

---

# SLUTRAPPORT

---

---

## FAST INSTALLATION AV UTRUSTNING FÖR LÄCKSÖKNING PÅ TERRASSBJÄLKLÄG

---

Folke Björk  
Avd för Byggnadsteknik  
Inst för byggvetenskap  
KTH  
Version 040817

## **BAKGRUND**

---

Detta är slutrapport till SBUF-projektet no 11098 med titeln: ”Installation av utrustning för lokalisering av läckor i tätskikt på terrasser”.

Johnny Kellner vid JM AB var projektledare för arbetet. Den testade utrustningen har installerats av JMs personal på ett byggprojekt vid LUX-området på Lilla Essingen. Docent Folke Björk vid Avd för Byggnadsteknik, på KTH har ansvarat för forskningen i projektet.

## **SAMMANFATTNING**

---

Terrassbjälklagen byggs för att vara täta och inte för att läcka. Ändå blir det läckor ibland. Avsikten med SBUF-projektet 11098 är att installera en utrustning som gör det möjligt att lokalisera läckor i tätskikt på terrassbjälklag är att förenkla underhållet av fastigheten. Lokaliseringen av läckorna ska kunna göras utan att planteringar med mera behöver tas bort.

Installation av utrustningen har gjorts på ett gårdsbjälklag på Lux-området, Lilla Essingen. Projektering och installation av systemet har gjorts utifrån en projekteringshandbok som tagits fram inom projektet. Monteringsarbetet har varit framgångsrikt och har resulterat i ett fungerande system. Projektet har givit många erfarenheter. Dessa ska tas till vara för att utveckla effektivare installation och utformning av den här typen av system.

Den fast installerade utrustningen kan göra nytta både vid byggandet och vid förvaltandet av fastigheten. Den kan användas som ett alternativ till tryckprovning vid kvalitetskontroll av tätskikt under byggnadsfasen. Under förvaltningsfasen kan utrustningen användas för att lokalisera platsen för läckage om vatten tränger fram. Därmed kan ett reparationsarbete begränsas till en liten del av terrassen.

Erfarenheterna av arbetet kan sammanfattas med att ett system för lokalisering av läckor såsom detta bör byggas i ganska små delar, så att det kan slutmonteras i samma takt som själva terrassen färdigställs. Att arbeta med lösa kablar som i detta projekt skapade också svårigheter. En ganska hög grad av förtillverkning av utrustningen verkar vara önskvärd.

Vidareutveckling av systemet är alltså nödvändig. För en framtida utveckling och marknadsföring är det viktigt att veta hur stora investeringar som byggare och fastighetsägare är beredda att göra i system av denna typ.

Metoden för läcksökning som använts här kallas Potentialdifferensmetoden. Kablar har installerats för att skapa elektrisk spänning över tätskiktet (0-ledningskablar), och för att analysera det spänningsfält som då uppkommer på tätskiktet (analyskablar). Kablarna kopplas till en läcksökningscentral. Själva lokaliseringen av läckorna görs med en elektronisk utrustning som kopplas till läcksökningscentralen.

De förutsättningar som gäller för att metoden ska fungera är i allmänhet möjliga att uppfylla för terrasstäckningar:

- Tätskiktet måste vara elektriskt isolerande (dvs inte av t.ex. plåt eller ledande EPDM-gummi).
- Det måste gå att skapa en elektrisk spänning mellan ovansida och undersida av tätskiktet
- Vid analysen ska tätskiktet vara fuktigt och eventuella läckagevägar måste vara vattenfyllda

## **ARBETETS UPPLÄGGNING**

---

Vid planeringen av arbetet sågs det som betydelsefullt att förbereda för att installationer av detta slag skulle kunna göras återkommande. Därför upprättades en Teknisk handbok som beskriver systemet så som det skulle projekteras och installeras samt en projekteringsanvisning. Meningen var att detta skulle vara tillräckligt som dokumentation för att projektera utrustningen. Dessa dokument bifogas som bilagor till slutrapporten. Deras titlar är:

- “Teknisk handbok: Fast installation av utrustning för läcksökning på terrassbjälklag”
- ”Projekteringsanvisningar för utrustning för lokalisering av läckor i tätskikt på terrasser”

Med utgångspunkt från dessa dokument tog elkonsulten för byggprojektet fram ritningsmaterial för beställning av material, preparering av detta samt för installation av utrustningen. Elkonsulten tog också fram ritningar för ett kopplingskåp för läcksökningsutrustningen, en “läcksökningscentral”.

De ritningar som elkonsulten gjort var underlag för el-entreprenörens och markentreprenörens arbete för installation av utrustningen. Arbetsplatsmöten hölls vid några tillfällen för reda ut de frågor och problem som uppkom i samband med hanteringen av denna nya utrustning. Mötena var också ett tillfälle för att till forskningsprojektet hämta in erfarenheter från byggarbetet.

## BESKRIVNING AV METODEN

---

Potentialdifferensmetoden kallas förfarandet för läcksökning som här beskrivs. Elektrisk spänning appliceras mellan tätskiktets ovansida och undersida. Om det finns en vattenfylld läcka så transporteras elektrisk spänning upp via den så att ett spänningsfält bildas ovanpå tätskiktet. Platsen för genomslaget kan lokaliseras genom att spänningsfältet analyseras.

## FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR FUNKTIONEN

De förutsättningar som gäller för att metoden ska fungera är i allmänhet möjliga att uppfylla för terrasstäckningar:

- Tätskiktet måste vara elektriskt isolerande (dvs inte av t.ex. plåt eller ledande EPDM-gummi).
- Ovan tätskiktet måste ett material finnas som i någon mån kan suga upp fukt, till exempel cellplast, jord eller armerad betong. En konstruktion med trafikerbar yta av asfaltbetong direkt ovan tätskiktet utan mellanlägg kan troligen inte förses med elektroder.
- Det måste gå att skapa en elektrisk spänning mellan ovansida och undersida av tätskiktet
- Vid mätningen ska tätskiktet vara fuktigt
- Det måste finnas vatten i läckagevägen
- Det spänningsfält som uppkommer då det finns en läcka måste vara åtkomligt för en analys

Av dessa förutsättningar är det särskilt behovet av att kunna skapa elektrisk spänning mellan tätskiktets ovan- och undersida och behovet av att kunna analysera spänningsfält som kräver installation av fast utrustning i ett terrassbjälklag.

