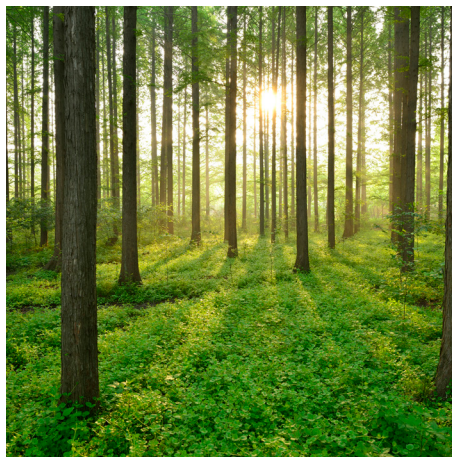
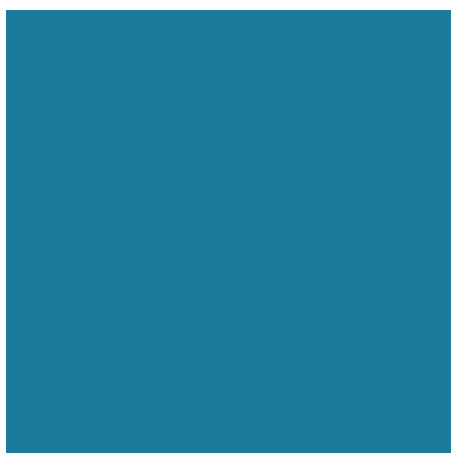


LIVSLÄNGDSANALYS AV ÅLDRADE BETONGSTOLPAR

RAPPORT 2026:1176



UNDERHÅLL AV ELNÄT



Livslängdsanalys av åldrade betongstolpar

TOMMIE LINDQUIST OCH ALBERTO LÉON

978-91-89917-19-4 | © Energiforsk mars 2026

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

Förord

Programmet *Underhåll för elnät* har initierat projektet *Livslängdsanalys av åldrade betongstolpar* ingår som innefattar tester på 10 st betongstolpar avseende åldrande och återstående livslängd. Resultatet ökar kunskapsläget för åldrande betongstolpar och gör en uppskattning av återstående livslängd för betongstolparna baserat på stickproven.

Projektet har bl.a. genomfört skadekartering av stolpar, provtagning av kax, analys av klorider och tryckhållfasthet i betongen, mätning av täckande betongskikt och karbonatiseringsdjup samt scanning med georadar. Projektets projektledare var Tommie Lindquist och tester utfördes av Alberto Leon på RISE.

Stort tack till programstyrelsen för deras engagemang i projektet:

- Mohammed Abudaher, Mölndal Energi Nät
- Homan Aldén, Energiföretagen Sv. (adj)
- Fredrik Andersson, Elinorr Ek. förening
- Joakim Andersson, Ystad Energi
- David Berg, Falu Elnät
- Jon Danielsson, Skellefteå Kraft Elnät
- Jimmy Glimdal, Öresundskraft
- Johan Gustafsson, Göteborg Energi Nät
- David Håkansson, Borås Elnät
- Jan Olof Jonsson, Jämtkraft Elnät (ordförande)
- Hans Lagergren, Svenska kraftnät
- Johan Lindblad, Hitachi Energy Sweden
- Tommie Lindquist, RISE
- Julius Lundqvist, Jönköping Energi Nät
- Joakim Sandvik, E.ON Energidistribution
- Anders Sjökvist, Falkenberg Energi
- Eva Slätis, Norrtälje Energi
- Kenneth Stefansson, Vattenfall Eldistribution
- Anton Svensson, Ellevio

Tack även till referensgruppen som stöttat projektet och bidragit med erfarenheter; Pernilla Owe och Driton Mehmeti, båda på Vattenfall Eldistribution.

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

- | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| • E.ON Energidistribution | • Jönköping Energi Nät | • Elektra Nät |
| • Vattenfall Eldistribution | • Hitachi Energy Sweden | • Gävle Energi |
| • Ellevio | • Bodens Energi Nät | • Hamra Besparingsskog |
| • Svenska kraftnät | • Borås Energi Nät | • Härjeåns Nät |
| • Göteborg Energi Nät | • Luleå Energi | • Härnösand Elnät |
| • Öresundskraft | • Falu Energi & Vatten | • Ljusdal Elnät |
| • E.ON Energidistribution | • PiteEnergi Elnät | • Malungs Elnät |
| • Vattenfall Eldistribution | • Norrtälje Energi | • Sandviken Energi Nät |
| • Ellevio | • Eskilstuna Elnät | • Sundsvall Elnät |
| • Svenska kraftnät | • Mölndal Energi Nät | • Söderhamn Elnät |
| • Göteborg Energi Nät | • Falkenberg Energi | • Åsele Elnät |
| • Öresundskraft | • Ystad Energi | • Årsunda Kraft & Belys.fören. |
| • Tekniska verken i Linköping | • Elinorr ekonomisk förening; | • Hofors Elverk |
| • Skellefteå Kraft Elnät | • Bergs Tingslags Elektriska | • Övik Energi Nät och |
| • Jämtkraft Elnät | • Blåsjön Nät | • Energiföretagen |
| • Umeå Energi Elnät | • Dala Energi Elnät | |

Stockholm i december 2025

Susanne Stjernfeldt

Energiforsk AB
Forskningsområde Elnät, Vindkraft och Solel

Sammanfattning

Betongstolpar utgör en mindre, men ändå icke försumbar, del av stolparna i det svenska elnätet och förekommer både i lokal-, region- och stamnät. Trots att dessa stolpar ofta förväntas ha en livslängd på över 100 år, saknas det detaljerad kunskap om hur de faktiskt åldras under svenska klimatförhållanden. Projektet har initierats för att fylla denna kunskapslucka och genom att Vattenfall Eldistribution raserat en 25 år gammal linje med betongstolpar har projektet fått möjlighet att undersöka och analysera åldrandet hos dessa konstruktioner.

Genom fältundersökningar och statistisk analys har 28 betongstolpar i det svenska elnätet undersökts för att bedöma deras återstående livslängd. Undersökningen omfattade bland annat okulärbesiktning, skade- och sprickkartering, provtagning av betong, mätning av täckande betongskikt och karbonatiseringsdjup, tryckhållfasthetstester samt scanning med georadar. Resultaten visar att stolparna generellt har god beständighet och hög tryckhållfasthet, men att en mindre andel uppvisar skador som påverkar livslängden negativt.

Den statistiska analysen, baserad på bootstrapping, indikerar att den genomsnittliga återstående livslängden efter 25 år i drift är cirka 54 år, vilket innebär att en stolpe kan förväntas ha en livslängd på totalt cirka 79 år under nuvarande förhållanden. För de stolpar som hade skador är den förväntade genomsnittliga totala livslängden endast 33 år, dessa utgjorde totalt 25% av de undersökta stolparna.

Resultaten ger underlag för förbättrade underhålls- och reinvesteringsbeslut för befintliga betongstolpar i svenska elnät. En detaljerad undersökningsrapport finns bifogad som appendix.

Summary

Concrete poles constitute a minor, yet non-negligible, part of the Swedish power grid and are found in local, regional, and transmission networks. Although these poles are often expected to have a service life exceeding 100 years, there is a lack of detailed knowledge about how they actually age under Swedish climate conditions. This project was initiated to fill this knowledge gap, and by Vattenfall Eldistribution decommissioning a line with concrete poles 25 years old, the project was given the opportunity to investigate and analyse the ageing of these structures.

Through field investigations and statistical analysis, 28 concrete poles in the Swedish power grid were examined to assess their remaining service life. The investigation included visual inspection, damage and crack mapping, concrete sampling, measurement of concrete cover and carbonation depth, compressive strength tests, and scanning with ground-penetrating radar. The results show that the poles generally have good durability and high compressive strength, but a smaller proportion exhibit damages that negatively affects their service life.

The statistical analysis, based on bootstrapping, indicates that the average remaining useful life after 25 years of operation is approximately 54 years, meaning a pole can be expected to have an average total service life of about 79 years under current conditions. For the poles that showed damage, the expected average total service life is only 33 years; these accounted for 25% of the poles examined.

The results provide a basis for improved maintenance and reinvestment decisions for existing concrete poles in the Swedish power grid. A detailed investigation report is attached as an appendix.

Innehåll

1	Bakgrund	7
2	Mål och syfte	8
3	Rapportens upplägg	9
4	Undersökning av betongstolpar	10
4.1	Förutsättningar	10
4.2	Undersökning	10
4.3	Resultat	11
5	Statistisk analys	14
5.1	Metod	14
5.2	Förväntad återstående livslängd	14
5.3	Resultat	19
6	Diskussion	20
7	Referenser	21
Appendix A:	Undersökning av betongstolpar – en livslängdsanalys	22

1 Bakgrund

I det svenska elnätet finns i dagsläget ett icke försumbart antal betongstolpar installerade, såväl i lokal-, region- och stamnät, det exakta antalet är dock okänt. När många av dessa stolpar installerats gjordes utfästelser om livslängder på mer än 100 år men erfarenheterna kring hur dessa stolptyper åldras i svenskt klimat och miljö är inte väl kända.

