 20 kV-stationer. Problemet med 10kV kan antas vara utbrett då orsakerna till problemet i 20 kV-stationer är relevanta också för 10 kV
- Problemet med PD-aktivitet har stora ekonomiska konsekvenser, men också arbetsmiljömässiga och påverkar också tillförlitligheten i leverans av el till kunder
- Koronasensorn är den bästa metoden för att identifiera PD-aktivitet i nätstationer
- Ändavsluten är orsaken till PD-aktiviteten i nio av tio PD-drabbade nätstationer
- Årsmodeller 2005–2016 verkar drabbade i störst utsträckning
- Södra Sverige verkar drabbat i större utsträckning än norra Sverige
- Luftfuktigheten verkar ha mycket stor påverkan på PD-aktiviteten i nätstationer
- PD-aktiviteten leder till alltför snabb nedbrytning av metaller i nätstationer
- PD-aktiviteten leder till alltför snabb nedbrytning av polymerer i nätstationer
- Den accelererade nedbrytning leder till kraftigt minskad ekonomisk och teknisk livslängd
- Det finns ett akut behov av att lokalisera stationer med PD-aktivitet i nätet
- Det finns ett akut behov att definiera åtgärder för att eliminera eller minimera PD-aktiviteten i nätstationer
- Det finns ett akut behov att undersöka om problematiken hos 20kV stationer även gäller 10 kV stationer
- Det finns ett akut behov att kvantifiera kostnaden av att inte identifiera och åtgärda drabbade stationer
- Det finns ett akut behov att definiera en optimal besiktningstrategi för att identifiera så många drabbade stationer till så låg kostnad som möjligt
- Det finns ett akut behov att utföra en konsekvensanalys av problemet med PD-aktivitet i nätstationer

# PD-AKTIVITET I NYARE NÄTSTATIONER

PD-besiktning har utförts av ca 2000 nätstationer tillhörande svenska nätägare. Resultatet har analyserats vilket leder till följande slutsatser:

- Det finns ett mycket stort problem med PD-aktivitet i svenska nätstationer.
- PD-aktiviteten leder till kraftigt förkortad livslängd hos nätstationerna.
- För att säkerställa förväntad livslängd krävs omedelbar definition av strategi för att identifiera drabbade stationer samt åtgärdsplan för de defekter som identifieras.

## Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på [energiforsk.se](http://energiforsk.se).