Utrustningen består av fem delar:

- Elektroder för att skapa spänningsfält över tätskiktet
- Spänningsaggregat för spänningsfältet
- Elektroder för analys av spänningsfältet
- Elektronisk utrustning för analys av spänningsfältet
- Systemtestkablar för test av läcksökningssystemet som sådant

---

## **BESKRIVNING OCH KOMMENTARER BETRÄFFANDE DET INSTALLERADE SYSTEMET**

---

Den praktiska utformningen av läcksökningsinstallationen beskrivs i detta kapitel. Dessutom ges kommentarer om hur det fungerar.

### **ELEKTRODER FÖR ATT SKAPA OCH ANALYSERA SPÄNNINGSFÄLTET**

Den elektriska spänningen appliceras över tätskiktet med hjälp av en elektrod på ovasidan av tätskiktet och en annan elektrod på undersidan. Elektroden på undersidan är själva bjälklaget (av betong) som tätskiktet vilar på. Detta är elektriskt ledande tack vare armeringen. Betongens ledningsförmåga ökar dessutom betydligt då den är fuktig. Genom byggnadens skyddsjord är det möjligt att lägga en spänning på bjälklaget. Detta är kretsens pluspol. Elektroden ovanpå tätskiktet är en isolerad kabel (wire) som läggs runt det aktuella området. Denna kabel kallas i fortsättningen för 0-ledningskabel och är kretsens minuspol. För analys av spänningsfältet monteras elektroder ovanpå tätskiktet inom området som omsluts av 0-ledningen. Elektroden läggs ut vinkelrät i ett koordinatsystem. Potentialskillnader som mäts mellan dessa elektroder kan visa var i tätskiktet som det elektriska genomslaget sker, och därmed var en läcka finns. Hur noga läckan kan lokaliseras bestäms av avståndet mellan elektrodena.

### **GENERELLT FÖR ALLA KABLAR I SYSTEMET**

Kablarna i systemet ska installeras på ett likartat sätt, även om de har olika funktioner. Detta gäller för både 0-ledningskabel, analyskabel och systemtestkabel. Orsaken till att 0-ledningen och elektroden för analys av spänningsfältet måste placeras direkt ovanpå tätskiktet är att elektriskt isolerande markbeläggningar och cellplastisoleringar i marken skulle störa läcksökningen om 0-ledningskabeln och analyselektroden skulle ligga högre upp i konstruktionen.

En fiberduk borde placeras under var och en av de olika kablarna. För underlag av gjutasfalt eller dylikt hindrar fiberduken att kablarna sjunker in i underlaget. För underlag av tunnare produkter, av typen tätskiktsduk, skyddar fiberduken mot skador i underlaget. Remsorna av fiberduk kan skarvas genom att läggas om lott.

Kablarna förankras då de läggs ut. Förankringsmetoden måste anpassas till tätskiktet, t.ex. asfaltmatta som klistras med asfaltklistor till tätskikt av asfalt eller pålimmade remsor av duk för tätskikt av dukar. Remsorna skall vara av samma fabrikat och typ som tätskiktsduken för att kompatibilitetsproblem ska kunna undvikas. Förankringsmetoden måste godkännas av tätskiktets tillverkare.

Risk för stöld och skador gör att täckning bör föras på snarast efter installation av kablar. Om läggning sker etappvis skall kablarna skyddas för åverkan, regn och stöld under monteringsperioden.

Alla elektroder och kablar för läcksökningssystemet på en terrass dras upp på ett och samma ställe. De dras vidare till ett kopplingskåp avsett för läcksökningen.

Fukttätning krävs i väggenomföringen där de olika kablarna går ut i terrassen. På sträckan från väggenomföringen och ned mot terrassen ska kablarna kapslas in som skydd mot åverkan med mera. Någon typ av täckplåt är lämplig för denna kapsling.

I praktiken placerades kablarna direkt ovanpå tätskiktet utan underliggande fiberduk. Frånvaron av fiberduk verkar inte ha ödelagt funktionen hos systemet.

Att arbeta med lösa kablar på byggarbetsplatsen medförde däremot många svårigheter. Temporär förankring gjordes med smältlim. Detta visade sig vara en dålig lösning. Mycket av arbetet med det lösa kablaget kom att gälla att skydda kablarna från att skadas under det fortskridande bygget, och att dölja dem för att minska stöldrisken. Stöldrisken gällde främst de av kablarna som hade ledare av koppar. I det aktuella projektet blev inga kablar stulna.

## **MATERIALVAL**

För att det ska vara meningsfullt att installera denna typ av system så måste komponenterna ha en tillräckligt god beständighet. Hållbarheten måste vara minst 20 år. Val av material gjordes efter en diskussion med Tor Gunnar Vinka och Bertil Sandberg på Korrosionsinstitutet. För 0-ledningen föreslog de följande alternativ:

1. kopparledning med ledande plasthölje
2. platinerad titan
3. syrafast rostfritt stål

Av dessa valdes det tredje alternativet, syrafast rostfritt stål, eftersom det fanns lättillgängliga produkter av detta material till acceptabel kostnad.

För elektroderna för analys av spänningsfältet föreslogs isolerad kopparledare av homogen koppar vilket också blev valet i projektet. Risken för korrosion minskades här ytterligare genom att trådändarna förtennades.

Skarvar mellan kablar är alltid en svaghet i nedgrävda system på grund av risken för korrosion och brister i kontakt. Därför beslutades att det inte skulle vara några skarvar i de installerade kablarna. Detta var till nytta för systemets funktion men försvårade installationen.

Vinka och Sandberg rekommenderade också att installationen skulle göras med dubbla ledningar för att minska konsekvenserna av att någon av elektroderna blir förstörda. Det fanns dock inte möjlighet till detta i projektet.

## **0-LEDNINGSKABELN**

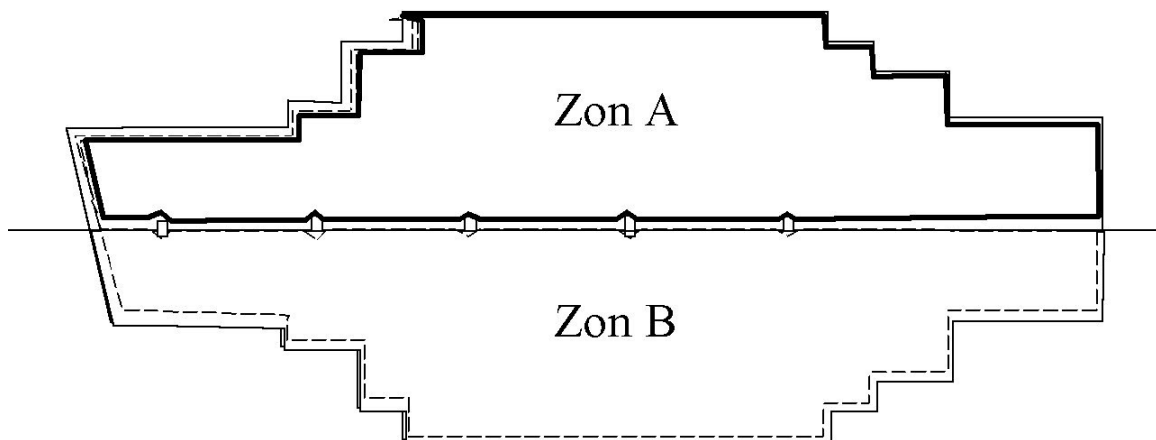
0-ledningskabeln består av en wire av syrafast rostfritt stål. För installationen valdes en wire med 2,3 mm diameter och 49 parter.