I och med att Vattenfall Eldistribution skulle radera en 25 år gammal linje med betongstolpar gavs ett bra tillfälle att skaffa mer kunskap i frågan. Den aktuella linjen byggdes av Viskans Kraft som ett utvecklingsprojekt där man sökte alternativa stolpar till impregnerat naturvuxet trä.

När ytterligare överföringskapacitet behövdes i området beslutades att luftledningen skulle raderas och ersättas med markkabel. Detta gav RISE möjlighet att undersöka stolparna för att se hur de hade åldrats.

Av speciellt intresse har varit att studera eventuella effekter av svenskt klimat på dessa stolpar eftersom betongstolpar inte är speciellt vanliga i Sverige men är desto vanligare på andra håll i världen.

2 Mål och syfte

Målen för detta projekt delas upp i två delmål.

Mål 1: Generellt utöka kunskapsläget kring hur betongstolpar åldras i svensk miljö och klimat.

Mål 2: Leverera en uppskattning av återstående livslängd för ett stickprov om 10 stolpindivider som varit i drift i 25 år, via tester på betongen. Uppskatta återstående livslängd för den aktuella populationen betongstolpar längs hela linjen baserat på stickprovet.

3 Rapportens upplägg

Denna rapport innehåller en övergripande sammanfattning och analys för projektet Livslängdsanalys av åldrade betongstolpar. För att ge en fullständig bild av projektets genomförande och resultat har rapporten ett omfattande appendix, som utgör huvuddelen av arbetet. I appendix återfinns detaljerade beskrivningar av undersökningar, metoder, resultat och analyser som ligger till grund för de slutsatser som översiktligt presenteras i rapporten.

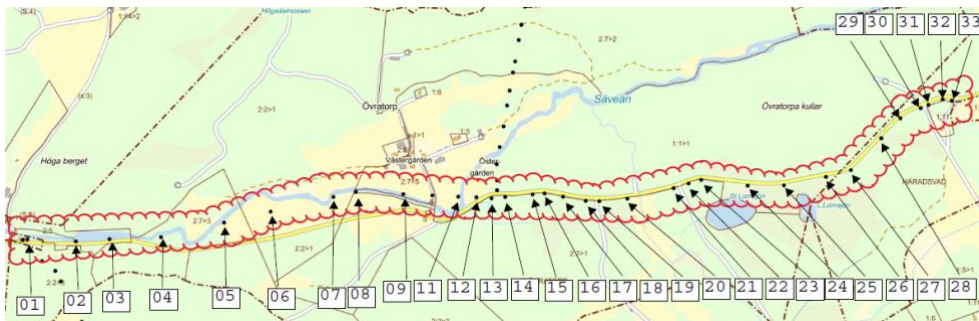
Rapporten är strukturerad som följer, Kapitel 4 beskriver övergripande undersökningen av betongstolparna, där förutsättningar, genomförande och resultat från fältundersökningarna redovisas översiktligt. Kapitel 5 behandlar den statistiska analysen som ligger till grund för uppskattningen av stolparnas återstående livslängd, inklusive gruppering av skadegrader, antagna sannolikhetsfördelningar och hantering av osäkerheter med bootstrap-metodik. Kapitel 6 innehåller en diskussion kring resultaten, där möjliga orsaker till observerade skador analyseras och resultatens tillförlitlighet och generaliserbarhet diskuteras. Kapitel 7 presenterar de referenser och källor som använts i rapporten. Appendix A: innehåller komplett beskrivning av undersökningar, metoder, resultat och analyser, och utgör den mest detaljerade redovisningen av projektets genomförande

4 Undersökning av betongstolpar

4.1 FÖRUTSÄTTNINGAR

Det fanns totalt 33 stolpar på sträckan, varav 32 var betongstolpar, se **Error! Reference source not found.** Som kan ses i figuren hade sträckan totalt 33 stolpar men stolpe 10 var av trä och ingick därmed inte i undersökningen.

Det saknades tillgänglig information om stolparnas konstruktion, såsom ritningar eller motsvarande teknisk dokumentation och det var inte heller möjligt att med säkerhet fastställa om stolparna var ihåliga eller solida före genomförandet av undersökningen.



Figur 1: Aktuell ledningssträcka med totalt 32 betongstolpar

Den planerade undersökningen omfattade bedömning det tekniska tillståndet av totalt 10 betongstolpar som, efter raseringen, skulle läggas på ett speciellt upplag där undersökningarna skulle genomföras. Det visade sig emellertid inte möjligt för Vattenfalls entreprenör att riva stolparna i oskadat skick. Undersökningarna fick därför genomföras med stolparna på plats men med ledningen i spänningslöst tillstånd.

4.2 UNDERSÖKNING

Undersökningen utfördes 2025-09-03 av Alberto León och Tommie Lindquist från RISE. Vid undersökningen utfördes följande moment (som beskrivs i mer detalj i Appendix A:):

- Okulärbesiktning med skade-/sprickkartering
- Uttagning av prov i form av kaxpulver
- Mätning av täckande betongskikt och karbonatiseringsdjup
- Mätningar av betongens tryckhållfasthet med studshammare
- Scanning med georadar

Då undersökningarna gick snabbare än förväntat genomfördes tillståndsbedömningar på totalt 28 stolpar, i stället för de planerade 10.

Dokumentation och detaljerade resultat från undersökningarna finns redovisade i Appendix A:.

4.3 RESULTAT

Sammanfattningsvis visar rapporten i Appendix A: att betongstolparna generellt uppvisar god beständighet och hög tryckhållfasthet.

Dock visade undersökningen att endast 21 av 28 undersökta betongstolpar var utan skador (skadegrad 1 innebär endast ytliga skador utan påverkan på funktion eller säkerhet och betraktas här som oskadad), medan 7 stolpar uppvisade skador med skadegrader varierande mellan 2 och 4, se Tabell 1.

Tabell 1. Sammanfattning av skadegrad hos undersökta betongstolpar

Skadegrad	Återstående livslängd	Antal	Andel
0	≥ 30 år	20	71%
1	≥ 30 år	1	4%
2	10 -20 år	2	7%
3	5 – 10 år	3	11%
4	Ingen livslängd kvar	2	7%

Den återstående livslängden för stolparna uppskattades med beaktande av armeringens skydd mot korrosion samt skadornas omfattning, se Appendix A:.. Dessa uppskattningar gäller under förutsättning att stolparnas exponering förblir oförändrad och att inga förebyggande åtgärder vidtas.

På fotografierna nedan syns exempel på en oskadad stolpe med skadegrad = 0 (se Figur 2), samt en stolpe utan återstående livslängd med skadegrad = 4 (se Figur 3).

Värt att notera är att tre av de sju skadade stolparna (två med skadegrad 3 och en med skadegrad 4) hade identifierats och getts anmärkningar vid den återkommande stolpbesiktningen, som enligt Vattenfalls besiktningsprotokoll hade genomförts 2024-11-13.



Figur 2. Stolpe utan anmärkning (skadegrad = 0)



Figur 3. Stolpe med pågående armeringskorrosion (skadegrad = 4)

Eftersom det inom projektets ram inte fanns möjlighet att undersöka dessa skador närmare efter att stolparna hade rivits, kan inga entydiga orsaker till de observerade skadorna på vissa av stolparna fastställas. Det är inte heller helt klarlagt varför just dessa stolpar uppvisar skador medan andra har varit helt oskadade.

En möjlig förklaring är att vissa av stolparna inte har dimensionerats tillräckligt väl med hänsyn till de belastningar de utsatts för under sin livslängd, vilket kan ha resulterat i mekanisk överbelastning som därigenom orsakat sprickbildning i stolparnas övre delar. I samband med skadat toppskydd kan detta ha lett till att fukt trängt in i sprickorna, vilket kan ha förvärrat sprickbildningen genom frostsprängning. Denna kombination kan, i sin tur leda till att armeringen förlorar sitt skydd mot korrosion som accelererar degraderingen av konstruktionen. Det finns dock inte tillräckligt underlag att fastslå att detta är fallet, utan denna teori får betraktas som en expertbedömning, givet de underlag som fanns till hands.

5 Statistisk analys

Syftet med analysen är att uppskatta den genomsnittliga återstående livslängden för stolparna, baserat på de livslängdsskattningar som presenteras i utredningen i Appendix A; samt att belysa de osäkerheter som är förknippade med dessa uppskattningar.

Av de 32 betongstolpar på den aktuella ledningssträckan, tillståndsbedömdes 28. De fyra stolpar som saknar tillståndsbedömning har inte ingått modelleringen, men med en täckning på 88% är bedömningen att huvudslutsatserna är representativa för hela linjen.

5.1 METOD

Analysen i denna rapport bygger på att varje stolpe placeras i en av fyra klasser baserat på sin bedömda skadegrad. För varje klass antas en sannolikhetsfördelning för återstående livslängd, baserat på expertbedömningen i Appendix A:

För att ta hänsyn till osäkerheten i både skadegradernas fördelning och i bedömningen av återstående livslängd används en så kallad bootstrap-metod. Bootstrapping är en statistisk teknik där man, genom att upprepa analysen många gånger med slumpmässiga variationer, kan uppskatta hur resultaten kan variera som om undersökningen i fält hade upprepats flera gånger [1] [2].