Bjälklaget delas upp i zoner som ska omslutas av 0-ledningskabeln. 0-ledningskabeln får inte komma i elektrisk kontakt med byggnadsstommen eller bjälklaget. Däremot tillåts kontakt mellan 0-ledningskablar för olika zoner. Brunnar och andra elektriskt ledande genomföringar i tätskiktet får endast finnas mellan zonerna eftersom de annars kan förväxlas med läckor. 0-ledningen får inte heller vara i kontakt med de elektriskt ledande genomföringarna. Var brunnar och andra elektriskt ledande genomföringar finns bestämmer därmed i stor

utsträckning hur zonerna kommer att ligga. 0-ledningskablarna placeras så nära som möjligt väggar och dylikt utan att för den skull ligga uppe på själva väggen. 0-ledningskablarna ska inte skarvas någonstans på sträckan från kopplingskåpet ut runt respektive zon på terrassen och sedan åter till kopplingskåpet. Korrosionsrisken är orsaken till detta. I en skarv, oavsett hur den är utformad, är det stor risk för korrosion under den långa tid som systemet förutsätts kunna fungera. När 0-ledningar dras från terrass och till kopplingskåp ska de skyddas genom att förläggas i vp-rör. Lämplig dimension på rören är 20 mm.

Om fyllning av vissa delar av terrassen görs innan tätskiktet hunnit börja monteras på andra delar så måste förläggningsplanerna av 0-ledningskabeln planeras så att slingan alltid monteras korrekt på tätskikt före fyllning, dvs så att tillräckligt med wire återstår för den fullständiga installationen. Zonerna kan också utformas så att de även korresponderar med i vilken ordning som tätskikt monteras och ytor fylls.

Figur 1 visar hur förläggning av 0-ledningskablarna gjordes med två zoner. Orsaken till denna uppdelning är att brunnarna är förlagda längs en linje mitt på terrassen. De två zonerna lades på var sin sida av brunnarna så att skarven kom i den linje längs brunnarna. Analys kan då inte göras i denna linje.



Figur 1

0-ledningskabel i anläggning med två zoner.

- Heldragen fet linje visar 0-ledningskabel för zon A.
- - - - - Streckad linje visar 0-ledningskabel för zon B.

Erfarenheterna av installationen av 0-ledningskabeln är dessa:

- Zonerna var inte anpassade till byggprocessen. Därför var kabeln ofta i vägen under arbetet.
- Kabeln var smidig att lägga ut men svår att förankra.
- Kabeln utsattes någon gång för attack från entreprenadmaskiner men skadades inte.

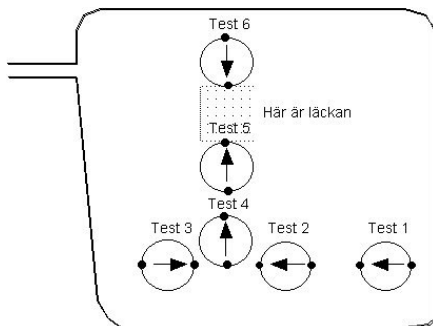
En svår fråga var hur högt upp på hålkälen i kanten av terrassen som 0-ledningskabeln skulle placeras. För de stora zoner som var aktuella i detta fall är detta särskilt viktigt eftersom det är önskvärt att hela området för 0-ledningskabeln ska vara fuktigt samtidigt, och att 0-



ledningskabeln ska vara i kontakt med fukten. Om den placeras för högt på hållkälén så blir den aldrig fuktig. Problemet kan bli detsamma om kabeln ligger i ett område av terrassen som i stort sett aldrig drabbas av nederbörd, t.ex. under balkonger.

## LÄCKSÖKNINGSUTRUSTNING

Den använda läcksökningsutrustningen är utvecklad av Geesen Messgeräte GmbH i Tyskland, modellen heter HG4. Den består av ett spänningsaggregat och en potentiometer med visare. Denna potentiometer är den elektroniska utrustningen för analys av spänningsfältet. Spänningsaggregatet ger var tredje sekund en 40V spänningspuls med en sekunds varaktighet. När läckor ska lokaliseras på exponerade tätskikt kopplas potentiometern till aluminiumstavar, stora som skidstavar, som fungerar som flyttbara analys elektroder. När spänningen över tätskiktet kommer i pulser så kommer även spänningsfältet i pulser. Eftersom plus-polen i kretsen finns under tätskiktet så kommer en eventuell läcka att avslöja sig som en positiv potential ovanpå tätskiktet. Potentiometern är avpassad för att med sin visare ge utslag i riktning mot positiv spänning. Den positiva spänningen som skapar ett spänningsfält på tätskiktet kommer av ett elektriskt genomslag i någon punkt inom 0-ledningen. Detta genomslag orsakas i sin tur av till exempel en läcka. Metoden fungerar för tätskikt som är exponerat med en noggrannhet i lokaliseringen på centimetern när. Metoden har tidigare använts med framgång i projektet "Metoder för sökning av läckor i tätskikt" (1, 2). Figur 2 visar schematiskt hur elektroderna till potentiometern stegvis kan förflyttas vid lokalisering av läckor i ett exponerat tätskikt. När potentialen byter riktning vid "Test 3" i figuren vet man läckans ungefärliga koordinat i en riktning. Man börjar då att söka i en riktning vinkelrät mot den första sökningen. Man kommer då fram till koordinaten i den andra riktningen. Därmed blir läckans koordinater bestämda.



Figur 2

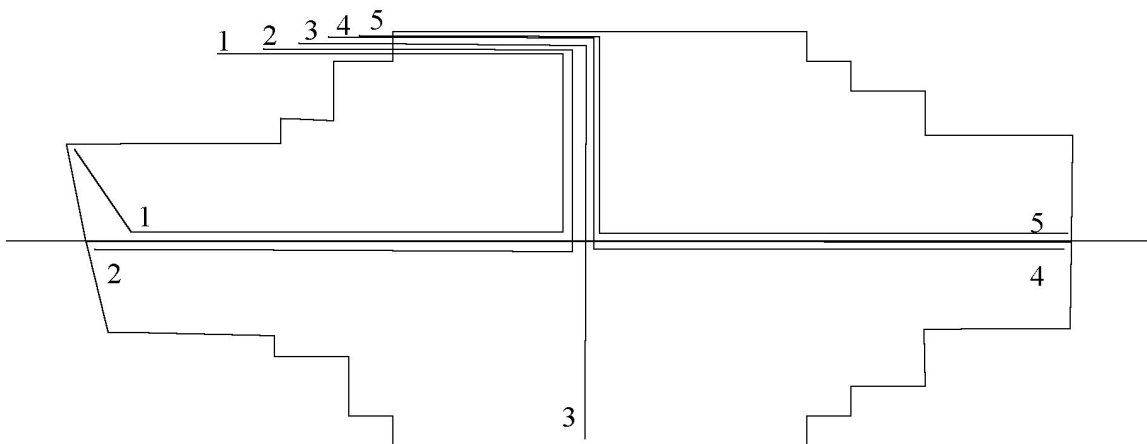
Exempel på hur läcksökning kan utföras med potentialdifferensmetoden. Punkterna anger elektrodernas placering och pilarna utslagsriktning för potentiometern.

## ELEKTRODER FÖR ANALYS AV SPÄNNINGSFÄLTET

För analys av spänningsfältet monteras elektroder ovanpå tätskiktet. Elektroderna läggs ut vinkelrät i ett koordinatsystem. Potentialskillnader som mäts mellan dessa elektroder kan visa var i tätskiktet som det elektriska genomslaget sker, och därmed var en läcka finns. Hur noga läckan kan lokaliseras bestäms av avståndet mellan elektroderna. Om avståndet är två meter mellan elektroderna så bör läckan kunna lokaliseras till en yta av fyra kvadratmeter. Detta är ofta en tillräcklig noggrannhet.

Analyskabeln innehåller flera ledare. Inför installation ställs den i ordning genom att kabelns mantling tas upp på vissa ställen och en av ledarna tas fram ur kabeln och skalas. Denna ledare kommer sedan att sticka ut ur kabeln och ut på tätskiktet. Detta kallas ”avtappning”. Genom mätning av potentialen mellan elektroder som består av sådana utstickande ledare kan spänningsfältet analyseras.

Analyskabeln ska i största möjliga mån förläggas till terrassens lågpunkter. Figur 3 ger exempel på förläggningen av analyskablar i de två zonerna som figur 1 visar. Varje zon har en egen uppsättning av analyskablar. Kablarna är utlagda i koordinatsystem i nord-synlig respektive öst-västlig riktning. Terrassens södra kant ligger inte vinkelrät mot anslutande sidor. Därför är analyskabeln dragen diagonalt mot terrassens sydvästra hörn. För övrigt ligger analyskablar i rännaldalen nära centrum av terrassen.



Figur 3.

Analyskablar för de zoner som visas i figur 1. Zon 1 har kablar 1 och 5 i nord-sydlig riktning och kabeln 3 i östvästlig riktning. Zon 2 har också kabeln 3 i östvästlig riktning men kablar 2 och 4 i nord-sydlig riktning.

Styrkabel av typen EKKR 300/500 V med märkta ledare kan rekommenderas som analyskabel. Styrkabeln levereras i modeller med olika antal ledare. Det som gör denna typ av kabel så lämplig är att:

- Varje ledare i kabeln är märkt, detta underlättar mycket då kabeln ska anpassas till läcksökningssystemet samt då den ska anslutas till kopplingskåpet.
- Att de massiva kopparledarna har goda chanser att motstå korrosionsangrepp.
- Kabelns yttre mantling har en märkning på varje meter som underlättar anpassningen av kabeln till läcksökningssystemet

Vid konstruktion av systemet görs en kompromiss mellan att hantera ett större antal mer flexibla kablar med få ledare eller få, mindre flexibla kablar med många ledare. Styrkabel med 14 ledare kan i många fall vara lämplig.

Vid projekteringen gjordes särskilda ritningar för hur analyskabeln skulle förberedas inför monteringen. Analyskabeln förbereddes genom avtappning så att mantlingen togs upp och den önskade ledaren (med det nummer som anges på ritningen) togs fram. Ledaren dras ut ur kabeln och skalas på ca 20 mm. De frilagda ledarna förtennades för att korrosionsskyddet skulle bli bättre. En anslutningsbricka av förzinkat stål klämdes fast på kabeländarna för att förbättra kontakten med spänningsfältet på tätskiktet.

Analyskabeln skarvades inte på grund av risken för korrosionsangrepp i skarvar. Vid utformning av ritningen för analyskabeln måste beaktas att kabeldelen som ska leda fram till terrassen måste göras tillräckligt lång så att inte hinder uppkommer vid förläggning och installation av kabeln.

På sträckan från kopplingskåp till terrass förläggs analyskablar i ett gemensamt VP-rör, lämplig dimension är diametern 50 mm.

## **BILDER FRÅN INSTALLATIONSARBETET.**

Med hjälp av några bilder blir det mera tydligt hur installationen är gjord. Figur 4 visar installation av utrustningen i terrassens norra ände. Analyskabeln är den tjockare ledningen som ligger vågrät i bildens centrum och 0-ledningskabeln är den wire som löper lodrät i bildens centrum. Figur 5 visar 0-ledningskabel och analyskabel när de ligger ovanpå tätskiktet i en vy mot söder på terrassen. Figur 6 visar platsen där alla kablar går in i huset. Figur 7 visar hur installationen täcks över med cellplastblock. Figur 8 visar hur läcksökningsinstallationen får ligga ute på delar av terrassen medan andra delar av terrassen färdigställs.



Figur 4.  
Analyskabel och 0-ledningskabel vid terrassens norra sida.





Figur 5  
Vy mot söder med kablarna placerade ovanpå terrassens tätskikt.



Figur 6  
Installationen täcks över med cellplastblock





Figur 7  
Bild på kablarna när de går in i huset.



Figur 8  
Delar av terrassen färdigställs medan läcksökningssystemet det på andra delar av terrassen ännu inte är färdigt installerat.