I varje omgång av analysen slumpas först andelarna mellan skadeklasserna fram, så att fördelningen av stolpar mellan klasserna kan variera mellan simuleringarna. Därefter slumpas parametrarna för sannolikhetsfördelningarna för varje klass, så att även dessa kan variera mellan bootstrap-replikaten och därmed spegla osäkerheten i expertbedömningarna. Sedan simuleras ett stort antal stolpar utifrån dessa förutsättningar och medelvärdet för återstående livslängd beräknas. Denna process upprepas sedan många gånger, vilket ger en empirisk fördelning av möjliga medelvärden för återstående livslängd. På så sätt kan både variationen i skadegrad och osäkerheten i livslängdsbedömningarna kvantifieras och presenteras som punkttestimat och konfidensintervall.

5.2 FÖRVÄNTAD ÅTERSTÅENDE LIVSLÄNGD

Innan själva analysen kan genomföras behöver de insamlade observationerna och expertbedömningarna från Appendix A: struktureras på ett enhetligt sätt. De tillståndsbedömningar som gjorts i fält, där varje betongstolpe har tilldelats en skadegrad från 0 till 4, översätts till intervall för återstående livslängd. För att förenkla analysen och säkerställa tillräckligt underlag i varje kategori slås skadegrad 0 och 1 ihop till en gemensam klass (klass 1), eftersom båda innebär att stolpen bedöms ha minst 30 års livslängd kvar.

De fyra klasserna definieras därmed enligt Tabell 2.

Tabell 2 Indelning av betongstolpar i klasser baserat på skadegrad och återstående livslängd.

Klass	Skadegrad	Återstående livslängd
Klass 1	0–1	> 30 år
Klass 2	2	10–20 år
Klass 3	3	5–10 år
Klass 4	4	0 år

Andelen stolpar i respektive skadeklass w_k sätts då till

$$w_k = \frac{n_k}{N}$$

där n_k är antalet stolpar i klass k och N är det totala antalet undersökta stolpar. De observerade andelarna av stolpar i respektive skadeklass, w_k används som grund för klassvikterna i bootstrap-simuleringen. Vid varje bootstrap-replikat slumpas en ny uppsättning andelar mellan skadeklasserna fram med hjälp av en Dirichletfördelning. Det innebär att fördelningen av stolpar mellan klasserna kan se olika ut i varje simulering, vilket gör att osäkerheten i klassfördelningen inkluderas i analysen. Dirichletfördelningen har egenskaper som medger möjligheten att modellera osäkerheten i andelarna för flera skadeklasser samtidigt, så att de alltid summerar till 1 [1]. Klassvikterna, $\mathbf{w}$ slumpas kring de observerade andelarna i varje replikat enligt

$$\mathbf{w} \sim \text{Dir}(\mathbf{n} + \kappa)$$

där $\mathbf{n}$ är vektorn med antal stolpar i respektive klass, och κ är en svag prior som i denna analys är satt $\kappa = 1$, vilket innebär att en extra "virtuell observation" läggs till varje klass. Detta gör att även klasser med få eller inga observerade stolpar får en liten sannolikhet och att klassfördelningen kan variera mellan replikat. På så sätt fås en mer realistisk uppskattning av osäkerheten i populationen och vi undviker att någon klass får noll sannolikhet i simuleringen.

För att statistiskt kunna hantera osäkerheten i expertens bedömningar antas att återstående livslängd inom varje klass är normalfördelad. För stolpar i klass 1 bedömdes den återstående livslängden vara minst 30 år och den ursprungliga uppskattningen angav att en stolpe kan ha en total livslängd på minst 100 år. Baserat på detta har vi antagit att återstående livslängd för klass 1 kan modelleras som en normalfördelning med väntevärde $\mu_1 = 75$ år och standardavvikelse $\sigma_1 = 10$ år, detta innebär att den totala förväntade livslängden är 100 år igenomsnitt. För klasser 2 och 3 sätts väntevärdet i mitten av det, i Tabell 2, angivna intervallet och en spridning som gör att 95 % av sannolikhetsmassan ligger inom intervallet. Detta innebär att parametrarna för normalfördelningen för klass k (2 och 3) beräknas enligt

$$\mu_k = \frac{L_k + U_k}{2}$$

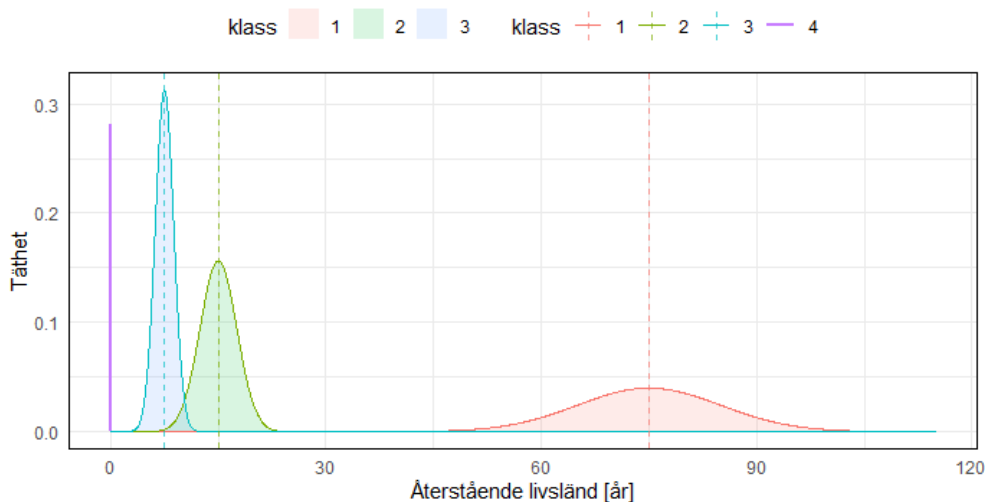
$$\sigma_k = \frac{U_k - L_k}{2 \cdot 1.96}$$

där L_k och U_k är nedre respektive övre gräns för intervallet i klass k . Värdet 1.96 är det tal som approximativt markerar gränsen för de yttersta 2.5% i vardera svans av en standardiserad normalfördelning. Det används för att omvandla det 95 %-konfidensintervallet till motsvarande standardavvikelse i normalfördelningen.

För klasser 1–3 modelleras samtliga återstående livslängder som en trunkerad normalfördelning vid 0, så att inga negativa livslängder tillåts.

För klass 4, där återstående livslängd är noll, antas ingen spridning alls utan hanteras som en punktmassa i 0.

Dessa antaganden gör det möjligt att använda expertbedömningarna i den fortsatta analysen. Utseendet på de antagna fördelningarna för respektive klass illustreras i Figur 4. Figuren visar hur dessa fördelningar ser ut innan osäkerheten i parametrarna modelleras med jitter och bootstrap-simuleringar. Syftet med dem är att ge simuleringen en rimlig startpunkt med hjälp av expertens bedömningar.



Figur 4. Antagna normalfördelningar för återstående livslängd i respektive skadeklass.

För varje bootstrap-replikat slumpas parametrarna (väntevärde och spridning) för sannolikhetsfördelningarna för varje klass, så att dessa kan variera mellan simuleringarna och därmed spegla osäkerheten i expertbedömningarna. För varje klass k dras då parametrarna enligt

$$\mu'_k \sim N(\mu_k, s_{\mu,k}), \text{trunkerad till } [0, \infty)$$

$$\sigma'_k \sim \text{Lognormal}(\log(\sigma_k) - 0.5 \cdot s_{\sigma,k}^2, s_{\sigma,k})$$

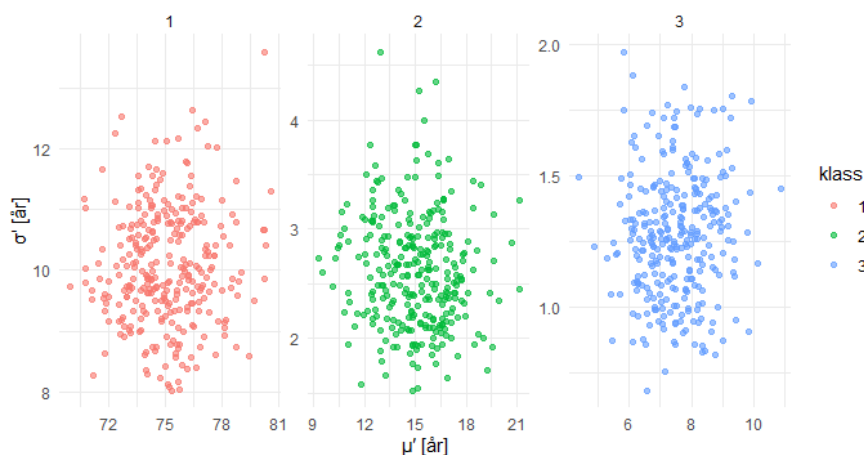
där μ_k och σ_k är expertens skattade värden för väntevärde och standardavvikelse, och $s_{\mu,k}$ är standardavvikelse för μ_k medan $s_{\sigma,k}$ är relativ variationskoefficient för σ_k . Detta innebär att fördelningen för återstående livslängd inom varje klass varierar något mellan replikat, vilket ytterligare ökar kvantifieringen av osäkerhet i analysen. Normalfördelningen används för väntevärdet eftersom den är symmetrisk och därmed lämpad att modellera osäkerhet kring ett genomsnitt när man saknar skäl att anta snedfördelning. Lognormalfördelningen används för standardavvikelsen eftersom den alltid ger positiva värden och kan hantera snedhet, vilket är vanligt för variation i spridningsmått.