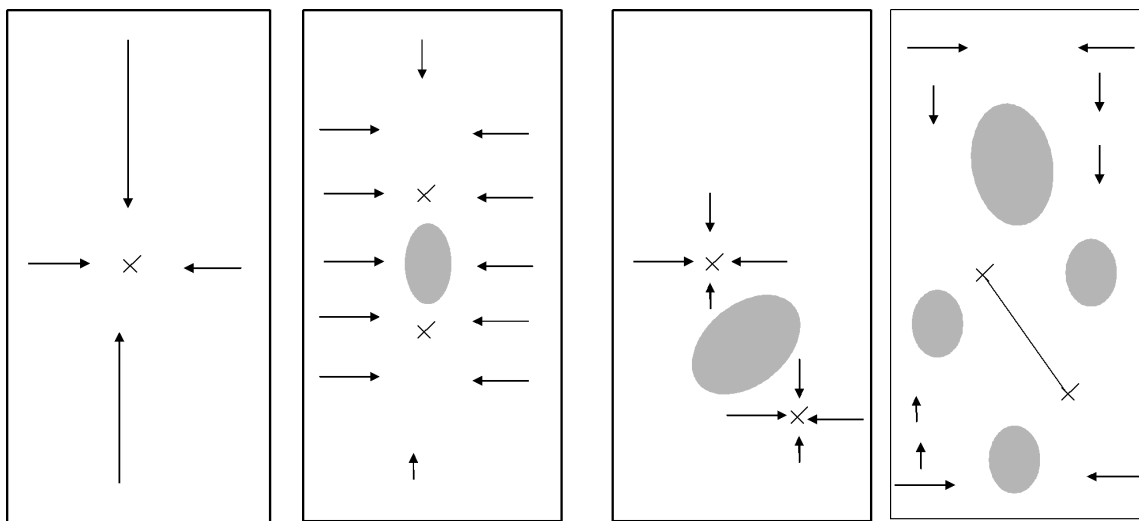
## UTVECKLING AV ANALYSFÖRFARANDET

I den aktuella tillämpningen av läcksökningssystemet är antalet analyspunkter begränsat. Utformningen av 0-ledningen kan inte heller förändras under läcksökningsarbetets gång. Detta gör att resultatet av läcksökningen inte blir lika detaljerat som det blir när läcksökning görs med stavformade elektroder uppe på ett tak med exponerat tätskikt. För att utveckla analysförfarandet gjordes därför försök där responsen från läcksökningssystemet undersöktes på tätskikt som preparerats med speciella typer av skador. Tester gjordes på tätskikt som preparerats på följande sätt:

- Ett hål inom 0-ledningens område
- Två hål inom 0-ledningens område
- En reva inom 0-ledningens område

### ETT HÅL INOM 0-LEDNINGENS OMRÅDE

Figureerna 9, 10 och 11 i detta avsnitt visar hur spänningsfältet blir inom en 0-ledning med en läcka. Ramen indikerar 0-ledningen och X läckan. Pilarna visar spänningsfältets riktning vid analys med elektroder som hålls parallellt med sidorna i den rektangel som 0-ledningen formar. När det finns ett hål inom 0-ledningens område så ger potentiometern utslag riktade mot läckagepunkten. En test av potentialfältet ovanpå tätskiktet ger alltså indikation mot läckan, vilket figur 9 visar.



Figur 9  
En läcka inom 0-  
ledningens område

A  
Figur 10  
Två läckor inom 0-ledningens område.

B

Figur 11  
En reva inom 0-  
ledningens område

### TVÅ HÅL INOM 0-LEDNINGENS OMRÅDE

Figureerna 10 A och B visar resultat av mätningar då det finns två läckor inom en 0-ledning. I figuren 10A (till vänster) är läckorna placerade på en linje parallellt med 0-ledningens långsida. Pilarna visar spänningsfältets riktning när det analyseras mellan elektroder som

placerats parallellt med sidorna i den rektangel som 0-ledningen bildar. Längs kanterna av rektangeln är spänningsfältet riktat mot linjen som förenar hålen. I området mellan hålen har spänningsfältet ingen tydlig riktning. Detta har markerats med ett grått fält.

I figuren 10 B (den högra figuren) ligger de två läckorna längs en linje som sträcker sig diagonalt genom området med 0-ledningen. Även här blir signalen i området mellan hålen obestämmd till sin riktning, vilket är markerat med ett grått fält. Vid mätning med elektroder orienterade parallellt med 0-ledningens kanter erhålls i övrigt utslag riktade mot hålen.

## EN REVA INOM 0-LEDNINGENS OMRÅDE

När en reva finns i tätskiktet, figur 11, uppstår i närheten av revan ganska stora områden där potentialens riktning är obestämmd. Detta markeras med grå fält. På längre avstånd från revan ger mätning av spänning mellan elektroder orienterade parallellt med 0-ledningens kanter indikationer riktade mot revan.

Sammanfattningsvis kan sägas att när tätskiktet har flera hål eller en reva så är potentialdifferensmetoden användbar. Om antalet mätpunkter är begränsat så blir visserligen säkerheten i analysen också begränsad, men den kommer att fungera. Om tätskiktet har flera hål eller en reva så kommer analysen att visa att skadans utsträckning är stor.

## **SYSTEMTESTKABLAR FÖR TEST AV LÄCKSÖKNINGSSYSTEMET SOM SÅDANT**

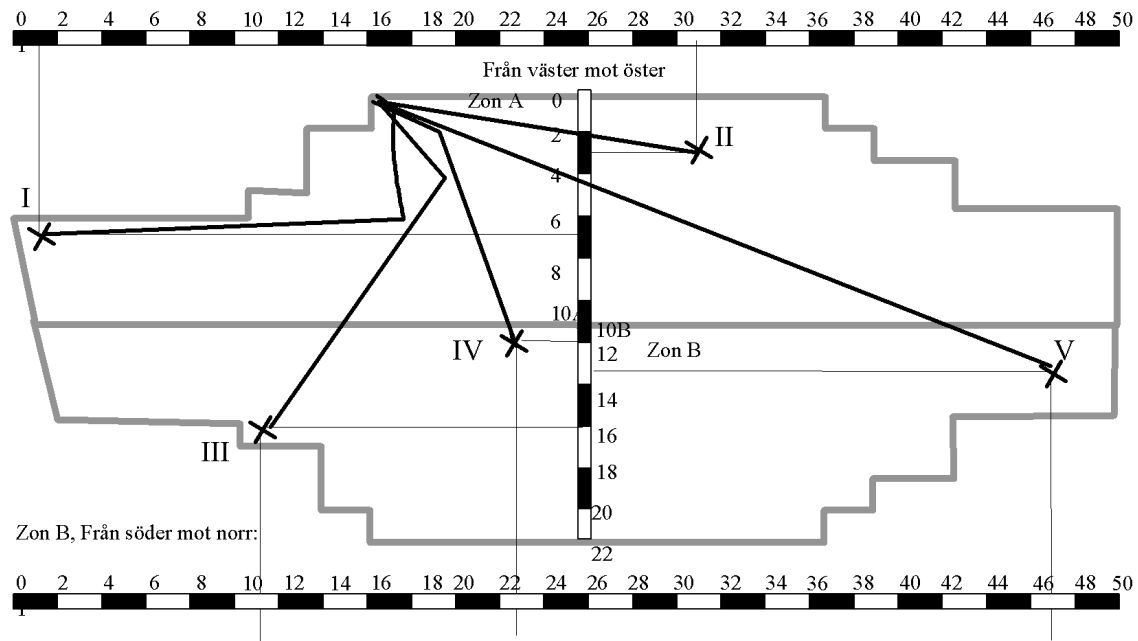
Läcksökningsutrustningens funktion måste kunna testas eftersom den förväntas kunna fungera under lång tid och eftersom resultatet av analysen kan få ganska stora ekonomiska konsekvenser. Behov av systemtest finns både när läcksökningssystemet är nytt och när man i framtiden vill använda anläggningen. Systemtestets princip är att en elektrod som matas med en spänning som motsvarar den som en läcka skulle ge upphov till läggs ut ovanpå tätskiktet inom ett område som 0-ledningen omsluter. Samma sorts spänningsfält uppstår då som när det verkligen finns en läcka på tätskiktet. Vid test av systemet ska utrustningen för analys av spänningsfältet visa läget för systemtestkabelns ände.

Systemtestkabeln matas med en positiv spänning gentemot 0-ledningen som motsvarar den som uppkommer vid en läcka i tätskiktet när spänningen är påkopplad. Det ska finnas minst en systemtestkabel i varje zon av 0-ledning. Kopplingskabel RK 1,5 mm<sup>2</sup> är lämplig som systemtestkabel. I anläggningar med flera systemtestkablar ska de olika kablarna ha isolering med olika färg för att underlätta installationen. Systemtestkabeln ska inte skarvas på grund av korrosionsrisken i skarvar. Systemtestkabelns ände skalas så att 20 mm ledare är frilagd. Den frilagda ledaren förtennas för att förbättra korrosionsskyddet. En avslutningsbricka kan också lödas till kabeländan för att förbättra kontakten mellan vattnet på terrassen och systemtestkabeln. På sträckan från kopplingskåp till terrass förläggs systemtestkablarna i ett gemensamt VP-rör, lämplig dimension är diametern 20 mm.

Figur 12 visar exempel på hur systemtestkabeln kan förläggas i de två zonerna i figur 3. Syftlinjerna i figuren visar mellan vilka elektroder i läcksökningssystemet som signaler ska komma från de olika systemtestkablarna.

På den aktuella terrassen monterades fyra systemtestkablar. Två av dem hamnade i torra områden och kunde därför inte lokaliseras med läcksökningssystemet. Det är inte givet att alla delar av terrassen ofta blir vattenbegjutna. De delar som är skyddade från vatten är heller inte intressanta som läckageställen. En erfarenhet för framtiden är betydelsen av att förlägga systemtestkablar till platser som med stor sannolikhet blir naturligt bevattnade.

Zon A, Från söder mot norr:



Figur 12

Förläggning av systemtestkablar i de två zonerna i figur 1.

## KOPPLINGSSKÅP FÖR ANALYSUTRUSTNING

Ett kopplingskåp särskilt inrett för läcksökningsutrustningen är nödvändigt. Skåpet ska vara märkt "Kopplingskåp för lokaliseringsutrustning för läckor" och ska vara låsbart på samma sätt som övriga elskåp i fastigheten. Fastighetsskötaren ska ha hand om nyckel till skåpet. Skåpet ska vara placerat så att det inte stör byggnadens användning för övrigt. Med fördel placeras det i ett källarutrymme i närheten av den aktuella terrassen. Kopplingskåpet ska också placeras så att kablarna inte blir onödigt långa. Det är bäst om en terrass inte har mer än ett kopplingskåp eftersom det underlättar framtida läcksökningsarbete.

Kopplingskåpet ska innehålla plintar för:

- 0-ledningskablar
- Analyskablar
- Systemtestkablar

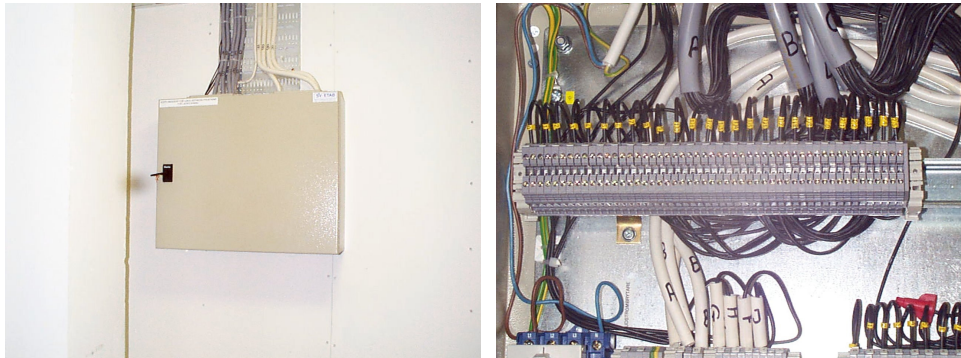
Plintarna i kopplingskåpet ska kunna anslutas till kontakt på mätinstrument.

På särskild ritning och lista redovisas hur som kopplingarna ska göras samt hur plintar och skenor i kopplingskåpet ska vara märkta. Märkningen av plintar och skenor ska klart och tydligt passa ihop med märkningen i ritningar över hur systemet är förlagt.

I kopplingskåpet måste finnas

- En beskrivning av hur systemet är uppbyggt och fungerar.
- Ritning som beskriver förläggning av 0-ledningar, analysledningar och systemtestkablar.

Ett dubbelt jordat enfasuttag ska finnas i samma rum som kopplingskåpet, eller i skåpets omedelbara närhet. Med fördel förses kopplingskåpet även med transformator och likriktare för 40 V likspänning.



Figur 14

Det aktuella kopplingskåpet. Till vänster exteriör, till höger detalj av inredning.

Det kopplingskåp som byggdes för det aktuella systemet, figur 14, fungerade i och för sig, men hade svagheter att handhållna kontakter som passade i plintarna inte gick att få tag på. Önskemålet är att plintarna passar till kontakter som kan sitta kvar så att den som gör analysen har händerna lediga till annat.

Att finna en lämplig placering för kopplingskåpet mötte inte några hinder i det aktuella fallet. En tillräckligt stor och lämpligt belägen väggyta fanns i en passage till det underjordiska garaget i ett av husen.