I Tabell 3 anges värden för de parametrar som användes i simuleringen. Värdena i tabellen bygger på att det bedöms svårast att uppskatta medelvärdet för oskadade stolpar, men att variationen mellan skadade stolpar är större.

Tabell 3. Parametrar för osäkerhetsjitter vid bootstrap-simulering av återstående livslängd

Klass	s_μ	s_σ
1	2.0	0.1
2	2.0	0.2
3	1.0	0.2
4	-	-

Innan varje bootstrap-replikat påbörjas dras ett väntevärde, μ'_k och en standardavvikelse, σ'_k för återstående livslängd för varje skadeklass k enligt de jitterparametrar som anges i Tabell 3. Dessa parametrar används sedan för att definiera sannolikhetsfördelningen för respektive klass i den aktuella replikatet. Sambandet mellan dessa parametrar illustreras i Figur 5, där 300 kombinationer från vardera av klasserna 1-3 redovisas.



Figur 5. Samband mellan μ' och σ' för olika skadeklasser

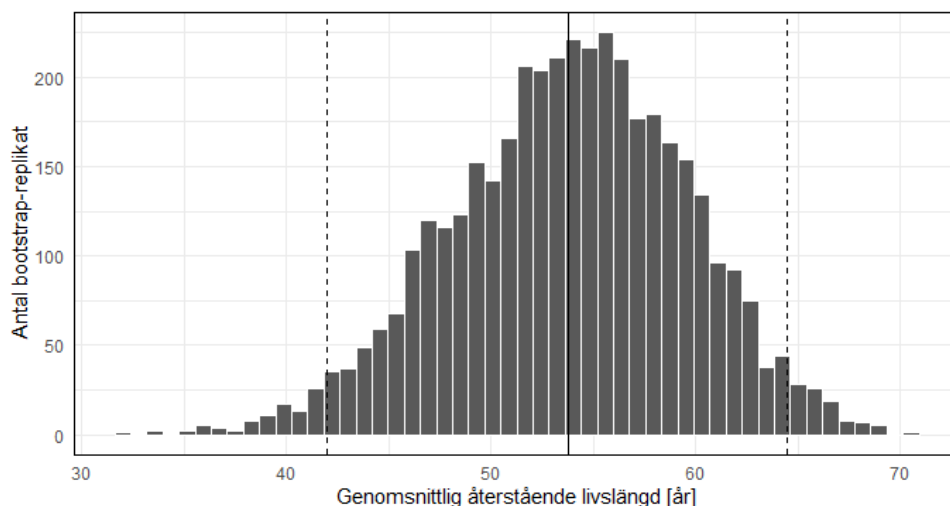
För att uppskatta det genomsnittliga värdet för återstående livslängd används en mixad fördelning. Det innebär att vi, för varje simulerad stolpe (i vårt fall användes $M = 2000$ stolpar), först slumpmässigt väljer en skadeklass utifrån klassandelarna som varierar med hjälp av Dirichlet-jittret. Därefter drar vi ett värde för återstående livslängd från den sannolikhetsfördelning som gäller för aktuell klass. Medelvärdet för återstående livslängd i replikatet beräknas som

$$\bar{X} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M x_i$$

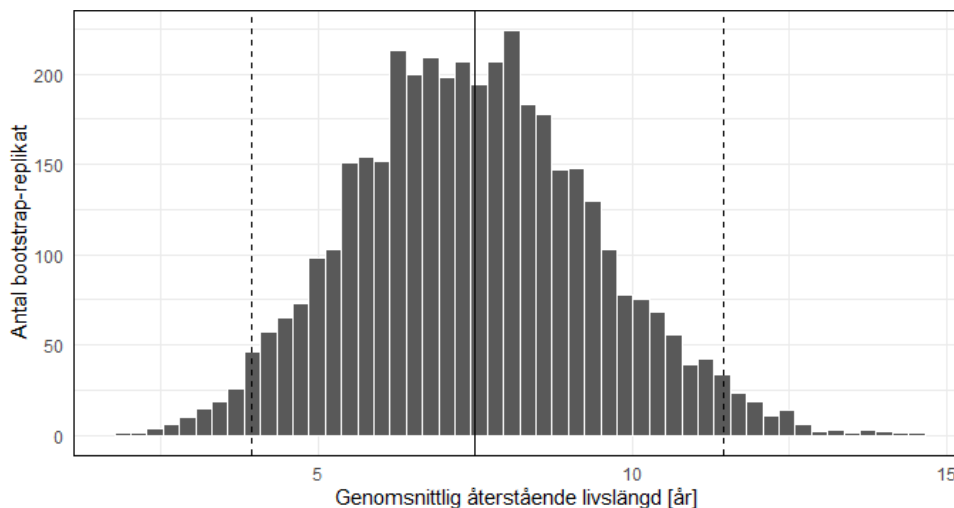
där x_i betecknar den återstående livslängden för den i :te stolpen i replikatet. Denna process upprepas B gånger (i vårt fall var $B = 4000$), vilket ger en bootstrap-

fördelning av medelvärden. Punktestimatet för medelvärdet av återstående livslängd (*RUL*, Remaining Useful Life) ges av

$$\widehat{\mu}_{RUL} = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \bar{X}_b$$



Figur 6. Empirisk fördelning av bootstrappade medelvärden för återstående livslängd efter 25 år, för samtliga klasser. Den heldragna linjen visar punktestimatet och de streckade linjerna markerar 95 % konfidensintervall



Figur 7. Empirisk fördelning av bootstrappade medelvärden för återstående livslängd efter 25 år, för skadade stolpar i klass 2-4. Den heldragna linjen visar punktestimatet och de streckade linjerna markerar 95 % konfidensintervall.

och ett 95%-igt konfidensintervall fås genom att ta 2.5:e och 97.5:e percentilen av bootstrap-fördelningen.

Resultatet av bootstrap-simuleringarna för medelvärdet av återstående livslängd för samtliga klasser visas i Figur 6. Figuren visar att punktestimatet av den genomsnittliga återstående livslängden ligger på 54 år med ett 95%-igt konfidensintervall på [42.0, 64.5]. Detta innebär att en genomsnittlig stolpe

förväntas kunna vara i drift totalt omkring 79 år, givet de observerade skadegraderna och nuvarande förhållanden.

Motsvarande bootstrapping-beräkning för endast de skadade stolparna tillhörande klasser 2-4, ger att punkttestimatet av den genomsnittliga återstående livslängden ligger på 7.5 år med ett 95%-igt konfidensintervall på [4.0, 11.5], se Figur 7. Detta ger att stolparna i denna grupp har en förväntad genomsnittlig total livslängd på 33 år.

5.3 RESULTAT

Resultaten från bootstrap-simuleringarna visar att den genomsnittliga återstående livslängden för en stolpe efter 25 år med 95% sannolikhet inte är mer än 64.5 år, trots att den antagna normalfördelningen för expertbedömning för oskadade stolpar (klass 1) anger ett väntevärde för återstående livslängd på 75 år, se Figur 4.

Detta beror på att även en mindre andel stolpar med skador (klasser 2–4) får stor påverkan på medelvärdet, eftersom deras återstående livslängd är betydligt kortare eller noll. Medelvärdet för hela populationen blir därför en viktad blandning av alla klassers fördelningar, där även låga värden får stort genomslag.

Denna effekt illustreras i Figur 4, där sannolikhetsmassan för skadade stolpar ligger nära noll eller påtagligt lägre än för oskadade stolpar. För de stolpar som hade konstaterade skador efter 25 år i drift (klasser 2–4) är den genomsnittliga totala livslängden endast 33 år, vilket ytterligare förklarar varför medelvärdet för hela populationen blir så mycket lägre än för de oskadade stolparna.

6 Diskussion

Resultaten indikerar att vi tycks ha att göra med två stolppopulationer, där stolparna i den ena, bestående av klasserna 2-4, inte förväntas ha total genomsnittlig livslängd på mer än 33 år. Även beaktat osäkerheten i den skattningen, finns en reell risk att enstaka stolpar i en population kan närma sig slutet av sin livslängd redan efter 30 år. Eftersom orsaken till den snabba åldringen inte är helt klarlagd och det är osäkert hur väl den aktuella populationen är representativ för hela landet, bör resultaten tolkas med viss försiktighet när det gäller risken för fallerande betongstolpar i det svenska elnätet. Vidare, borde det finnas goda möjligheter att kunna identifiera dessa stolpar vid vanlig stolpbesiktning.