---

## KOSTNADER FÖR SYSTEMET

---

Kostnaderna för den installerade utrustningen är inte helt lätta att bedöma. Vissa av kostnaderna är synliga som fakturor. Andra finns dolda som fördyringar av projektet. Dessa kostnader är bedömda i sammanställningen nedan.

Det handlar om följande poster:

<b>Specifikation</b>	<b>Belopp</b>	<b>Anmärkning</b>
El-entreprenören underkonsult	63158 kr	Faktura
Läcksökningsskåp	30875 kr	Faktura
Markarbeten, fördyring i detta projekt	50000 kr	Bedömning
Förtillverkning av kablar	2500 kr	Bedömning
<i>Totalt</i>	<i>146533 kr</i>	<i>Fakturerade och bedömda kostnader</i>

Det aktuella gårdsbjälklagets yta var ca: 1000 kvm, kostnad per kvm blir därför ca 140 kr.

Mycket av kostnaderna har att göra med att detta var ett nytt oprövat system.

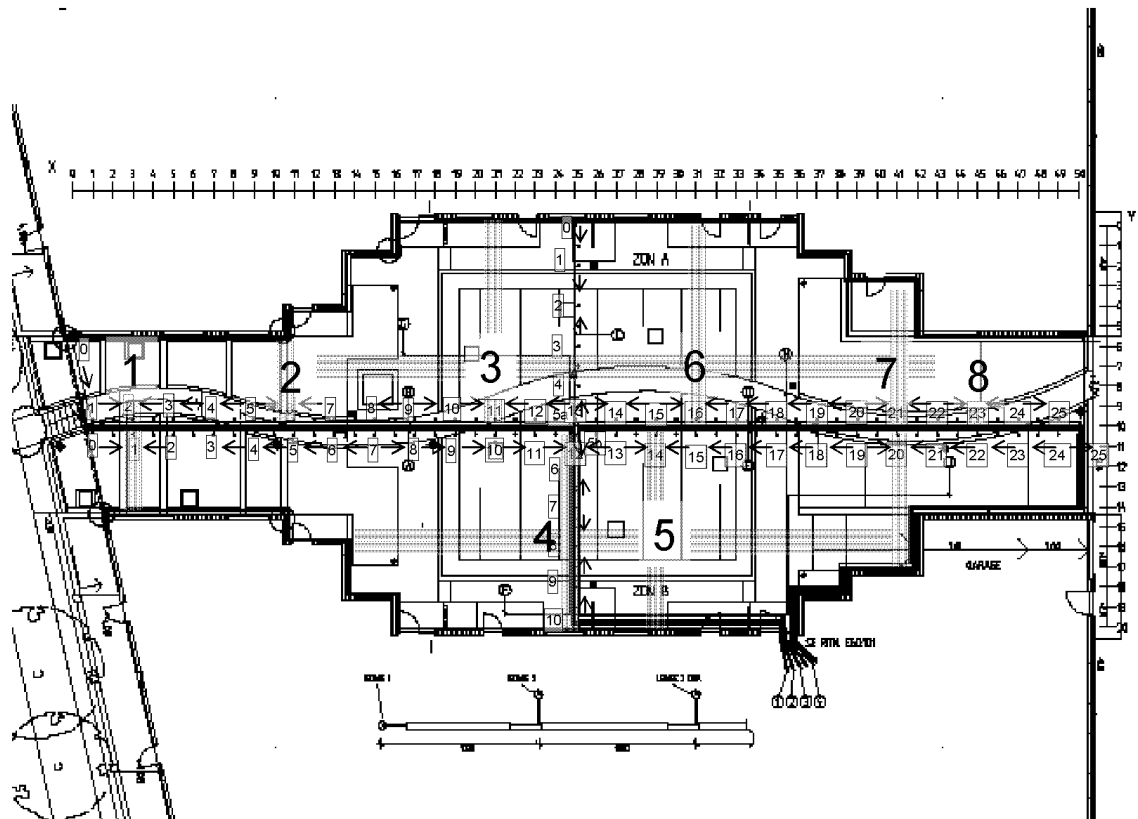
Om systemet både kan användas för kvalitetskontroll under byggskedet och för uppföljning av tätskiktet under byggnadens livstid så får utrustningen ett värde både för byggtreprenören och för fastighetsägaren.

För en framtida utveckling och marknadsföring av ett system av denna typ är det viktigt att veta hur stora investeringar som byggare och fastighetsägare är beredda att göra.

## RESULTAT AV LÄCKSÖKNING MED DET INSTALLERADE SYSTEMET

När det installerade läcksökningssystemet testades så erhöles ett antal indikationer. Dessa indikationer kan antingen bero på att det faktiskt finns läckor i tätskiktet, de kan också bero på att olika detaljer som leder elektricitet sticker upp genom tätskiktet och ger samma slags signaler som ett läckage skulle ha givit. När systemet tas i drift så måste sådana indikationer som härrör från själva konstruktionen dokumenteras så att de inte senare kan förväxlas med verkliga läckor.

Figur 14 visar de indikationer som erhålls vid test av systemet. Elektriska genomslag signalerades i åtta punkter. Indikationerna 1, 2 och 6 kan härledas till belysningsstolpar, som är punkter där elektriska genomslag kan förekomma utan att det finns någon läcka. De övriga fem indikationerna kan vara läckor. Dessa behöver dock inte vara så stora så att de kommer att orsaka problem i konstruktionen.



Figur 14  
Indikationer noterade för det aktuella läcksökningssystemet. Indikationerna är numrerade 1 till 8.

---

## **BEHOV OCH UTVECKLINGSMÖJLIGHETER FÖR SYSTEMET**

---

Den fast installerade utrustningen ska göra nytta både vid byggandet och förvaltandet av fastigheten. Vid tryckprovning av en terrasstättning kan utrustningen användas för att spåra läckor som är så små att de inte påverkar vattennivån eller ger fuktgenomslag som märks efter en kort tid. Genom att tidigt lokalisera en sådan läcka kan skador begränsas. Under förvaltningsfasen kan utrustningen användas för att lokalisera platsen för läckage om vatten tränger fram. Därmed kan reparationsarbete begränsas till en liten del av terrassen.

### **TRYCKPROVNING**

Under byggandet av ett hus kan metoden användas som ett alternativ till tryckprovning. Tryckprovning av tätskikt skall göras enligt HusAma 98, avsnitt YSC1. Tryckprovning innebär att ytan vallas in, att brunnarna tätas och att tätskiktet sedan ställs under minst 60 millimeter vatten i tre dygn. Bjälklaget skall sedan observeras under minst sex dygn. Före tryckprovning skall okulär kontroll göras. Tryckprovning skall göras innan överbyggnad görs.