För de skadade stolparna finns flera möjliga förklaringar till de observerade skadorna. En möjlig orsak är att vissa av stolparna inte har dimensionerats tillräckligt med hänsyn till de belastningar de utsatts för under sin livslängd, vilket kan ha resulterat i mekanisk överbelastning och därigenom orsakat sprickbildning i stolparnas övre delar. Om toppskyddet dessutom varit skadat kan fukt ha trängt in i sprickorna, vilket i sin tur kan ha förvärrat sprickbildningen genom frostsprängning. Detta kan på sikt leda till ytterligare skador såsom armeringskorrosion, som i sin tur gör att konstruktionen degraderas snabbare. På grund av projektets begränsade omfattning är detta en teori som inte kunnat fastställas slutgiltigt, utan får betraktas som en expertbedömning utifrån det underlag som fanns tillgängligt.

Vidare visar resultaten att både ändstolpar, avgreningsstolpar och raklinjestolpar har drabbats av allvarliga skador, vilket gör att vi inte enkelt kan dra slutsatsen att någon viss typ av stolpe är särskilt utsatt.

Den andra populationen, alltså de stolpar som är oskadade efter 25 år, uppvisar inga tecken på begränsad livslängd i det insamlade materialet och det finns inget som motsäger att dessa kan nå 100 år eller mer.

Till skillnad från många andra delar av världen, där luftföroreningar i kombination med dålig betongkvalitet kan påskynda nedbrytningen [3], verkar den generellt rena luften i den aktuella regionen inte negativt ha bidragit till problem med betongen i stolparna.

Sammanfattningsvis visar resultaten att stolparna har god betongkvalitet och den statistiska analysen indikerar att en genomsnittlig stolpe har en förväntad livslängd på 79 år. Det är dock viktigt att notera att den genomsnittliga återstående livslängden är mycket känslig för andelen stolpar i respektive klass. Även om majoriteten av stolparna är oskadade och har goda förutsättningar för lång livslängd, drar även en liten andel stolpar med allvarliga skador ner medelvärdet kraftigt. Eftersom underlaget är begränsat och osäkerheten ökar vid långa prognoser, bör även detta resultat tolkas med viss försiktighet.

7 Referenser

- [1] B. Efron och R. J. Tibshirani, *An Introduction to the Bootstrap*, Chapman & Hall/CRC, 1993.
- [2] C. E. Marks, A. G. Glen, M. W. Robinson och L. M. Leemis, "Applying Bootstrap Methods to System Reliability," *The American Statistician*, vol. 69, nr 2, p. 145–153, 2015.
- [3] Materials Performance, "Control of Environmental Degradation of Concrete," 2022. [Online]. Available: <https://content.ampp.org/materials-performance/magazine-article/2462/Control-of-Environmental-Degradation-of-Concrete>. [Använd 17 11 2025].

Appendix A: Undersökning av betongstolpar – en livslängdsanalys

Av: Alberto León, RISE

Kontaktperson RISE
Alberto León
RISE
010-516 68 19
alberto.leon@ri.se

Datum
2025-11-24

Beteckning
P123292

Sida
1 (10)

RISE Mätteknik - Elkraftsystem
Box 5604
114 86 Stockholm

Undersökning av betongstolpar - en livslängdanalys

Bakgrund och Uppdrag

Det finns i dagsläget 32 betongstolpar för elledning som inte längre är i drift och som planeras att demonteras inom en snar framtid. RISE Mätteknik – Elkraftsystem är intresserade av att genomföra en livslängdanalys av betongstolparna, som en del av ett forskningsprojekt inom RISE.

RISE Infrastruktur och Byggnad – Betongutredning har, på uppdrag av RISE Mätteknik – Elkraftsystem, genomfört en undersökning av 32 betongstolpar belägna i Alingsåsområdet. Syftet med undersökningen var att utvärdera stolparnas betongegenskaper med avseende på beständighet och livslängd.

Dokumentation

Ingen dokumentation eller konstruktionsritningar var tillgängliga vid undersökningen.

Undersökning

Undersökningen utfördes 2025-09-03 av Alberto León och Tommie Lindquist på RISE. Vid undersökningen utfördes följande moment:

- Okulärbesiktning med skade-/sprickkartering
- Uttagning av prov i form av kaxpulver
- Mätning av täckande betongskikt och karbonatiseringsdjup
- Mätningar av betongens tryckhållfasthet med studshammare
- Skanning med georadar

Sprickorna mättes med en sprickbreddsmätare. Täckande betongskikt mättes med en elektromagnetisk täckskiktsmätare runt provområdena.

Den digitala studshammaren Proceq Silver Schmidt OS8200 användes för att få en indikation av konstruktionernas tryckhållfasthet på plats.

Georadarn användes för att bestämma stolparnas armeringspositioner samt armeringens s- avstånd och täckande betongskikt i stolparna.

RISE Research Institutes of Sweden AB

Postadress
Box 5604
114 86
STOCKHOLM

Besöksadress
Drottning Kristinas
väg 61 B
114 28
STOCKHOLM

Tfn / Fax / E-post
010-516 50 00
033-13 55 02
info@ri.se

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte RISE i förväg skriftligen godkänt annat.

Mätningar och uttagning av prover

Sammanlagt togs 2 st. prover ut i form av kaxpulver och 1st. betongbit från en skadad stolpe för analys av kloridhalt i RISE laboratorium. Mätningar av täckande betongskikt och karbonatiseringsdjup utfördes i 6 st. stolpar.

Mätningar och provtagningar utfördes i stolparnas nedre delar, med undantag för en spjälkad betongbit från stolpens övre del (S13).

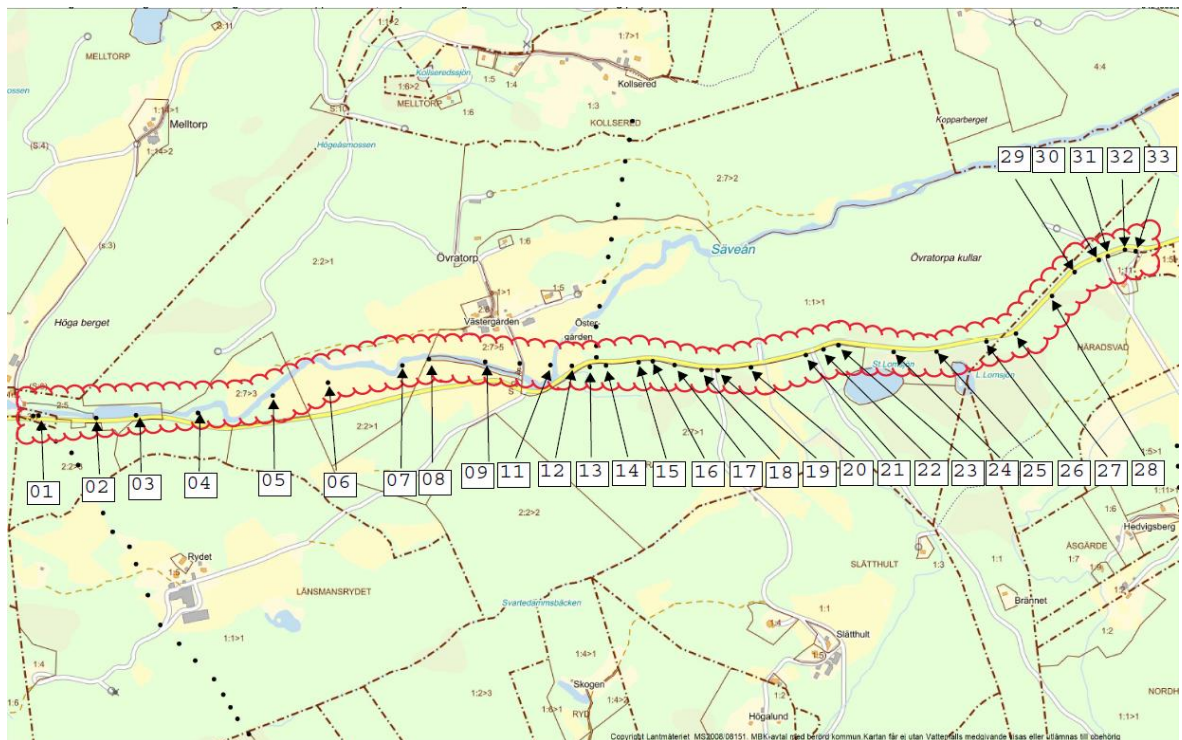
Mätningarnas/Provernans märkning:

S1, S2, S3 o.s.v. –Stolparnas nummer för mätningar och provtagning.

S2 och S3 – prov i form av kaxpulver från stolparnas nedre del.

S13- prov i form av betongbit från skadad stolpes över del

För placering av stolparna, se FIGUR 1.



FIGUR 1. Placering av stolpar.

Resultat

Observationer

Observationer redovisas i BILD 1 till BILD 10 nedan.