En elektrisk läcksökningsutrustning kan erbjuda ett alternativ till tryckprovningen. Så snart som läcksökningsutrustningen monterats på en yta så utförs test genom att ytan vattenbegjuts och elektriska genomslag söks. Om genomslagen orsakas av läckor så tätas dessa. Om de orsakas av något annat så görs noteringar som följer med framtida dokumentation av byggnaden, så att de inte i framtiden förväxlas med läckor. Efter att terrassen belagts med jord görs en till test med vattenbegjutning och sökning av elektriska genomslag. Detta avslöjar om tätskiktet skadats när massorna lagts på.

Vid tryckprovning av en terrasstättning krävs ganska stora vattenläckor för att påverka vattennivån eller ge fuktgenomslag som märks efter ganska kort tid (referens 2). Den elektriska läcksökningsutrustningen kan användas för att spåra läckor som är så små att de inte syns genast, men som ändå kan medföra att vatten tränger in så att skador uppkommer.

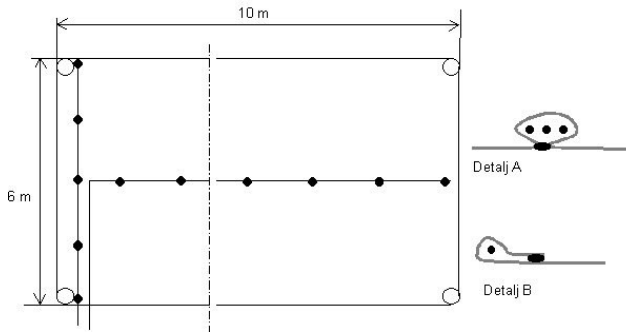
I det aktuella objektet var tryckprovning av tätskiktet inte möjlig eftersom ena halvan av terrassen var fylld med byggnadsställningar och byggmaterial medan ytan på den andra sidan färdigställdes. Det är uppenbart att det ibland finns ett verkligt behov av en annan metod för test av tätskiktets kvalitet.

Läcksökningsutrustningen kunde inte användas för kvalitetskontroll i det aktuella objektet eftersom ytornas montageordning inte stämde överens med zonerna i läcksökningssystemet. Ytor lagom stora för en dags täckning skulle vara lämpliga zoner för 0-ledningen.

### **UNDERLÄTTAD MONTERING**

En erfarenhet av det aktuella projektet var att montaget var mycket besvärligt. En högre grad av förtillverkning och utformning av zonerna så att de passar ihop med montering av isolering och fyllning på terrassen skulle göra monteringen lättare. Läcksökningssystemet skulle kunna utformas som förtillverkade enheter som är högst så stora som den terrassyta

som brukar kunna färdigställas på en dag. Både byggarbetet och kvalitetskontrollen skulle dra nytta av en sådan utformning av systemet.



Figur 15  
Förslag på förtillverkad enhet

En förtillverkad enhet skulle med fördel vara upplagd på en fiberduk så att den lätt skulle kunna rullas ut. Så snart som den är utrullad skulle den kunna användas för kvalitetskontroll av tätskiktet. Läget för den förtillverkade enheten mäts in noga. För detta används samma utrustning och system som för övrig inmätning på bygget.

Figur 15 visar en skiss av en förtillverkad enhet med ytan 6x10 meter. Enheten byggs upp på en stomme av fiberduk. Analyskabeln monteras i kanaler som skapas genom att duken vikes. Detalj A i figur 15 visar en sådan kanal i genomskärning. 0-ledningskabeln vikes in i fällan runt fiberdukens kanter, detalj B i figur 15.

I en förtillverkad enhet kan man billigare kablar användas än vad som var fallet med installationen i projektet, till exempel kopplingskabel RK1,5 som analyskabel istället för styrkabel. En wire av rostfritt stål är fortfarande lämplig som 0-ledningskabel.



## **ALTERNATIV TILL SPECIALISERAD LÄCKKNINGSUTRUSTNING**

Användningen av en fast installerad läcksökningsutrustning får inte vara helt beroende av specialiserad läcksökningsutrustning som HG4 från Geesen Messgeräte GmbH. Det måste gå att använda enkla elektriska mätinstrument som ger samma funktion. Det skulle vara:

- En transformator med en likriktare som ger 40 V likspänning. Detta spänningsaggregat kan med fördel vara fast monterat i kopplingslådan.
- En brytare, t.ex. i form av en knapp för en "dörrklocka" kan användas för att skapa spänningspulser
- En potentiometer för analys av spänningsfältet. Den bör ha en visare som slår mot positiv potential i. Det kan t.ex. vara en sådan amperemeter som används för att indikera laddning i en bil.

## SLUTSATSER

---

Slutsatserna av detta arbete är:

Det går att konstruera och installera ett fungerande system för lokalisering av läckor enligt potentialdifferensmetoden utifrån handlingarna som tagits fram i detta projekt. Även när tätskiktet har flera hål eller en reva så är potentialdifferensmetoden användbar. En erfarenhet för framtiden är betydelsen av att förlägga systemtestkablarna till platser som med stor sannolikhet blir naturligt bevattnade.

Investeringen i ett system av detta slag kan motiveras av flera skäl:

- Utrustningen kan användas som ett alternativ till tryckprovning vid kvalitetskontroll av tätskikt under byggnadsfasen.
- Under förvaltningsfasen kan utrustningen användas för att lokalisera platsen för läckage om vatten tränger fram. Därmed kan reparationsarbete begränsas till en liten del av terrassen

Installationen skulle behöva förenklas genom att:

- Systemet delas upp i zoner som är så stora som den yta av en terrass som kan färdigställas på en dag.
- Komponenterna förtillverkas i större utsträckning än vad som här var fallet.

För en framtida utveckling och marknadsföring är det viktigt att veta hur stora investeringar som byggare och fastighetsägare är beredda att göra i system av denna typ.

---

## **REFERENSER**

---

- 1 Fredrik Gränne och Folke Björk  
Läcksökningsmetoder för tätskikt  
Bygg & Teknik, 91, no2, sid 45, (2000).
- 2 Fredrik Gränne och Folke Björk  
Metoder för sökning av läckor i tätskikt. , Avd. för byggnadsteknik, KTH, Arbetsrapport  
2000:1.

---

## **BILAGOR**

---

“Teknisk handbok: Fast installation av utrustning för läcksökning på terrassbjälklag”

”Projekteringsanvisningar för utrustning för lokalisering av läckor i tätskikt på terrasser”