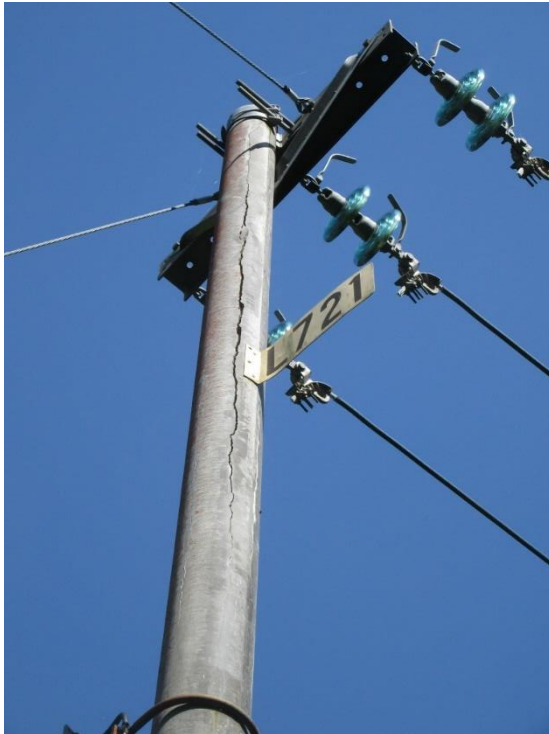


BILD 1. Kraftig längsgående spricka i stolpens övre del.



BILD 2. Mindre sprickor ca 0,2 mm bredd i stolpens nedre del.

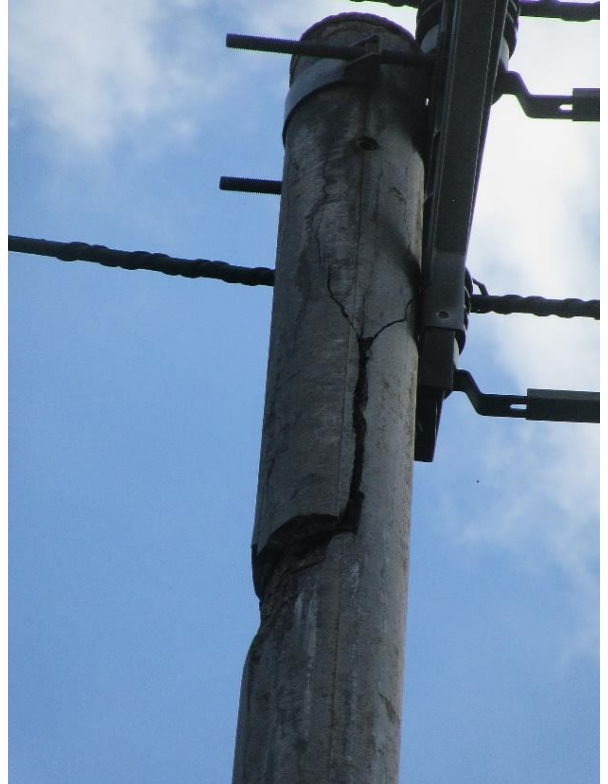


BILD 4. Kraftiga spjälkningar i stolparnas över delar.



BILD 5. Spjälkad betongbit från stolpens övre del.



BILD 6. Stolpe utan anmärkning.

Observationer från Vattenfalls bilder från raseringen

Från de bilder som Vattenfall kunde dela från själva raseringen kunde slutsatser dras om stolparnas konstruktion som tidigare var okända.



BILD 7. Stolpens övre del med skadat betonglock.



BILD 8. Stolpen är uppbyggd med både slakarmering och spännlinor.



BILD 9. Stolpen är uppbyggd med både slakarmering och spännlinor.



BILD 10. Pågående armeringskorrosion vid skadeområdet.

Täckande betongskikt och karbonatiseringsdjup

TABELL 1. Resultat av mätningar redovisar uppmätta värden på täckande betongskikt (TB) och karbonatiseringsdjup.

Prov/Mätplats	TB [mm]	Karb. djup [mm]	Anmärkning
S1	24, 24, ,22, 25, 28, 25, 24, 22	2	
S2	29, 33, 24, 25, 23, 22, 27, 21	2	
S3	28, 23, 12, 14, 13, 22, 16, 15	2	
S5	25, 26, 25, 22, 27, 28, 24, 26	2	
S12	20, 24, 16, 19, 17, 19, 21, 15	2	
S13	20, 22, 19, 22, 21, 19, 20, 13	2	Nedre del
S13	15	2	Betongbit från övre del



BILD 10. Mätning av karbonatisering i stolpens nedre del. Den rosa färgen tyder på att karbonatiseringsdjupet från ytan är ca 2 mm.

Klorider

Resultat visar ingen förhöjd halt av klorider i betongen.

Resultat av klorider redovisas i sin helhet i Bilaga 1.

Tryckhållfasthet med studshammare på plats

TABELL 3. Resultat av mätningar redovisar medelvärde av tryckhållfasthet i betongen.

Prov/Mätplats	Rapportnr i Bilaga	Tryckhållfasthet (MPa)
S1	1099	73,0
S2	1101	72,0
S3	1102	75,5
S5	1103	69,0
S13	1104	73,5

Detaljerat resultat av tryckhållfasthet redovisas i Bilaga 2.

Skadegrad

Tabell 4. Skadegrad för varje stolpe.

Stolpe nr	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Skadegrad	3	0	3	0	0	3	-	-	-

Stolpe nr	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
Skadegrad	-	-	0	4	4	0	0	0	2

Stolpe nr	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27
Skadegrad	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Stolpe nr	S28	S29	S30	S31	S32	S33
Skadegrad	0	0	0	0	0	2

Förklaring av skadegrad, typ av skada, risker och eventuella åtgärdsbehov redovisas i tabellen nedan.

Skadegrad	Typ av skada	Risk	Åtgärdsbehov
0	Hårfina sprickor	Ingen	Ingen
1	Ytliga skador: mindre ytlig armeringsrost, små sprickor, missfärgningar, små lokala spjälkningar.	Ingen påverkan på funktion eller säkerhet.	Kan i vissa fall lämnas utan åtgärd. Följ upp vid kommande besiktning.
2	Måttliga skador: spjälkningar, begynnande armeringskorrosion.	Ingen bärförmågepåverkan, men risk för nedfallande betong och estetisk försämring.	Åtgärder bör planeras in inom rimlig tid.
3	Större skador: omfattande spjälkningar, tydlig armeringskorrosion, betongavlossningar.	Bärförmågan ännu inte direkt påverkad, men risk för personskada p.g.a. nedfallande material.	Reparation krävs inom kort.
4	Allvarliga skador: skador som påverkar konstruktionens bärförmåga.	Hög risk för säkerhet och fortsatt nedbrytning.	Omedelbara åtgärder krävs, inklusive reparation eller provisorisk förstärkning

Sammanfattning av resultat och bedömning

Undersökningen visar att 25 av 33 undersökta betongstolpar är oskadade, medan 8 av 33 uppvisar skador med skadegrad varierande mellan 1 och 4. Det täckande betongskiktet varierar mellan 12 och 29 mm. Karbonatiseringsdjupet uppmättes till cirka 2 mm i samtliga undersökta stolpar. Tryckhållfastheten i betongen indikerar värden mellan 69,0 och 75,5 MPa. Inga förhöjda kloridhalter påträffades i de uttagna proverna.

Stolpar som uppvisar skador i form av kraftiga sprickor och spjälkningar är koncentrerade i de övre delarna. Resultaten visar att karbonatiseringsfronten ligger på cirka 2 mm, med god marginal till armeringen, och inga förhöjda kloridhalter konstaterades.

Betongstolparna innehåller både slak och spännarmering, vilket gör konstruktionen särskilt känslig för skador vid initierad armeringskorrosion.

Att vissa stolpar är oskadade medan andra uppvisar kraftiga skador kan bero på skillnader i hur dessa konstruktionsdelar har varit exponerade för fukt och belastning, i kombination med toppskyddens (betonglockens) varierande skick.

Överbelastningar kan bidra till utvidgning av befintliga fina sprickor i stolparnas övre delar, där armeringen förlorar sitt skydd mot korrosion som följd. Vid skadat toppskydd tränger fukt in i sprickorna, vilket kan initiera korrosion eller frostskaador, båda processer som leder till ytterligare expansion och nedbrytning av betongen.

Slutsats

Generellt uppvisar de oskadade betongstolparna goda beständighetsegenskaper och hög tryckhållfasthet. Detta innebär att stolparna potentiellt kan återbrukas i andra projekt. Att vissa slumpmässigt utvalda stolpar uppvisar skador i de övre delarna bedöms bero på en kombination av överbelastningsskador, frostpåverkan och armeringskorrosion.

Med förutsättning att stolparnas exponering blir oförändrat samt att inga förebyggande åtgärder utförs bedömer RISE följande återstående livslängd:

Stolpar med skadegrad 0 och 1, minst 30 år.

Stolparna med skadegrad 2, 10 - 20 år.

Stolparna med skadegrad 3, 5 - 10 år.

Stolparna med skadegrad 4, ingen livslängd kvar.

Bedömningen togs med hänsyn till att armeringens skydd mot korrosion samt skadornas omfattning.

RISE Research Institutes of Sweden AB Infrastruktur och byggande - Betongutredningar

Utfört av

Alberto León

Civilingenjör
Seniorutredare

Per Martinell

Civilingenjör
Seniorutredare

RISE AB

Alberto Leon

Kloridprovning

(1 bilaga)

Provföremål

5st påsar med borrhax samt 1st betongbit. Proverna var uppmärka enligt resultatlistan. Proverna ankom till RISE Borås 2025-09-03. RISE ansvarade för provuttagningen.

Provningsmetoder/ Genomförande

- Kloridhalten har bestämts enligt SP-Metoden 0433:2024 Version 5 (Rapid Chloride Test). Kloridhalten redovisas som kloridjonhalt i procent av cementets vikt. Cementmängden i betongen antas utgöra 15 viktprocent. Den aktuella cementmängden i proven kan väsentligt skilja sig från den antagna dvs. 15 vikt-%, beroende på den aktuella betongsammansättningen och tillvägagångssättet vid provuttaget.

Provningsresultat

Provningsresultaten redovisas i bilagan och avser endast det provade föremålet.

Mätosäkerhet

Den angivna utvidgade mätosäkerheten är produkten av standardmätosäkerheten och täckningsfaktorn $k = 2$, vilket för en normalfördelning svarar mot en täckningssannolikhet av ungefär 95 %. Standardmätosäkerheten har bestämts i enlighet med EAL:s publikation EA-4/16.

RISE Research Institutes of Sweden AB Infrastruktur och betongbyggande - Materiallab

Utfört av



Robert Johansson

Granskat av



Lovise Sjöqvist

Bilaga

Provningsresultat

RISE Research Institutes of Sweden AB

Postadress

Box 857
501 15 BORÅS

Besöksadress

Brinellgatan 4
504 62 Borås

Tfn / Fax / E-post

010-516 50 00
033-13 55 02
info@ri.se

Konfidentialitetsnivå

K2 - Intern

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.



Ackred.nr. 1002
Provning
ISO/IEC 17025

Bilaga 1

Provningsresultat

Kloridprovning

Provningsdatum: 2025-09-12

Märkning	Nivå från kant (mm)	Kloridjonhalt i procent av cementets vikt ¹⁾	Utvidgad mätosäkerhet. Täckningsfaktor 2
S2	0-12	0,09	0,02
S2	12-22	0,03	0,02
S3	0-10	0,09	0,02
S3	10-20	0,03	0,02
S13	0-12	0,07	0,02
S13	Vid armering	0,05	0,02

1) Antagen cementhalt 15 %.

Verifikat

Document ID 09222115557556817670

Dokument

P123292 RISE AB

Huvuddokument

2 sidor

Startades 2025-09-12 13:20:28 CEST (+0200) av Robert
Johansson (RJ)

Färdigställt 2025-09-12 13:42:42 CEST (+0200)

Signerare

Robert Johansson (RJ)

RISE Research Institutes of Sweden AB

Org. nr 556464-6874

robert.johansson@ri.se

+46 10 516 50 74



Signerade 2025-09-12 13:20:42 CEST (+0200)

Lovise Sjöqvist (LS)

RISE AB

lovise.sjoqvist@ri.se

+46703776885



Signerade 2025-09-12 13:42:42 CEST (+0200)

Detta verifikat är utfärdat av Scrive. Se de dolda bilagorna för mer information/bevis om detta dokument. Använd en PDF-läsare som t ex Adobe Reader som kan visa dolda bilagor för att se bilagorna. Observera att om dokumentet skrivs ut kan inte integriteten i papperskopian bevisas enligt nedan och att en vanlig papperutskrift saknar innehållet i de dolda bilagorna. Den digitala signaturen (elektroniska förseglingen) säkerställer att integriteten av detta dokument, inklusive de dolda bilagorna, kan bevisas matematiskt och oberoende av Scrive. För er bekvämlighet tillhandahåller Scrive även en tjänst för att kontrollera dokumentets integritet automatiskt på: <https://scrive.com/verify>



Operator	Alberto Leon
Folder Name	All Measurements
Created Date	09/03/2025 13:40:23
Last Modified Date	09/03/2025 13:40:23
Measurement Average Compressive Strength	73 MPa

Measurement Bar Graph

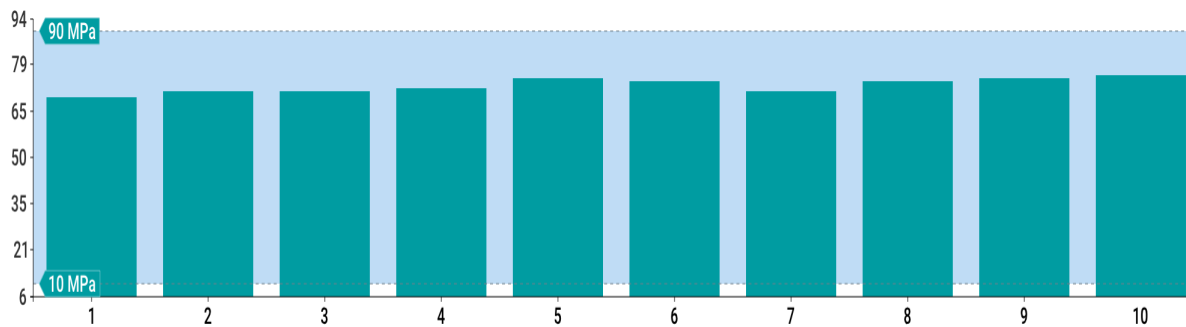


Table View

#	Angle (°)	Q	MPa
1	0	69	69
2	0	71	71
3	0	71	71
4	0	72	72
5	0	75	75

#	Angle (°)	Q	MPa
6	0	74	74
7	0	71	71
8	0	74	74
9	0	75	75
10	0	76	76

Statistics

Readings	10
Average	73 MPa
Standard deviation	2.3 MPa
Minimum	69 MPa
Maximum	76 MPa
Range	7 MPa
Relative Span	9.6%

Settings

Conversion Standard	EN 12504-2
Conversion curve	None
Target Scale	MPa 150 mm cube

Unit	MPa
Limits	High: 90 MPa , Low: 10 MPa
Angle Correction	Auto

Hammer Info

Serial Number	OS82-003-0006
Hardware Revision	B0
Firmware Revision	2.0.231

Bluetooth Module Info

Serial Number	BT05-004-1623
Hardware Revision	C0
Firmware Revision	1.0.2

Application Info

Platform	iOS
Version	4.3.0

Operator	Alberto Leon
Folder Name	All Measurements
Created Date	09/03/2025 14:04:16
Last Modified Date	09/03/2025 14:04:16
Measurement Average Compressive Strength	72 MPa

Measurement Bar Graph

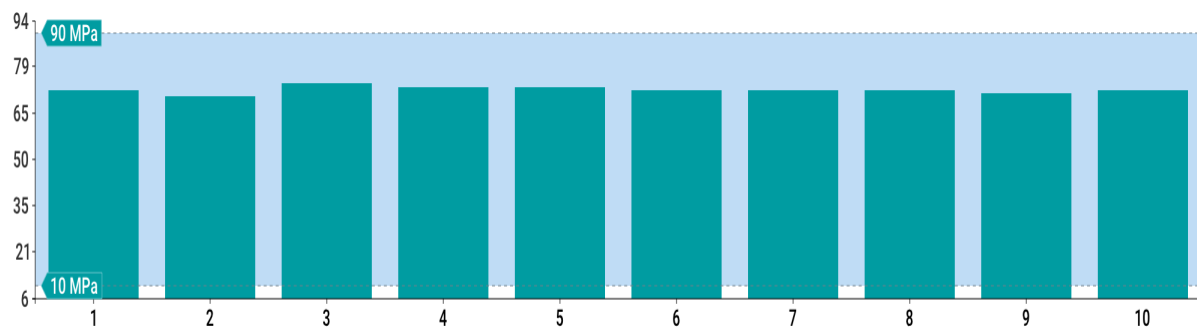


Table View

#	Angle (°)	Q	MPa
1	0	72	72
2	0	70	70
3	0	74	74
4	0	73	73
5	0	73	73

#	Angle (°)	Q	MPa
6	0	72	72
7	0	72	72
8	0	72	72
9	0	71	71
10	0	72	72

Statistics

Readings	10
Average	72 MPa
Standard deviation	1.1 MPa
Minimum	70 MPa
Maximum	74 MPa
Range	4 MPa
Relative Span	5.5%

Settings

Conversion Standard	EN 12504-2
Conversion curve	None
Target Scale	MPa 150 mm cube



Unit	MPa
Limits	High: 90 MPa , Low: 10 MPa
Angle Correction	Auto

Hammer Info

Serial Number	OS82-003-0006
Hardware Revision	B0
Firmware Revision	2.0.231

Bluetooth Module Info

Serial Number	BT05-004-1623
Hardware Revision	C0
Firmware Revision	1.0.2

Application Info

Platform	iOS
Version	4.3.0

Operator	Alberto Leon
Folder Name	All Measurements
Created Date	09/03/2025 14:41:13
Last Modified Date	09/03/2025 14:41:13
Measurement Average Compressive Strength	73.5 MPa

Measurement Bar Graph

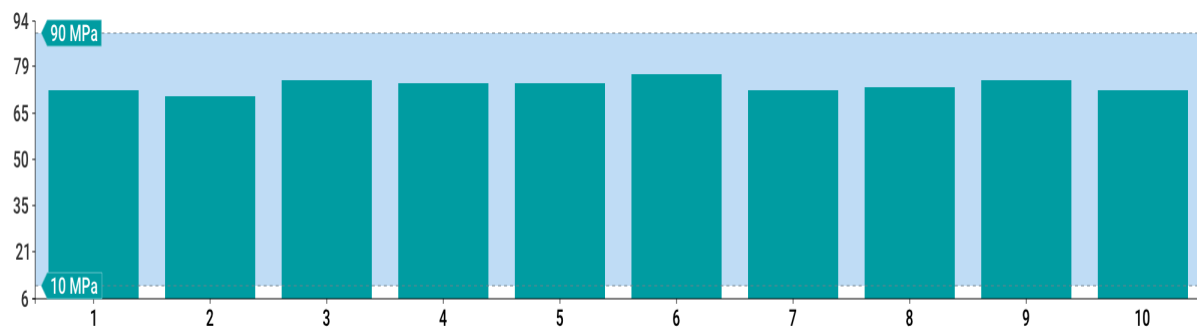


Table View

#	Angle (°)	Q	MPa
1	0	72	72
2	0	70	70
3	0	75	75
4	0	74	74
5	0	74	74

#	Angle (°)	Q	MPa
6	0	77	77
7	0	72	72
8	0	73	73
9	0	75	75
10	0	72	72

Statistics

Readings	10
Average	73.5 MPa
Standard deviation	2 MPa
Minimum	70 MPa
Maximum	77 MPa
Range	7 MPa
Relative Span	9.5%

Settings

Conversion Standard	EN 12504-2
Conversion curve	None
Target Scale	MPa 150 mm cube



Unit	MPa
Limits	High: 90 MPa , Low: 10 MPa
Angle Correction	Auto

Hammer Info

Serial Number	OS82-003-0006
Hardware Revision	B0
Firmware Revision	2.0.231

Bluetooth Module Info

Serial Number	BT05-004-1623
Hardware Revision	C0
Firmware Revision	1.0.2

Application Info

Platform	iOS
Version	4.3.0

Operator	Alberto Leon
Folder Name	All Measurements
Created Date	09/03/2025 15:07:59
Last Modified Date	09/03/2025 15:07:59
Measurement Average Compressive Strength	69 MPa

Measurement Bar Graph

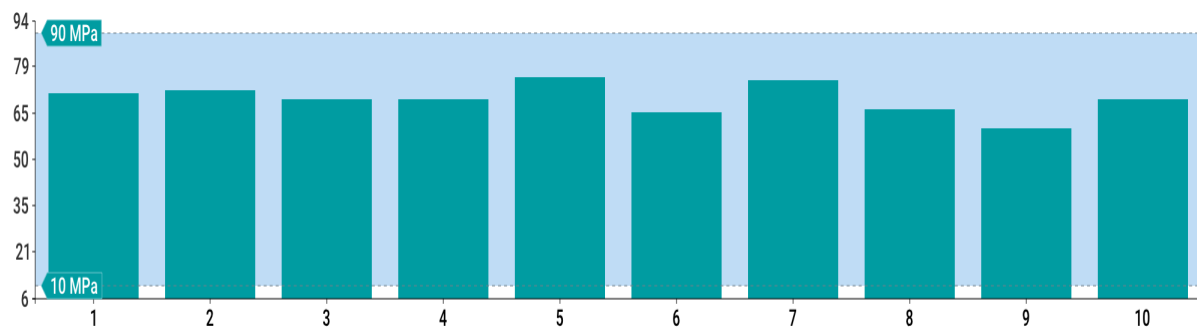


Table View

#	Angle (°)	Q	MPa
1	0	71	71
2	0	72	72
3	0	69	69
4	0	69	69
5	0	76	76

#	Angle (°)	Q	MPa
6	0	65	65
7	0	75	75
8	0	66	66
9	0	60	60
10	0	69	69

Statistics

Readings	10
Average	69 MPa
Standard deviation	4.8 MPa
Minimum	60 MPa
Maximum	76 MPa
Range	16 MPa
Relative Span	23.1%

Settings

Conversion Standard	EN 12504-2
Conversion curve	None
Target Scale	MPa 150 mm cube



Unit	MPa
Limits	High: 90 MPa , Low: 10 MPa
Angle Correction	Auto

Hammer Info

Serial Number	OS82-003-0006
Hardware Revision	B0
Firmware Revision	2.0.231

Bluetooth Module Info

Serial Number	BT05-004-1623
Hardware Revision	C0
Firmware Revision	1.0.2

Application Info

Platform	iOS
Version	4.3.0

Operator	Alberto Leon
Folder Name	All Measurements
Created Date	09/03/2025 16:09:25
Last Modified Date	09/03/2025 16:09:25
Measurement Average Compressive Strength	73.5 MPa

Measurement Bar Graph

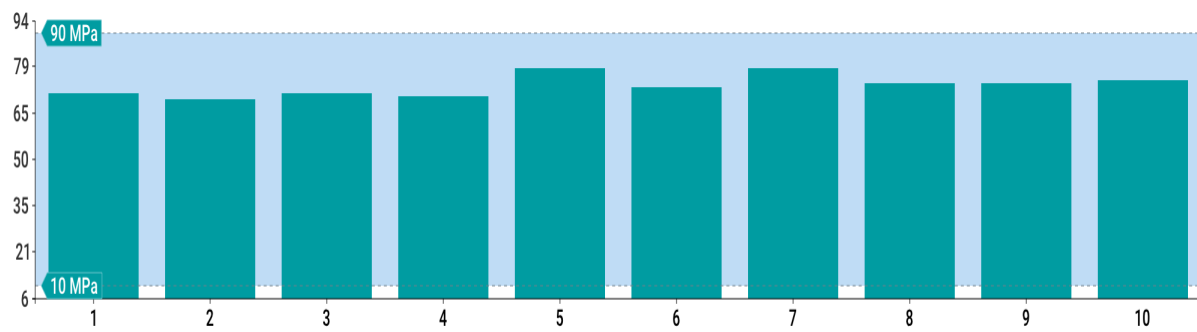


Table View

#	Angle (°)	Q	MPa
1	0	71	71
2	0	69	69
3	0	71	71
4	0	70	70
5	0	79	79

#	Angle (°)	Q	MPa
6	0	73	73
7	0	79	79
8	0	74	74
9	0	74	74
10	0	75	75

Statistics

Readings	10
Average	73.5 MPa
Standard deviation	3.5 MPa
Minimum	69 MPa
Maximum	79 MPa
Range	10 MPa
Relative Span	13.6%

Settings

Conversion Standard	EN 12504-2
Conversion curve	None
Target Scale	MPa 150 mm cube



Unit	MPa
Limits	High: 90 MPa , Low: 10 MPa
Angle Correction	Auto

Hammer Info

Serial Number	OS82-003-0006
Hardware Revision	B0
Firmware Revision	2.0.231

Bluetooth Module Info

Serial Number	BT05-004-1623
Hardware Revision	C0
Firmware Revision	1.0.2

Application Info

Platform	iOS
Version	4.3.0

Verifikat

Dokument-ID 09222115557563134708

Dokument

P123292 Undersökning av betongstolpar_TL
Huvuddokument
23 sidor
Startades 2025-11-24 16:57:01 CET (+0100) av Alberto
León (AL)
Färdigställt 2025-11-25 11:35:09 CET (+0100)

Signerare

Alberto León (AL)
RISE Research Institutes of Sweden AB
Org. nr 556464-6874
alberto.leon@ri.se
+46 10 516 68 19



Signerade 2025-11-24 16:57:50 CET (+0100)

Per Martinell (PM)
RISE
per.martinell@ri.se



Signerade 2025-11-25 11:35:09 CET (+0100)

Detta verifikat är utfärdat av Scrive. Se de dolda bilagorna för mer information/bevis om detta dokument. Använd en PDF-läsare som t ex Adobe Reader som kan visa dolda bilagor för att se bilagorna. Observera att om dokumentet skrivs ut kan inte integriteten i papperskopian bevisas enligt nedan och att en vanlig papperutskrift saknar innehållet i de dolda bilagorna. Den digitala signaturen (elektroniska förseglingen) säkerställer att integriteten av detta dokument, inklusive de dolda bilagorna, kan bevisas matematiskt och oberoende av Scrive. För er bekvämlighet tillhandahåller Scrive även en tjänst för att kontrollera dokumentets integritet automatiskt på: <https://scrive.com/verify>



LIVSLÄNGDSANALYS AV ÅLDRADE BETONGSTOLPAR

Betongstolpar utgör en mindre, men ändå betydelsefull, del av det svenska elnätet. Trots att dessa stolpar ofta förväntas ha en livslängd på över 100 år, har det saknats detaljerad kunskap om hur de faktiskt åldras under svenska klimatförhållanden.

I denna rapport analyseras 28 betongstolpar som varit i drift i 25 år. Resultaten visar att stolparna generellt har god beständighet och hög tryckhållfasthet, men att en mindre andel uppvisar skador som påverkar livslängden negativt.

Den statistiska analysen, baserad på bootstrapping, indikerar att den genomsnittliga återstående livslängden efter 25 år är cirka 54 år, vilket innebär att en stolpe kan förväntas ha en total livslängd på omkring 79 år under nuvarande förhållanden. För de stolpar som uppvisade skador är den förväntade genomsnittliga totala livslängden endast 33 år, dessa utgjorde cirka 25 % av de undersökta stolparna.

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.

